

TC
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

FİZİK ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

³²S ÇEKİRDEĞİNİN FARKLI HEDEF ÇEKİRDEKLERLE ELASTİK SAÇILMA TESİR
KESİTLERİNİN İNCELENMESİ

Tuğba ULUÇAY

MAYIS 2020

FİZİK ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

^{32}S ÇEKİRDEĞİNİN FARKLI HEDEF ÇEKİRDEKLERLE ELASTİK SAÇILMA TESİR
KESİTLERİNİN İNCELENMESİ

Hazırlayan
Tuğba ULUÇAY

Danışman
Prof. Dr. Murat AYGÜN

Jüri Üyeleri
Prof. Dr. Cevad SELAM
Prof. Dr. Murat AYGÜN
Dr. Öğr. Üyesi Şule KARATEPE ÇELİK

MAYIS 2020

BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum “**³²S Çekirdeğinin Farklı Hedef Çekirdeklerle Elastik Saçılma Tesir Kesitlerinin İncelenmesi**” adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim. ../../..

Tuğba ULUÇAY

ÖZET

³²S ÇEKİRDEĞİNİN FARKLI HEDEF ÇEKİRDEKLERLE ELASTİK SAÇILMA TESİR KESİTLERİNİN İNCELENMESİ

Tuğba ULUÇAY

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Murat AYGÜN

Mayıs 2020, 48 sayfa

Bu çalışmada, ³²S çekirdeğinin ¹²C, ²⁷Al, ⁴⁰Ca, ⁴⁸Ca, ⁴⁸Ti, ⁵⁸Ni, ⁶³Cu, ⁶⁴Ni, ⁷⁶Ge, ⁹⁶Mo, ¹⁰⁰Mo gibi on bir farklı hedef çekirdek ile çeşitli enerjilerinde elastik saçılma tesir kesitleri optik model (OM) kullanılarak incelenmiştir. Bu kapsamda, optik potansiyelin reel kısmı ³²S çekirdeğinin sekiz farklı yoğunluk dağılımı için double folding model (DFM) kullanılarak hesaplanmıştır. Buna ilaveten sanal potansiyel Woods-Saxon (WS) tipinde kabul edilmiştir. Teorik sonuçların hem deneysel datayla hem de birbirleriyle karşılaştırmalı bir analizi yapılmıştır. Aynı zamanda her bir yoğunluk dağılımı için reel ve sanal hacim integralleri, tesir kesitleri ve χ^2/N oranları verilmiştir. Son olarak teorik sonuçlar için kullanılan potansiyel parametrelerinden her bir yoğunluk için sanal potansiyel derinliklerini veren eşitlikler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yoğunluk Dağılımı, Optik Model, Double Folding Model, Elastik Saçılma.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF ELASTIC SCATTERING CROSS SECTIONS WITH DIFFERENT TARGET NUCLEI OF ^{32}S NUCLEUS

Tuğba ULUÇAY

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate School of Sciences

Department of Physics

Supervisor: Prof. Dr. Murat AYGÜN

May 2020, 48 pages

In this study, the elastic scattering cross-sections with eleven different target nuclei such as ^{12}C , ^{27}Al , ^{40}Ca , ^{48}Ca , ^{48}Ti , ^{58}Ni , ^{63}Cu , ^{64}Ni , ^{76}Ge , ^{96}Mo and ^{100}Mo of ^{32}S projectile have been investigated within the optical model (OM) at various energies. In this context, the real part of the optical potential has been calculated by using the double folding model (DFM) for eight different density distributions of the ^{32}S nucleus. In addition, the imaginary potential has been accepted in Woods-Saxon (WS) type. A comparative analysis with both experimental data and each other of the theoretical results has been made. The real and imaginary volume integrals, cross-sections and χ^2/N rates have been also provided for each density distribution. Finally, the equations which show the imaginary potential depths for each density have been acquired from the potential parameters used for the theoretical results.

Keywords: Density Distribution, Optical Model, Double Folding Model, Elastic Scattering.

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamın gerçekleőtirilmesinde değerli bilgilerini benimle paylaőan kendisine ne zaman danıősam bana kıymetli zamanımı ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenin fazlasını sunan her sorun yaőadıęımda çekinmeden yanına gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini esirgemeyen ve gelecekteki meslek hayatımda bana verdiği bilgilerden faydalanacağımı düőündüęüm kıymetli danıőşman hocam Prof. Dr. Murat AYGÜN'e teőekkürü bir borç biliyor ve Őukranlarımı sunuyorum. Yine tez çalıőmamda yardımını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Şule KARATEPE ÇELİK'e teőekkürlerimi sunarım.

Bu alıőma sürecinde yanımda olup sevgi ve sabırla maddi manevi desteklerini benden esirgemeyen annem, babam ve kardeőime teşekkür ediyorum. Son olarak eőim Dr. Mete ULUÇAY ve ocuklarım Azra ULUÇAY ile M. Yięit ULUÇAY'a bana gösterdikleri sevgi, saygı, sabır ve manevi desteklerinden dolayı minnettarlığımı sunuyorum.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGELER DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM	4
2.1. Nükleer Reaksiyonlar ve Çeşitleri.....	4
2.2. Çekirdeklerde Yoğunluk Dağılımları.....	8
2.3. ³² S Çekirdeğinin Yoğunluk Dağılımları.....	9
2.3.1. Ngo-Ngo Yoğunluk Dağılımı.....	10
2.3.2. São Paulo Yoğunluk Dağılımı.....	10
2.3.3. Fermi Yoğunluk Dağılımı.....	11
2.3.4. Gupta 1 Yoğunluk Dağılımı.....	11
2.3.5. Gupta 2 Yoğunluk Dağılımı.....	12
2.3.6. Schechter Yoğunluk Dağılımı.....	12
2.3.7. Üç Parametrelili Fermi Yoğunluk Dağılımı.....	12
2.3.8. Hartree-Fock-Bogolubov Yoğunluk Dağılımı.....	13
2.4. Hedef Çekirdeklerin Yoğunluk Dağılımları.....	13
2.5. Optik Model.....	14
2.6. Double Folding Model.....	16
2.7. Hata Hesabı.....	17
2.8. Hacim İntegralleri.....	17
2.9. Tesir Kesiti.....	18
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	20
3.1. ³² S çekirdeğinin Farklı Hedef Çekirdeklerle Elastik Saçılma Reaksiyonlarının Analizi.....	20

3.2. Normalizasyon Sabiti, Tesir Kesiti, Hacim İntegralleri ve Hata Değerlerinin Yorumlanması.....	37
3.3. Sanal Potansiyel Derinliklerini Veren Genel Eşitliklerin Elde Edilmesi.....	40
4. SONUÇ	43
5. KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	48



ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

2.1. ^{27}Al , ^{40}Ca , ^{48}Ti , ^{58}Ni , ^{63}Cu , ^{64}Ni , ^{76}Ge ve $^{96,100}\text{Mo}$ hedef çekirdeklerinin 2pF yoğunluk dağılımları için ρ_0 , c ve z değerleri.....	14
3.1. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{12}\text{C}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri.....	21
3.2. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{27}\text{Al}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri.....	23
3.3. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{40}\text{Ca}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri.....	24
3.4. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{48}\text{Ca}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri.....	26
3.5. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{48}\text{Ti}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri.....	27
3.6. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{58}\text{Ni}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri.....	29

CİZELGE

Sayfa

- 3.7. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{63}\text{Cu}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W, r_w, a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri.....30
- 3.8. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{64}\text{Ni}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W, r_w, a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri.....32
- 3.9. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{76}\text{Ge}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W, r_w, a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri.....33
- 3.10. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{96}\text{Mo}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W, r_w, a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri.....35
- 3.11. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{100}\text{Mo}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W, r_w, a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri.....36

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>SEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. İnelastik saçılmanın şematik bir gösterimi	5
2.2. Koparma (knock out) reaksiyonunun şematik bir gösterimi.....	6
2.3. Soyma (stripping) reaksiyonunun şematik bir gösterimi.....	7
2.4. Yakalama (pick up) reaksiyonunun şematik bir gösterimi.....	7
2.5. Double folding model hesaplamaları için kullanılan koordinatların bir gösterimi.....	17
2.6. Saçılma reaksiyonunun deneysel gösterimi.....	18
3.1. Lineer ölçekte Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF, ve HFB yoğunluk dağılımlarının uzaklığın bir fonksiyonu olarak değişimleri.....	20
3.2. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 110 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{12}\text{C}$ reaksiyonunun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi.....	22
3.3. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 100 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{27}\text{Al}$ reaksiyonunun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi.....	23
3.4. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 100 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{40}\text{Ca}$ reaksiyonunun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi.....	25
3.5. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 83.3 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{48}\text{Ca}$ reaksiyonunun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi.....	26
3.6. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 160 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{48}\text{Ti}$ reaksiyonunun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi.....	28
3.7. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 97.3 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{58}\text{Ni}$ reaksiyonunun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi.....	29

3.8. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 168 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{63}\text{Cu}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi.....	31
3.9. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 150 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{64}\text{Ni}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi.....	32
3.10. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 178 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{76}\text{Ge}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi.....	34
3.11. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 180 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{96}\text{Mo}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi.....	35
3.12. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 180 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{100}\text{Mo}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi.....	37
3.13. Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımlarıyla gerçekleştirilen hesaplamalar için E/A_p 'ye karşı normalizasyon (N_R) değerlerinin değişimi.....	38
3.14. Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımlarıyla gerçekleştirilen hesaplamalar için E/A_p 'ye karşı reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integrallerinin değişimleri.....	39
3.15. Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımlarıyla gerçekleştirilen hesaplamalar için E/A_p 'ye karşı tesir kesitlerinin değişimi.....	40

SİMGELER DİZİNİ

σ	Tesir-kesiti
σ_t	Toplam tesir-kesiti
$d\sigma/d\Omega$	Diferansiyel tesir-kesiti
R	Nükleer yarıçap ($R = r_0A^{1/3}$)
N_R	Normalizasyon sabiti
$v(\vec{r}_{12})$	Nükleonların etkileşimi
J_{00}	Değiş tokuş terimi
χ^2	Ki-kare
J_v	Reel hacim integrali
J	Sanal hacim integrali

KISALTMALAR DİZİNİ

CC	Çiftlenmiş kanallar (Coupled Channels)
DWBA	Bozunmuş born dalga yaklaşımı (Distorted-Wave Born Approximation)
OM	Optik model
DFM	Çift katlı model (Double Folding Model)
SP	São Paulo yoğunluk dağılımı
2pF	İki parametrelili Fermi yoğunluk dağılımı
3pF	Üç parametrelili Fermi yoğunluk dağılımı
G1	Gupta 1 yoğunluk dağılımı
G2	Gupta 2 yoğunluk dağılımı
S	Schechter yoğunluk dağılımı
HFB	Hartree-Fock-Bogolubov yoğunluk dağılımı

1. GİRİŞ

Simgesi S olan kükürt elementi periyodik cetvelin VI A grubunda yer almaktadır. Bilinen 24 adet izotopu vardır. Bunlardan dört tanesi kararlıdır; ^{32}S (%94,99), ^{33}S (%0,75), ^{34}S (%4,25) ve ^{36}S (%0,01). Aynı zamanda suni olarak sentezlenen izotopları ise ^{31}S ve ^{37}S radyoizotopları olup bunlar kısa ömürlüdürler. Diğer izotopları ise; ^{26}S , ^{27}S , ^{28}S , ^{29}S , ^{30}S , ^{35}S , ^{38}S , ^{39}S , ^{40}S , ^{41}S , ^{42}S , ^{43}S , ^{44}S , ^{45}S , ^{46}S , ^{47}S , ^{48}S ve ^{49}S 'dir (<https://www.nndc.bnl.gov/>).

Kükürt elementi nükleer fizik alanında önem arz etmektedir. Örneğin, ^{33}S nükleer tıp alanında ^{33}P terapötik radyoizotopunun üretimi için kullanılır (Ünak 2009). ^{34}S , tıbbi radyoizotoplar $^{34\text{m}}\text{Cl}$ ve ^{35}S 'in üretimi için kullanılabilir. ^{33}S ve ^{34}S genetik araştırmalar için kullanılabilir. ^{36}S ise ^{37}S ve ^{38}S radyoizotoplarının üretiminde kullanılmaktadır (<https://www.tracesciences.com/s.htm>).

^{32}S çekirdeği nükleer fizikte önemli kükürt izotoplarından birisidir. Proton ve nötron sayısı eşit olup toplam nükleon sayısı 32'dir. Sıfır spinli çift çekirdektir. Atomik ağırlığı 32,066 amu'dur. ^{32}S , tıpta terapötik amaçlar için değerlendirilen ^{32}P radyoizotopunun üretimi için kullanılır.

^{32}S çekirdeğinin yapısını incelemenin yollarından biri farklı hedef çekirdeklerden elastik saçılma reaksiyonlarını analiz etmektir. Elastik saçılma reaksiyonu gelen ve hedef çekirdeğin değişmeden kaldığı bir saçılma reaksiyonudur. Basit olmasına rağmen nükleer özellikler hakkında önemli bir bilgi kaynağı olmuştur. Bu kapsamda, ^{32}S çekirdeğinin farklı gelme enerjilerinde ve farklı hedef çekirdeklerle elastik saçılma tesir kesitleri hem deneysel hem de teorik olarak yoğun bir şekilde incelenmiştir. Tez çalışmamızda incelenecek bu reaksiyonlardan bazıları şöyledir:

Arena ve arkadaşları (1988), $^{32}\text{S} + ^{12}\text{C}$ reaksiyonunun elastik saçılma açısal dağılımlarını $E_{\text{Lab}} = 110$ ve 130 MeV enerjilerinde ölçmüşler ve toplam reaksiyon tesir kesitlerini hesaplamışlardır.

Garret ve arkadaşları (1975), $^{32}\text{S} + ^{27}\text{Al}$ reaksiyonunun elastik saçılma açısal dağılımlarını ve transfer reaksiyon tesir kesitlerini $E_{\text{Lab}} = 100$ MeV enerjide ölçmüştür. Elastik saçılma için optik model kapsamında gerçek ve sanal potansiyeller için Woods-Saxon (WS) potansiyelini kullanmışlardır. Transfer reaksiyonu içinse bozulmuş Born dalga yaklaşımı (DWBA) modelini uygulamışlardır.

Baeza ve arkadaşları (Baeza vd. 1984), $^{32}\text{S} + ^{40}\text{Ca}$ reaksiyonunun elastik saçılma açısal dağılımlarını $E_{\text{Lab}} = 100, 120$ ve 151.5 MeV gibi üç farklı gelme enerjisinde ölçmüşlerdir. Bu kapsamda, Woods-Saxon ve double folding model (DFM) potansiyelleri kullanarak deneysel data ile iyi uyumlu sonuçlar elde etmişlerdir.

Satchler ve Love (1979), $^{32}\text{S} + ^{40,48}\text{Ca}$ reaksiyonlarının elastik saçılma açısall dağılımlarını $E_{\text{Lab}} = 83.3$ ve 100 MeV'de optik model çerçevesinde double folding model sonuçları ile karşılaştırmışlardır. $^{32}\text{S} + ^{40}\text{Ca}$ reaksiyonu için Rutherford tesir kesiti etrafındaki osilasyonu tam ifade edememişlerdir. ^{48}Ca hedef çekirdeği için kullanılan normalizasyon sabitinin ^{40}Ca hedef çekirdek reaksiyonu için kullanılan normalizasyon sabitinden %13 daha küçük olduğunu tespit etmişlerdir.

$^{32}\text{S} + ^{48}\text{Ti}$ reaksiyonunun elastik ve füzyon tesir kesitlerini Porto ve arkadaşları (1981) $E_{\text{Lab}} = 160$ MeV'de ölçmüşlerdir. Daha sonra modelden bağımsız yöntem ile tesir kesitlerini hesaplayıp deneysel data ile karşılaştırmışlar ve sonuçlarının uyumlu olduğunu ifade etmişlerdir.

Steffani ve arkadaşları (1987), $^{32}\text{S} + ^{58,64}\text{Ni}$ reaksiyonlarının Coulomb bariyeri civarındaki çeşitli enerjilerde elastik saçılma açısall dağılımlarını ölçmüşlerdir. Deneysel dataları çiftlenmiş kanallar metodu (CC) ile hesaplayıp karşılaştırmışlardır. Teorik sonuçların deneyle iyi sonuç verdiğini göstermişlerdir (Steffani vd, 1990).

Satchler ve arkadaşları (1990), $^{32}\text{S} + ^{58,64}\text{Ni}$ sistemleri için Coulomb bariyerine yakın enerjilerde elastik saçılmasını analiz etmişlerdir. Potansiyelin gerçek kısmının ve yüzeysel sanal terimin dağılımını değiştirerek parametreleri elde etmişlerdir.

Angolli ve arkadaşları (1987), $^{32}\text{S} + ^{63}\text{Cu}$ reaksiyonunu için $E_{\text{Lab}} = 168$ MeV'de farklı detektörlerle ölçüm yapıp tesir kesitinin iyi bir şekilde tekrarlanabildiğini bulmuşlardır. Deneysel datayı transport teorisine dayanan dinamik bir model ile tanımlamışlardır.

Guillaume ve arkadaşları (1982), $^{32}\text{S} + ^{76}\text{Ge}$ reaksiyonunun elastik saçılma açısall dağılımlarını $E_{\text{Lab}} = 108 - 225$ MeV arasında incelemişlerdir ve optik model çerçevesinde Woods-Saxon potansiyeli kullanarak elde ettikleri teorik sonuçları yine kendilerinin elde ettikleri deneysel datalar ile iyi bir şekilde fit etmişlerdir.

$^{32}\text{S} + ^{96,100}\text{Mo}$ reaksiyonlarının elastik saçılma açısall dağılımlarını Herrick ve arkadaşları (1995) $E_{\text{Lab}} = 180$ MeV'de ölçmüşler ve optik model sonuçlarının datayla uyumlu olduğunu göstermişlerdir.

Elastik saçılma reaksiyonlarının teorik analizinde çekirdeklere ait yoğunluk dağılımları önemli bir yer tutmaktadır. Literatürde çekirdeklere ait farklı yoğunluk dağılımları bulunabilmektedir. ^{32}S çekirdeği ile ilgili günümüze kadar birçok saçılma deneyi yapılmış ve teorik olarak incelenmiştir. Bununla birlikte ^{32}S çekirdeği için literatür incelendiğinde çeşitli yoğunluk dağılımları kullanılarak eş zamanlı ve kapsamlı bir çalışmanın olmadığı görülmüştür. Biz ise literatürdeki bu eksikliği gidermek için ^{32}S çekirdeği ile ilgili yapılmış elastik saçılma

deneysel verilerini ^{32}S çekirdeğinin farklı yoğunluk dağılımlarını kullanarak hesaplanan teorik sonuçlarla eş zamanlı olarak inceleyeceğiz.

Tez çalışmamızın ana hatları aşağıda belirtilmiştir:

Bölüm 1'de, kükürt elementiyle birlikte kararlı izotoplarından ^{32}S çekirdeğinin tanımı ve önemi belirtildikten sonra ^{32}S çekirdeğiyle ilgili yapılmış elastik saçılma deneyleri hakkında kısa bilgiler ile tez çalışmamızın gerçekleştirilmesindeki ana gayeler verilmeye çalışıldı.

Bölüm 2'de, öncelikle nükleer reaksiyonlar özet halinde sunuldu. Daha sonra yoğunluk dağılımları hakkında kısa bir bilgi verildikten sonra tez çalışmamızda inceleyeceğimiz ^{32}S çekirdeğinin yoğunluk dağılımları açıklandı. Son olarak da ^{32}S çekirdeğinin elastik saçılma tesir kesitlerini hesaplamada kullanılan modeller açıklanmaya çalışıldı.

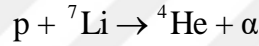
Bölüm 3'de, ^{32}S çekirdeğinin sekiz farklı yoğunluk dağılımı kullanılarak on bir farklı hedef çekirdek ile çeşitli gelme enerjilerindeki elastik saçılma tesir kesitleri hesaplandı. Teorik sonuçları elde etmede kullanılan sanal (imajiner) potansiyel parametreleri, normalizasyon sabiti değerleri, reel ve sanal hacim integralleri ile birlikte tesir kesiti değerleri verildi. Aynı zamanda incelenen tüm yoğunluk dağılımları ve reaksiyonlar için hata hesabı yapıldı. Teorik sonuçlar hem birbirleriyle hem de deneysel datayla karşılaştırılarak detaylı bir şekilde açıklanmaya çalışıldı. Son olarak ise teorik sonuçları elde etmede kullanılan sanal potansiyel parametreleri değerlendirilerek her bir yoğunluk dağılımı için sanal potansiyel derinliğini veren eşitlikler elde edildi.

Bölüm 4'de teorik sonuçlar için genel bir değerlendirme yapıldı.

2. MATERYAL YÖNTEM

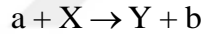
2.1. Nükleer Reaksiyonlar ve Çeşitleri

Nükleer reaksiyonlar çekirdeklerin incelenmesinde kullanılan yöntemlerden biridir. Bu etkileşimler, atom çekirdeğinin anlaşılabilmesi için çok önemlidir. Bu kapsamda atom çekirdeğinin varlığını ortaya koyan ilk nükleer reaksiyon deneyi Rutherford tarafından gerçekleştirilmiştir. Rutherford bu deneyde radyoaktif bir kaynaktan çıkan α -parçacıklarını altın hedef üzerine göndermiş ve α -parçacıkların bazılarının esnek saçıldığını gözlemlemiştir. 1930 yılında Cockroft ve Wolton tarafından hızlandırıcı kullanılarak yapılan ilk nükleer reaksiyon ${}^7\text{Li}$ hedefinin hızlandırılmış protonlarla bombardımanıyla olmuştur. Bu reaksiyon,



şeklinde gösterilebilir.

Bir nükleer reaksiyon genel anlamda



formunda yazılabilir. Burada a gelen parçacık, X hedef çekirdek, Y ürün çekirdeği ve b ise çıkan parçacığı ifade etmektedir. Bu nükleer reaksiyonun kapalı formu ise $X(a,b)Y$ şeklindedir.

Bir nükleer reaksiyonun gerçekleşmesi için gelen çekirdeğin enerjisi Coulomb bariyerinin üstünde olmalıdır. Eğer mermi çekirdeğinin enerjisi

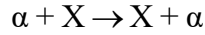
- Coulomb bariyerinden küçükse elastik saçılma,
- Coulomb bariyerinden büyük ise bariyeri geçip çekirdeğin içerisine girer ve nükleer etkileşim meydana gelir.

Bir nükleer reaksiyonun gerçekleşmesiyle farklı bir çekirdek oluşabilir ya da reaksiyon sonrası oluşan ürünler hedef ve gelen çekirdek ile aynı olabilir. Hedef çekirdeğin reaksiyon sonrası değiştiği reaksiyonlara dönüşüm reaksiyonları ve hedef çekirdeğin değişmediği reaksiyonlara da saçılma reaksiyonları denir. Nükleer etkileşimleri, nükleer reaksiyonlar ve saçılma reaksiyonları olarak sınıflandırabiliriz.

Nükleer reaksiyonları aynı zamanda enerjilerine göre de sınıflandırabiliriz. Gelen parçacığın enerjisi nükleon başına 10 MeV veya daha küçük ise düşük enerjili reaksiyonlar,

nükleon başına enerji 100 MeV-1 GeV aralığında ise orta enerjili reaksiyonlar denir. Daha yüksek enerjili nükleer reaksiyonlara ise yüksek enerjili reaksiyonlar denir.

Gelen ve hedef çekirdeğin değişmeden kaldığı reaksiyona elastik saçılma reaksiyonu denir. Bu etkileşim sonucunda başka bir parçacık üretilmez. Çekirdeğin iç dinamiklerinde herhangi bir değişme olmaz. Sistemin kinetik enerjisi korunurken saçılan parçacık doğrultusunda sapar. Elastik saçılma reaksiyonu

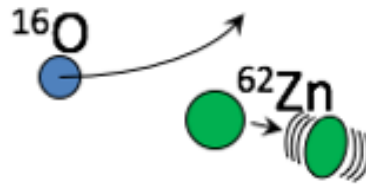


şeklinde gösterilebilir.

Hedef çekirdeğin uyarıldığı nükleer etkileşim ise inelastik saçılmadır. Gelen parçacık Coulomb bariyerini aşabilecek enerjiye sahipse, bir nükleon ile doğrudan etkileşebilir. Gelen parçacık hedef çekirdeğin bir nükleonunu bu etkileşim ile bir üst seviyeye çıkarabilir. Bu çarpışmalarda çıkan parçacık ile gelen parçacık aynıdır fakat kinetik enerjileri farklıdır (Kürkçüoğlu 2006). Çekirdeğin uyarılmış hali sağ üst kısmında * ya da ' işareti ile gösterilir. Bir inelastik saçılma reaksiyonunun genel formu



olarak yazılabilir. Burada, X' hedef çekirdeğin uyarılmış bir durumunu ve a' kinetik enerjisi değişen parçacığı ifade etmektedir.



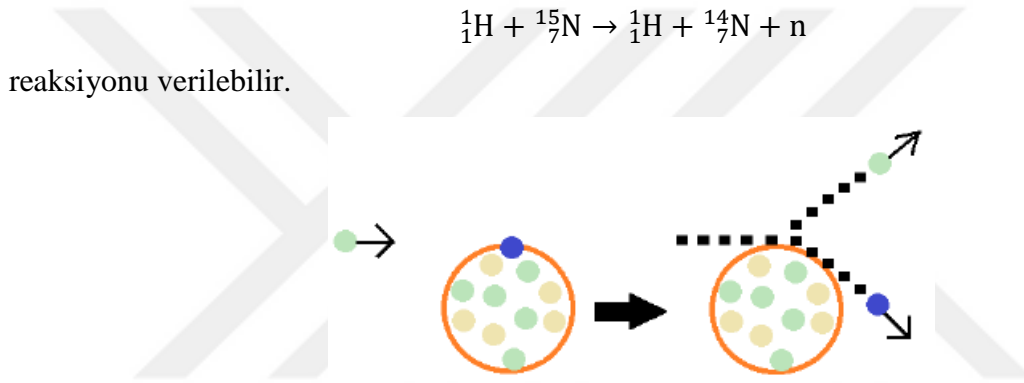
Şekil 2.1. İnelastik saçılmanın şematik bir gösterimi

(<https://portal.if.usp.br/fnc/sites/portal.if.usp.br/fnc/files/GRIPe-Processos1-en.png>).

Detektörlerin yeterli hassasiyette olmamasından, elastik ve inelastik gibi saçılmaların toplamı olarak kuazielastik (quasielastic scattering) saçılma kavramı kullanılır. Bu tür saçılmalardan elde edilen tesir kesiti de kuazielastik tesir kesiti olarak ifade edilir (Pacheco ve Mau 2000).

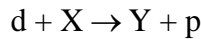
Gelen parçacığın hedef çekirdeğin yüzeyi civarındaki bir veya birkaç değerlik nükleonu ile etkileştiği reaksiyonlara direkt reaksiyonlar denir (Krane 2006). Gelen parçacığın dalga boyu hedef çekirdeğin çapından küçükse ($\lambda_a < R_{\text{çap}}$) direkt reaksiyon olma ihtimaliyeti çok yüksektir. Direkt reaksiyonlar 10^{-22} s gibi çok kısa sürede gerçekleşirler. Reaksiyon sonrası hedef çekirdeğin açısal değişimi gelen parçacığın açısal dağılımına bağlıdır. Yani hedef çekirdeğin saçılma yönü gelen parçacığın geliş doğrultusuna bağlıdır.

Gelen parçacık çarpıştığı nükleona enerjisini aktarabilir ve bu nükleonu çekirdekten koparabilir. Bu tür reaksiyona koparma (knock out) reaksiyonu denir. Bu durumda gelen parçacık değişmeden kalacak ve son durumda üç parçacık gözlenmiş olacaktır (Sgouros, 2017). Bir koparma reaksiyonuna örnek olarak

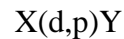


Şekil 2.2. Koparma (knock out) reaksiyonunun şematik bir gösterimi (Sgouros, 2017).

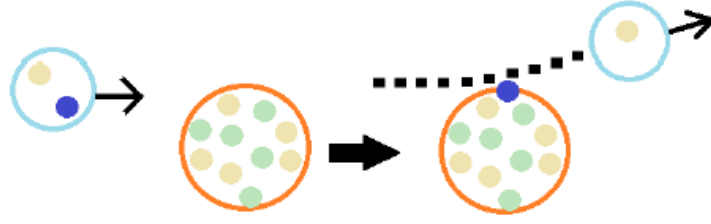
Gelen parçacıktan hedef çekirdeğe ya da hedef çekirdekten gelen parçacığa nükleon aktarımının olduğu reaksiyonlara ise genel bir ifadeyle transfer reaksiyonları denir. Bir mermi çekirdek hedefe yaklaştığında bir veya daha fazla nükleonunu kaybedebilir. Örneğin hedef çekirdeğin üzerine döteron çekirdeğini gönderdiğimizde ürün çekirdekle birlikte proton çıkışı da gözlenecektir. Yani döteron bir nükleonunu hedef çekirdeğe verip farklı ürün çekirdek çıkacaktır. Bu tür reaksiyonlara soyma (stripping) reaksiyonlar denir. Gösterimi ise;



ya da

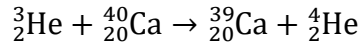


şeklindedir.

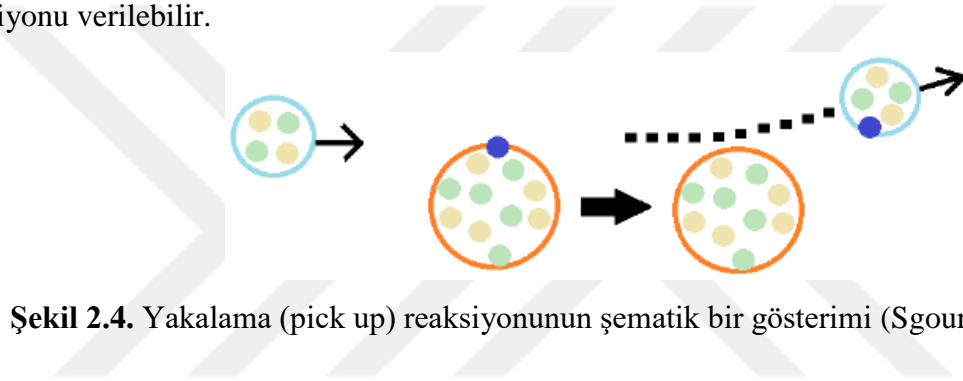


Şekil 2.3. Soyma (stripping) reaksiyonunun şematik bir gösterimi (Sgouros, 2017).

Gelen ve hedef çekirdek etkileşiminde hedef çekirdekten gelen çekirdeğe bir veya daha fazla nükleonun transfer edildiği reaksiyonlara ise yakalama (pick up) reaksiyonları denir. Soyma reaksiyonların tem tersi bir durumdur. Bir yakalama reaksiyonuna örnek olarak



reaksiyonu verilebilir.

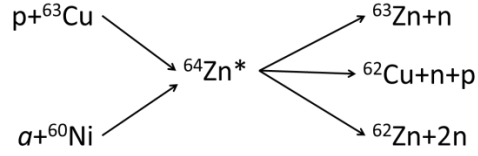


Şekil 2.4. Yakalama (pick up) reaksiyonunun şematik bir gösterimi (Sgouros, 2017).

Bazı reaksiyonlarda gelen parçacığın soğrulmasından sonra ve giden parçacığın yayınlanmasından önce bir ara durum oluşur. Bu ara duruma bileşik çekirdek ve reaksiyona ise bileşik çekirdek reaksiyonu denir (Krane 2006). Bileşik çekirdek reaksiyonu



şeklinde gösterilebilir. Burada, C^* bileşik çekirdeği ifade etmektedir. Bu reaksiyonlar düşük enerjilerde (10-20 MeV) gözlenebilir. Bileşik çekirdek reaksiyonları $10^{-16} - 10^{-18}$ s aralığında bir sürede gerçekleşirler. Tesir kesitleri direk reaksiyonlara göre daha büyüktür. Nükleonlar arası etkileşimleri rastgeledir. Yani açıyla değişim göstermezler (izotropik) ve gelen parçacığın yönüne bağlıdır (Bayrak 2004). Bileşik çekirdek reaksiyonlarını gösteren özel bir reaksiyon olarak



verilebilir (Krane 2002).

Rezonans reaksiyonları, direkt reaksiyonlar ile bileşik çekirdek reaksiyonları arasındaki reaksiyonlardır. Rezonans durumu belli enerji değerinde mümkündür.

Bir çekirdek ile foton arasındaki etkileşimin incelendiği reaksiyon fotonükleer reaksiyon (photonuclear reaction) olarak ifade edilir. Bu reaksiyon türünde yüksek enerjili fotonlara maruz kalan hedef çekirdek uyarılmış olacak ve foton yayımlayarak bozunabilecektir. Böylece oluşan radyoizotoplar yayımladıkları enerji ile tanımlanabilecektir (Kocadağ 2016).

2.2. Çekirdeklerde Yoğunluk Dağılımları

Yoğunluk dağılımı birim hacimdeki nükleon (proton ve nötron) sayısı olarak ifade edilebilir. Yoğunluk dağılımları çekirdeğin yapısı üzerine fikir sahibi olmamızı sağlar ve nükleonların çekirdek içerisinde nasıl dağılım gösterdiği hakkında bilgi verir. Aynı zamanda yoğunluk dağılımlarının yardımıyla çekirdeğe uygun bir potansiyel tanımlanabilir. Yoğunluk dağılımları genel anlamda yük ve madde dağılımı olarak iki kısımda düşünülebilir.

Yüklü bir parçacığın (elektron saçılması, müonik X-ışınları, ayna çekirdeklerin enerji farkları gibi) çekirdek ile Coulomb etkileşmesini ölçerek yük dağılımını tayin edebiliriz. Bu dağılım proton dağılımıdır. Etkileşim sonucu saçılan radyasyonu incelerken çekirdeğin şekli ve büyüklüğü hakkında bilgi edinmiş oluruz (Krane 2006). Rutherford saçılması, α bozunumu ve pionik X-ışınları gibi deneysel metotlar yardımıyla nükleer madde dağılımı hakkında bilgi sahibi olunabilir.

Kararlı çekirdekler için en çok kullanılan yoğunluk dağılımları gauss ve fermi tipi yoğunluk dağılımlarıdır. Kararsız çekirdekler ise kor (sıkıca bağlı) etrafında zayıf bağlı nükleon ya da nükleonlar bulunmasından dolayı farklı bir dağılım gösterirler. Bu çekirdeklerin yoğunluk dağılımları hakkında literatürde kesin bir kural bulunmamaktadır. Bu nedenle etkileşim tesir kesiti ve reaksiyon tesir kesiti ölçümlerinden yararlanılarak yoğunluk dağılımları çalışılmıştır (Aygün 2015; Aygün 2019). Literatürde çekirdekler için bilinen bazı yoğunluk dağılımları aşağıdaki gibidir.

- Gauss dağılımı,

$$\rho(r) = \rho_0(1+wr^2)\exp(-\beta r^2) \quad (2.1)$$

eşitliği ile verilebilir. Eşitlikte ρ_0 çekirdeğin merkez yoğunluğu olup, w ve β parametreleri yoğunluk dağılımını elde etmekte kullanılan sabitlerdir.

➤ Üç parametrelili gauss dağılımı,

$$\rho(r) = \rho_0 \left(1 + \frac{wr^2}{c^2}\right) \frac{1}{1 + e^{(r^2 - c^2)/a^2}} \quad (2.2)$$

eşitliği ile verilmektedir. Eşitlikte a difüzyon parametresi olup, w ve c yoğunluk dağılımını elde etmede kullanılan sabit parametrelerdir.

➤ İki parametrelili fermi dağılımı,

$$\rho(r) = \frac{\rho_0}{\left[1 + \exp\left(\frac{r-R}{a}\right)\right]} \quad (2.3)$$

eşitliği ile verilebilir. Eşitlikte R çekirdeğin yoğunluğunun yarıya düştüğü mesafedir. İki parametrelili fermi dağılımı kararlı çekirdeklerin yoğunluk dağılımlarını bulmak için sıkça kullanılan bir yoğunluk dağılımıdır.

➤ Üç parametrelili fermi dağılımı,

$$\rho(r) = \rho_0 \left[1 + \frac{wr^2}{c^2}\right] \frac{1}{1 + e^{(r-c)/a}} \quad (2.4)$$

şeklinde verilebilir.

2.3. ³²S Çekirdeğinin Yoğunluk Dağılımları

Tez çalışmamızda ³²S çekirdeğinin farklı hedef çekirdeklerle etkileşimleri incelenmiştir. Bu amaçla ³²S çekirdeğinin sekiz farklı yoğunluk dağılımı analiz edilmiştir. Aşağıda bu yoğunluk

dağılımları açıklanmaya çalışılmıştır.

2.3.1. Ngo-Ngo Yoğunluk Dağılımı

Ngo - Ngo yoğunluk dağılımı aşağıda verilmektedir (Ngo ve arkadaşları, 1975; Ngo ve Ngo, 1980).

$$\rho_i(r) = \frac{\rho_{0i}}{1 + \exp\left(\frac{r-C}{0.55fm}\right)}, \quad (i = n, p) \quad (2.5)$$

Eşitlikte

$$\rho_{0n} = \frac{3}{4\pi} \frac{N}{A} \frac{1}{r_{0n}^3}, \quad \rho_{0p} = \frac{3}{4\pi} \frac{Z}{A} \frac{1}{r_{0p}^3} \quad (2.6)$$

C merkez yarıçap ifadesi ise

$$C = R \left(1 - \frac{1}{R^2}\right), \quad R = \frac{NR_n + ZR_p}{A}, \quad R_n = r_{0n} A^{1/3}, \quad R_p = r_{0p} A^{1/3}, \quad (2.7)$$

$$r_{0n} = 1.1375 + 1.875 \times 10^{-4}A \quad \text{ve} \quad r_{0p} = 1.128 \text{ fm.} \quad (2.8)$$

Bu yoğunluk dağılımı çalışmamızda Ngo olarak gösterilmektedir.

2.3.2. São Paulo Yoğunluk Dağılımı

São Paulo yoğunluk dağılımı aşağıda verildiği gibi iki parametrelili Fermi (2pF) dağılımı şeklinde tanımlanmaktadır (Choman vd, 2002).

$$\rho_i(r) = \frac{\rho_{0i}}{1 + \exp\left(\frac{r - R_i}{a_i}\right)}, \quad (i = n, p) \quad (2.9)$$

$$R_n = 1.49 N^{1/3} - 0.79, \quad a_n = 0.47 + 0.00046 N, \quad (2.10)$$

$$R_p = 1.81 Z^{1/3} - 1.12, \quad a_p = 0.47 - 0.00083 Z. \quad (2.11)$$

Eşitlikte R_p ve R_n proton ve nötron için yarı yoğunluk yarıçapları, a_p ve a_n ise proton ve nötron için yüzey kalınlığı parametresidir. Çalışmamızda bu yoğunluk dağılımı SP olarak verilmektedir.

2.3.3. Fermi Yoğunluk Dağılımı

Bu yoğunluk dağılımı $R_{n(p)}$ ve $a_{n(p)}$ hariç SP yoğunluk dağılımıyla aynı formdadır. Bu kapsamda $R_{n(p)}$ ve $a_{n(p)}$ parametreleri aşağıdaki gibidir (Seif ve Mansour; 2015).

$$R_n = 0.953 N^{1/3} + 0.015 Z + 0.774, \quad a_n = 0.446 + 0.0072 \left(\frac{N}{Z} \right), \quad (2.12)$$

$$R_p = 1.322 Z^{1/3} + 0.007 N + 0.022, \quad a_p = 0.449 + 0.0071 \left(\frac{Z}{N} \right). \quad (2.13)$$

Çalışmamızda bu yoğunluk dağılımı 2pF olarak verilmektedir.

2.3.4. Gupta 1 Yoğunluk Dağılımı

Bu yoğunluk dağılımı (Gupta ve arkadaşları 2007, Ghodsi ve Torabi, 2015)

$$\rho_i(r) = \frac{\rho_{0i}}{1 + \exp\left(\frac{r - R_{0i}}{a_i}\right)}, \quad \rho_{0i} = \frac{3A_i}{4\pi R_{0i}^3} \left(1 + \frac{\pi^2 a_i^2}{R_{0i}^2}\right)^{-1}, \quad (2.14)$$

şeklinde olup R_{0i} ve a_i parametreleri

$$R_{0i} = 0.90106 + 0.10957A_i - 0.0013A_i^2 + 7.71458 \times 10^{-6}A_i^3 - 1.62164 \times 10^{-8}A_i^4, \quad (2.15)$$

$$a_i = 0.34175 + 0.01234A_i - 2.1864 \times 10^{-4}A_i^2 + 1.46388 \times 10^{-6}A_i^3 - 3.24263 \times 10^{-9}A_i^4. \quad (2.16)$$

şeklindedir. Çalışmamızda bu yoğunluk dağılımını G1 olarak ifade edilmektedir.

2.3.5. Gupta 2 Yoğunluk Dağılımı

Gupta ve arkadaşları bu yoğunluk dağılımı için aşağıda verilen farklı R_{0i} ve a_i değerlerini elde etmişlerdir (Gupta ve arkadaşları, 2009).

$$R_{0i} = 0.9543 + 0.0994A_i - 9.8851 \times 10^{-4}A_i^2 + 4.8399 \times 10^{-6}A_i^3 - 8.4366 \times 10^{-9}A_i^4, \quad (2.17)$$

$$a_i = 0.3719 + 0.0086A_i - 1.1898 \times 10^{-4}A_i^2 + 6.1678 \times 10^{-7}A_i^3 - 1.0721 \times 10^{-9}A_i^4, \quad (2.18)$$

şeklindedir. Çalışmamızda bu yoğunluk dağılımını G2 olarak verilmektedir.

2.3.6. Schechter Yoğunluk Dağılımı

Schechter ve arkadaşları (Schechter H. ve arkadaşları, 1979) fermi parametrelerini aşağıdaki gibi ifade etmişlerdir.

$$\rho_0 = \frac{0.212}{1 + 2.66 A^{-2/3}}, \quad R_0 = 1.04 A^{1/3}, \quad a = 0.54 \text{ fm}. \quad (2.19)$$

Çalışmamızda bu yoğunluk dağılımını S olarak gösterilmektedir.

2.3.7. Üç Parametrelili Fermi Yoğunluk Dağılımı

Üç parametrelili Fermi (3pF) yoğunluk dağılımı

$$\rho_{3pF}(r) = \frac{\rho_0 \left(1 + \frac{wr^2}{c^2} \right)}{1 + \exp\left(\frac{r-c}{z} \right)} \quad (2.20)$$

şeklinde ifade edilmekte olup, $\rho_0 = 0.1816 \text{ fm}^{-3}$, $w = -0.213$, $c = 3.441 \text{ fm}$ ve $z = 0.624 \text{ fm}$ 'dir (Li, Yerian ve Sick, 1974; Hamoudi, 2012).

2.3.8. Hartree-Fock-Bogolubov Yoğunluk Dağılımı

^{32}S için incelenen son yoğunluk dağılımı, BSk2 Skyrme kuvvet hesaplamalarına dayanan Hartree-Fock-Bogolubov modeli ile elde edilmektedir (<http://www-nds.iaea.org/ripl-2.html>). Bu yoğunluk dağılımı RIPL-3'ten (<http://www-nds.iaea.org/ripl-2.html>) alınmıştır ve çalışmamızda HFB olarak gösterilmiştir.

2.4. Hedef Çekirdeklerin Yoğunluk Dağılımları

Tez çalışmamızda ^{32}S gelen çekirdeğinin ^{12}C , ^{27}Al , ^{40}Ca , ^{48}Ca , ^{48}Ti , ^{58}Ni , ^{63}Cu , ^{64}Ni , ^{76}Ge , ^{96}Mo ve ^{100}Mo gibi farklı hedef çekirdeklerinden saçılması incelenmektedir. Bu kapsamda, ^{12}C hedef çekirdeği için

$$\rho(r) = (\alpha + wr^2) \exp(-\beta r^2) \quad (2.21)$$

yoğunluk dağılımı kullanılmış olup eşitlikteki değerler $\alpha=0.1644$, $w=0.082003$ ve $\beta=0.3741$ 'dir.

^{48}Ca çekirdeğinin yoğunluk dağılımı için

$$\rho(r) = \frac{\rho_0 \left(1 + \frac{wr^2}{c^2}\right)}{1 + \exp^{(r-c)/z}} \quad (2.22)$$

kullanılmış olup $\rho_0 = 0.173242$, $w = -0.03$, $c = 3.837$ ve $z = 0.55$ 'dir (Alkhazov, 1977).

^{27}Al , ^{40}Ca , ^{48}Ti , ^{58}Ni , ^{63}Cu , ^{64}Ni , ^{76}Ge , ^{96}Mo ve ^{100}Mo hedef çekirdeklerinin yoğunluk dağılımları için

$$\rho(r) = \frac{\rho_0}{1 + \exp\left(\frac{r-c}{z}\right)} \quad (2.23)$$

ifadesi kullanılmakta olup ρ_0 , c ve z değerleri Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. ^{27}Al , ^{40}Ca , ^{48}Ti , ^{58}Ni , ^{63}Cu , ^{64}Ni , ^{76}Ge ve $^{96,100}\text{Mo}$ hedef çekirdeklerinin 2pF yoğunluk dağılımları için ρ_0 , c ve z değerleri

Hedef Çekirdekler	ρ_0 (fm ⁻³)	c (fm)	z (fm)	Referanslar
^{27}Al	0.2015	2.84	0.569	Jager vd. (1974)
^{40}Ca	0.169	3.60	0.523	Farid ve Hassanain (2000)
^{48}Ti	0.17729	3.75	0.567	Jager vd. (1974)
^{58}Ni	0.172	4.094	0.54	Farid ve Hassanain (2000)
^{63}Cu	0.16877	4.214	0.586	Jager vd. (1974)
^{64}Ni	0.1642	4.285	0.584	Jager vd. (1974)
^{76}Ge	0.166727	4.56508	0.551152	Gupta vd. (2007), Ghodsi ve Torabi (2015)
^{96}Mo	0.175858	4.88701	0.531139	Gupta vd. (2007), Ghodsi ve Torabi (2015)
^{100}Mo	0.17219934	5.389	0.540	Zou vd. (2008)

2.5. Optik Model

Saçılma durumları iki cisim problemi olduğu için basitleştirilmiş potansiyel tamamen bu durumu açıklamaya yetmeyecektir. Bu iki cismin etkileşimini tanımlayan potansiyellerin bilinmesi hem modelin başarısını artırır hem de saçılma durumunun daha iyi anlaşılmasını sağlar (Karakoç, 2005).

Elastik saçılma reaksiyonlarını açıklayabilmek için literatürde farklı modeller bulunabilir. Bu amaçla geliştirilen modellerden birisi de optik modeldir. Optik model farklı enerjiler için çeşitli elastik saçılma reaksiyonlarını açıklamada yaygın bir şekilde kullanılmış ve iyi sonuçlar elde edilmiştir (Aygün, 2019).

Gelen parçacık kompleks bir hedefle etkileştiğinde, gelen akının bir kısmı hedefin uyarılmasından dolayı inelastik kanala gider. Böyle bir durumu açıklamak için sadece reel potansiyel yeterli değildir. Uyarılmış kanallarla etkileşimi ifade eden sanal potansiyelin de dahil edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda optik model potansiyel, reel ve sanal olmak üzere iki potansiyelden oluşmakta olup

$$U(r) = V(r) + iW(r) \quad (2.24)$$

şeklinde gösterilmektedir. Burada, $U(r)$ optik potansiyeli, $V(r)$ reel potansiyeli ve $W(r)$ ise sanal potansiyeli göstermektedir. Reel potansiyel elastik saçılmadan sorumlu iken, sanal potansiyel ise elastik olmayan kısımdan sorumludur.

Optik potansiyeli tanımlayabilmek için fenomenolojik ve mikroskobik yaklaşımlar kullanılmaktadır. Fenomenolojik yaklaşım, etkileşime giren çekirdekler arasındaki etkileşim potansiyelinin belirlenip deneysel verilere en uygun potansiyel parametrelerinin elde edilmesidir. Mikroskobik yaklaşımda ise etkileşime giren çekirdekler ve bu çekirdeklerin iç etkileşimleri (nükleon etkileşimleri) dahil edilmektedir. Fenomenolojik yaklaşımın kullanıldığı hesaplamalarda genel olarak potansiyelin reel ve sanal kısımları için Woods-Saxon ya da Woods-Saxon kare potansiyelleri kullanılarak reaksiyonu tanımlayan tesir kesiti elde edilmektedir. Potansiyel

$$U = -\frac{V_0}{\left[1 + \exp\left(\frac{r - R_i}{a_i}\right)\right]^n}, \quad i = V \text{ (reel), } W \text{ (sanal)} \quad (2.25)$$

olarak verilebilmektedir. $n = 1$ değeri Woods-Saxon potansiyelini, $n = 2$ değeri ise Woods-Saxon kare potansiyelini ifade eder. Bu tarz potansiyeller iç bölgelerde yaklaşık olarak sabit kalırken, yüzeye doğru gidildikçe azalarak sifıra doğru gitmektedir (Karakoç 2005).

Çalışmamızda optik model kapsamında bir saçılma reaksiyonu için etkileşim potansiyeli

$$V_{\text{Toplam}} = V_{\text{Coulomb}} + V_{\text{Reel}} + iV_{\text{sanal}}$$

şeklinde verilebilir. V_{Coulomb} potansiyeli

$$V_c(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_p Z_t e^2}{r}, \quad r \geq R_c \quad (2.26)$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_p Z_t e^2}{2R_c} \left(3 - \frac{r^2}{R_c^2}\right), \quad r < R_c \quad (2.27)$$

şeklindedir. Eşitlikte $Z_p e$ gelen çekirdeğin yükü, $Z_t e$ hedef çekirdeğin yükü, R_c ise Coulomb yarıçapı olup

$$R_c = r_c \left(A_p^{1/3} + A_t^{1/3}\right) \quad (2.28)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Aynı zamanda A_p gelen çekirdeğin kütle numarası, A_t ise hedef çekirdeğin kütle numarasıdır.

2.6. Double Folding Model

Double folding model çekirdeğin elastik saçılmasını optik model sınırları içinde açıklamada yaygın bir şekilde kullanılan modellerden biridir. Başlangıçta tek katlı formda hesaplamalar geliştirilmiştir fakat ağır iyon reaksiyonları için deneysel sonuçlar bu yaklaşımla elde edilen potansiyelin gücünün yaklaşık iki kat fazla olduğu görülmüştür. Böylece çift katlı model önerilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır (Satchler and Love, 1979).

Double folding modelde etkileşime giren çekirdeklerin mevcut yapısını tanımlayan yoğunluk dağılımları önemli parametrelerdendir. Böylece, hedef ve gelen çekirdek için yoğunluk dağılımları belirlendikten sonra nükleon-nükleon etkileşimi üzerinden integrali alınarak double folding potansiyeli elde edilir. Double folding potansiyeli

$$U(\mathbf{R}) = \int d\vec{r}_1 \int d\vec{r}_2 \rho_1(r_1) \rho_2(r_2) v(\vec{r}_{12} = \vec{R} - \vec{r}_1 + \vec{r}_2) \quad (2.29)$$

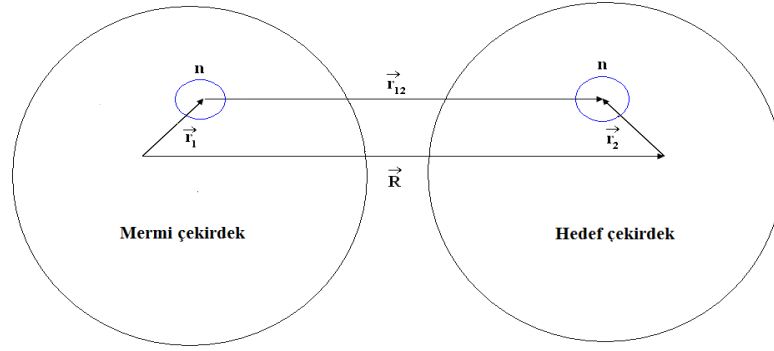
şeklinde yazılabilir. Burada, ρ_1 gelen çekirdeğin yoğunluğunu, ρ_2 ise hedef çekirdeğin yoğunluğunu ve $v(\vec{r}_{12})$ ise nükleonlar arasındaki etkileşmeyi göstermektedir. $v(\vec{r}_{12})$ için en yaygın kullanılan etkileşim tipi M3Y kullanılır. Bu ifade ise

$$v(\vec{r}_{12}) = 7999 \frac{\exp(-4r)}{4r} - 2134 \frac{\exp(-2.5r)}{2.5r} + J_{00}(E) \quad (2.30)$$

olarak verilmektedir. Eşitlikte $J_{00}(E)$ terimi nükleon değiş tokuşunu ifade etmekte olup

$$J_{00}(E) = -276 \left[1 - \frac{0.005 E_{lab}}{A} \right] \text{MeV.fm}^3 \quad (2.31)$$

şeklinde verilmektedir. Bu ifade de E_{lab} gelen parçacığın laboratuvar enerjisi, A ise gelen parçacığın nükleon sayısıdır.



Şekil 2.5. Double folding model hesaplamaları için kullanılan koordinatların bir gösterimi (Aygun 2011).

2.7. Hata Hesabı

Deneysel saçılma dalarının davranışı teorik olarak elde edildikten sonra bu iki çalışma arasındaki uyuma bakmak için hata hesabı yapılır. Bunun için kullanılan eşitlik;

$$\chi^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(\sigma_{\text{teorik}} - \sigma_{\text{deneysel}})^2}{(\Delta\sigma_{\text{deneysel}})^2} \quad (2.32)$$

olarak verilebilir. Burada σ_{teorik} , σ_{deneysel} ve $\Delta\sigma_{\text{deneysel}}$ sırasıyla teorik tesir kesiti, deneysel tesir kesiti ve deneysel tesir kesitindeki hata oranını göstermektedir ve N ise toplam deneysel data sayısını göstermektedir.

2.8. Hacim İntegralleri

Hacim integralleri reel (J_V) ve sanal (J_W) hacim integrallerinden oluşmaktadır. Reel hacim integrali

$$J_V(E) = -\frac{4\pi}{A_P A_T} \int_0^R V(r, E) r^2 dr \quad (2.33)$$

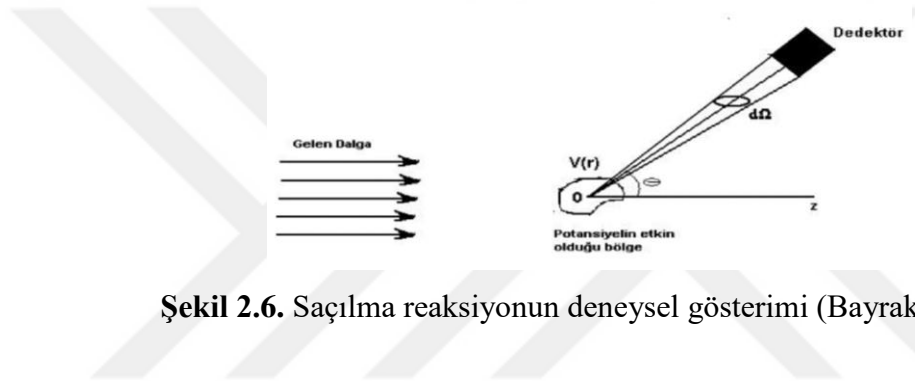
şeklinde ve sanal hacim integrali de

$$J_W(E) = -\frac{4\pi}{A_P A_T} \int_0^R W(r, E) r^2 dr \quad (2.34)$$

şeklinde yazılabilir. Eşitliklerde, A_P gelen çekirdeğin ve A_T hedef çekirdeğin toplam nükleon sayısını göstermektedir.

2.9. Tesir Kesiti

Tesir kesiti nükleer bir etkileşimin meydana gelme ihtimaliyetinin bir ölçüsüdür. Şekil 2.6'da saçılma deneyinin temsili bir gösterimi verilmiştir. Gelen parçacıktan yayımlanan b parçacığını kaydetmek için gelen demet doğrultusuna Şekil 2.6'daki gibi bir dedektör konulur. Gelen parçacıkların saçılan parçacıkları etkilememesi için dedektör yeterince uzağa konulur. Gelen parçacıklar O merkezinden saçıldıktan sonra dedektörler tarafından sayılır. Bu sayım reaksiyonun gerçekleşme ihtimaliyetini verir.



Şekil 2.6. Saçılma reaksiyonunun deneysel gösterimi (Bayrak, 2004).

$A(a,b)B$ genel formda bir reaksiyon için reaksiyon tesir kesitini açıklayacak olursak; birim alanda N tane A tipli hedef çekirdek, birim zamanda gelen parçacıkların akımı I_a ve çıkan parçacıkların sayısı N_b kabul edilirse reaksiyon tesir kesiti;

$$\sigma = \frac{N_b}{I_a N} \quad (2.35)$$

şeklinde yazılabilir. Tesir kesitinin birimi barn'dır. $1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2 = 100 \text{ fm}^2$ 'dir. σ alan boyutuna sahiptir.

Dedektörler küçük bir alandan saçılan parçacıkları ölçebilirler. Gelen parçacığın doğrultusuna göre θ ve ϕ kutupsal açıları doğrultusunda bir dedektör kullanıldığında düşünülürse $d\Omega$ katı açı içinden birim zamanda geçen b tesir kesiti, parçacıkların sayısı I_a ve N değerlerinden başka $d\Omega$ katı açısına da bağlıdır. Diferansiyel tesir kesiti, $d\sigma/d\Omega$ oranıdır ve

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{r(\theta, \varphi)}{4\pi I_a N} \quad (2.36)$$

şeklinde yazılabilir, böylece reaksiyon çıktılarının açısal dağılımı hakkında bilgi verir. Katı açı $d\Omega$ steradyan cinsinden ölçüldüğünde diferansiyel tesir kesiti birimi barn/steradyan'dır. Diferansiyel tesir kesiti genel olarak b parçacıklarının yayımlanma olasılığı, θ ve φ açılara bağlıdır. Açıya bağlı olduğu durumlarda $d\sigma(\theta, \varphi)/d\Omega$ şeklinde gösterilir. Tesir kesiti ve diferansiyel tesir kesiti arasındaki ilişkiyi ifade eden denklem

$$\sigma = \int \frac{d\sigma}{d\Omega} d\Omega \quad (2.37)$$

şeklinde yazılabilir. Eşitlikte $d\Omega = \sin\theta d\theta d\varphi$ yerine yazılacak olursa

$$\sigma = \int_0^\pi \sin\theta d\theta \int_0^{2\pi} d\varphi \frac{d\sigma}{d\Omega} \quad (2.38)$$

olur. Literatürde θ açısına ait tesir kesiti grafiği görüldüğünde bunun diferansiyel tesir kesiti olduğu anlaşılmalıdır. Reaksiyon incelenirken tesir kesitinin anlamı, o reaksiyon ile ilgili ne ölçüldüğü ile alakalıdır. Diferansiyel tesir kesiti tüm açılar üzerinden integre edildiğinde toplam tesir kesitini verir. Nükleer reaksiyona ait toplam tesir kesitine σ_t dersek

$$\sigma_t = \sigma_e + \sigma_s \quad (2.39)$$

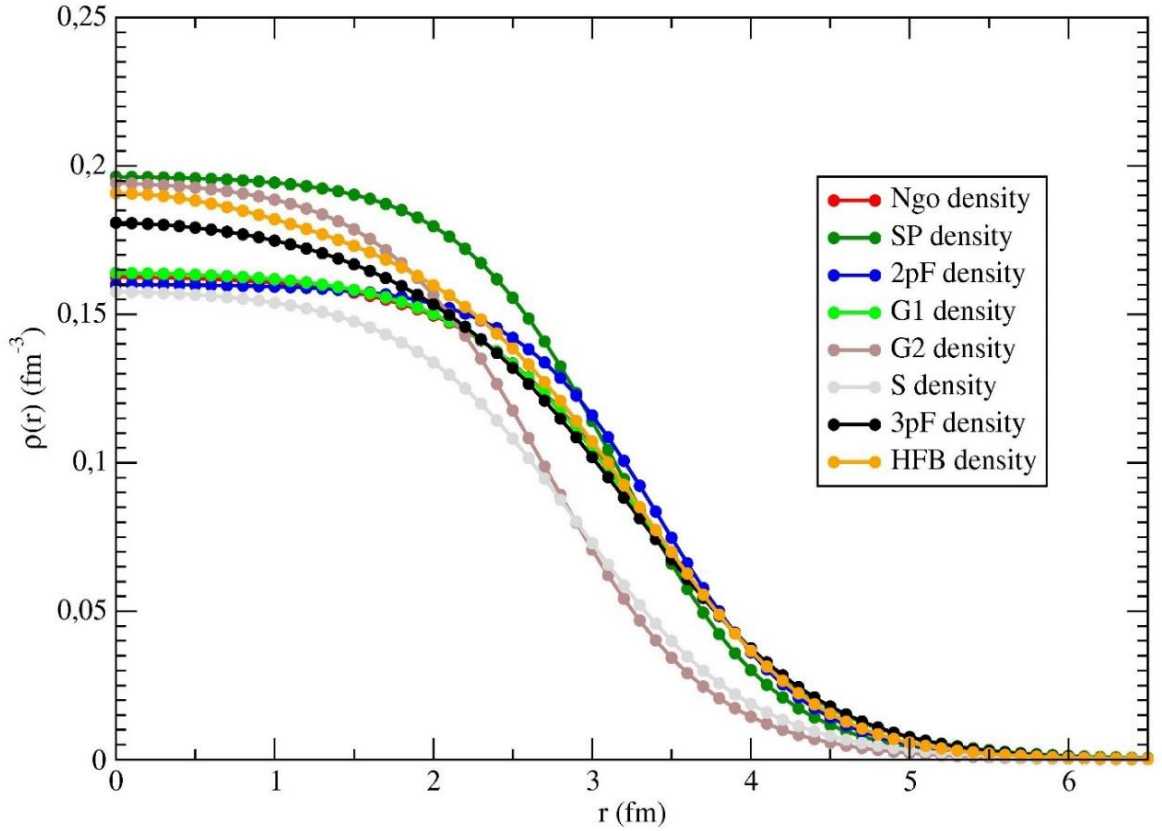
olup, σ_e elastik saçılma tesir kesitini ve σ_s elastik olmayan saçılma ve soğrulma tesir kesitlerini ifade etmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. ^{32}S Çekirdeğinin Farklı Hedef Çekirdeklerle Elastik Saçılma Reaksiyonlarının Analizi

Çalışmamızda ^{32}S gelen çekirdeğinin ^{12}C , ^{27}Al , ^{40}Ca , ^{48}Ca , ^{48}Ti , ^{58}Ni , ^{63}Cu , ^{64}Ni , ^{76}Ge , ^{96}Mo , ^{100}Mo gibi on bir farklı hedef çekirdekle farklı gelme enerjilerinde elastik saçılma açısal dağılımları incelenmiştir. Bu amaçla ^{32}S çekirdeği için Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB gibi sekiz farklı yoğunluk dağılımı kullanılarak reel potansiyelleri elde edilmiştir. Sanal potansiyel için Woods-Saxon potansiyeli kullanılmıştır.

Her bir yoğunluk dağılımının uzaklıkla ile değişimi Şekil 3.1.'de gösterilmektedir. SP yoğunluğunun merkezi kısımda en yüksek yoğunluğa sahip olduğunu, S yoğunluğunun ise en düşük yoğunluğa sahip olduğunu görebiliriz.

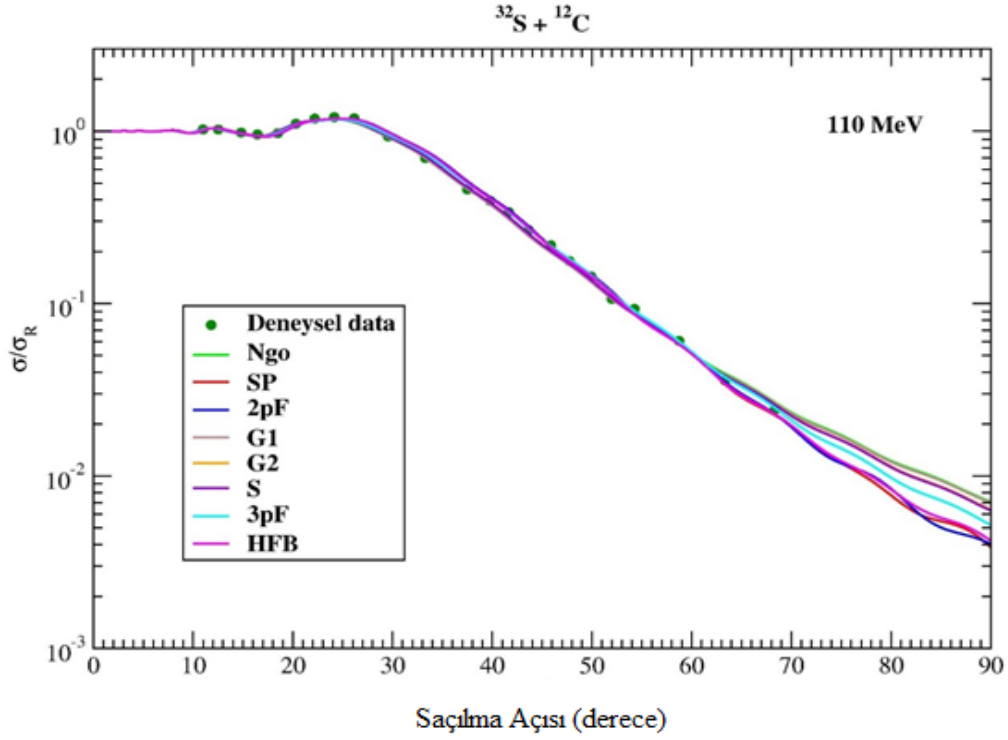


Şekil 3.1. Linear ölçekte Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımlarının uzaklığın bir fonksiyonu olarak değişimleri.

$^{32}\text{S} + ^{12}\text{C}$ reaksiyonunun $E_{\text{Lab}} = 110$ MeV gelme enerjisinde elastik saçılma açısal dağılımları hesaplanmıştır. Teorik sonuçları elde etmede kullanılan potansiyel parametreleri Çizelge 3.1.'de ve tesir kesitlerinin hem deneysel datayla hem de birbirleriyle karşılaştırmalı gösterimi ise Şekil 3.2.'de verilmiştir. Tüm yoğunluk dağılımlarının karşılaştırılmasından sonuçların birbirleriyle çok benzer davranış sergiledikleri ve datayla uyumlarının iyi olduğu görülmüştür. Bununla birlikte 3pF yoğunluk dağılımının deneysel datayla uyumunun diğer yoğunluk dağılımlarından biraz daha iyi olduğu fark edilmiştir. Bu durum hata değerlerinden de görülebilmektedir.

Çizelge 3.1. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{12}\text{C}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri

Yoğunluk Tipi	E_{Lab} (MeV)	N_R	W (MeV)	r_w (fm)	a_w (fm)	J_v (Mev.fm ³)	J_w (Mev.fm ³)	$\frac{\chi^2}{N}$
Ngo	110	1.00	32.0	1.30	0.41	413.9	129.2	0.26
SP	110	1.25	15.0	1.30	0.41	517.9	60.5	0.22
2pF	110	1.06	15.0	1.30	0.41	439.2	60.5	0.25
G1	110	0.97	31.0	1.30	0.41	402.0	125.1	0.25
G2	110	1.00	27.0	1.30	0.41	414.4	109.0	0.15
S	110	1.00	27.0	1.30	0.41	414.3	109.0	0.15
3pF	110	1.00	24.0	1.30	0.41	414.4	96.9	0.12
HFB	110	1.00	16.0	1.30	0.41	414.0	64.6	0.20

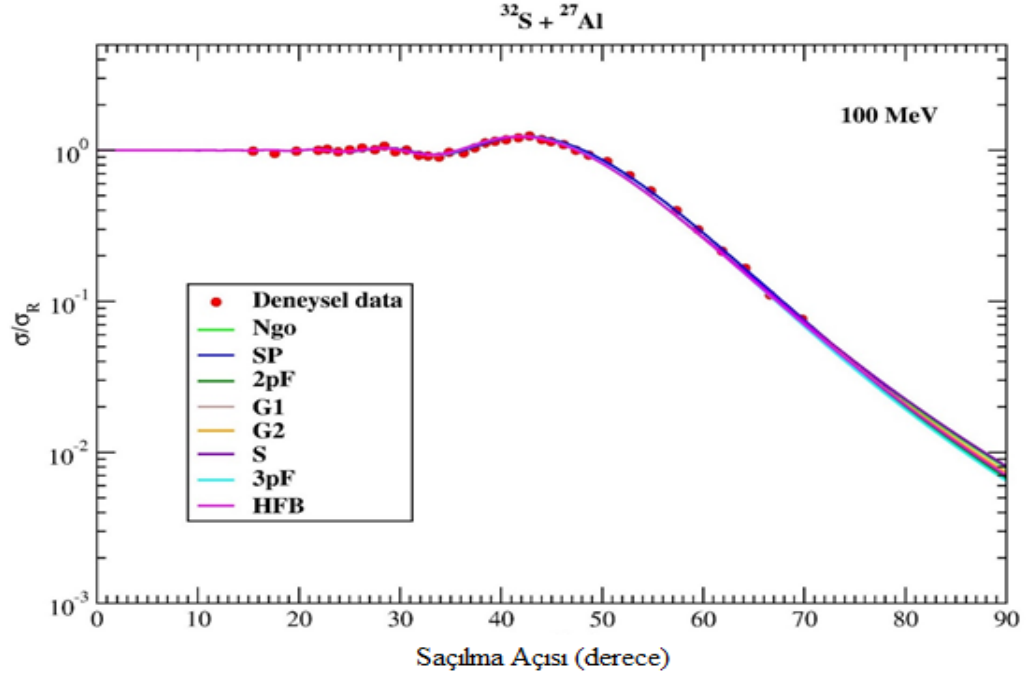


Şekil 3.2. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 110 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{12}\text{C}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi. Deneysel veriler Arena vd. (1988)'den alınmıştır.

$^{32}\text{S} + ^{27}\text{Al}$ reaksiyonunun $E_{\text{Lab}} = 100$ MeV gelme enerjisinde elastik saçılma açısal dağılımları hesaplanmıştır. Teorik sonuçlar elde edilirken kullanılan potansiyel parametreleri Çizelge 3.2.'de ve tesir kesitlerinin hem deneysel datayla hem de birbirleriyle karşılaştırmalı gösterimi ise Şekil 3.3'de verilmiştir. Yoğunluk dağılımları karşılaştırıldığında hem küçük açılarda hem de büyük açılarda birbirleriyle çok benzer bir davranış sergiledikleri ve aynı zamanda deneysel datayla uyumlarının çok iyi olduğu görülmüştür. Bununla birlikte SP yoğunluğunun diğer yoğunluklardan biraz daha iyi olduğu söylenebilir.

Çizelge 3.2. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{27}\text{Al}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri

Yoğunluk Tipi	E_{Lab} (MeV)	N_R	W (MeV)	r_w (fm)	a_w (fm)	J_v (Mev.fm ³)	J_w (Mev.fm ³)	$\frac{\chi^2}{N}$
Ngo	100	0.72	34.0	1.30	0.41	298.4	87.5	0.16
SP	100	1.00	28.0	1.30	0.41	414.9	72.0	0.07
2pF	100	0.96	34.0	1.30	0.41	398.3	87.5	0.14
G1	100	0.70	34.0	1.30	0.41	290.5	87.5	0.14
G2	100	0.76	32.0	1.30	0.41	315.3	82.3	0.14
S	100	0.75	34.0	1.30	0.41	310.9	87.5	0.12
3pF	100	0.83	34.0	1.30	0.41	344.4	87.5	0.15
HFB	100	0.90	34.0	1.30	0.41	373.1	87.5	0.15



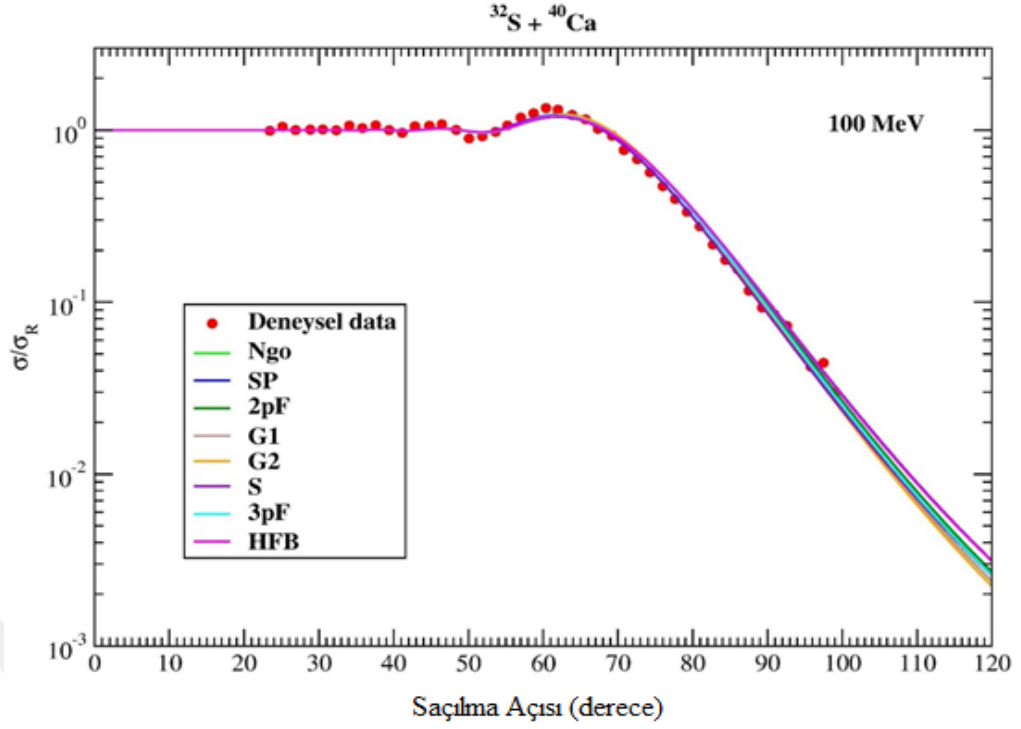
Şekil 3.3. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 100 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{27}\text{Al}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi. Deneysel veriler Garrett vd. (1975)'den alınmıştır.

$^{32}\text{S} + ^{40}\text{Ca}$ reaksiyonunun $E_{\text{Lab}} = 100$ MeV gelme enerjisinde elastik saçılma açısal dağılımları hesaplanmıştır. Teorik sonuçlar elde edilirken kullanılan potansiyel parametreleri Çizelge 3.3.'de ve tesir kesitlerinin hem deneysel datayla hem de birbirleriyle karşılaştırmalı gösterimi ise Şekil 3.4.'de verilmiştir. Yoğunluk dağılımlarının genel olarak küçük açılarda birbirine çok benzer davranış sergiledikleri gözlenmiştir. Bununla birlikte büyük açılara gidildikçe farklılaşmaların olduğu gözlenmiştir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde Ngo yoğunluk dağılımının deneysel datayla uyumunun diğer yoğunluklara kıyasla daha iyi olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.3. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{40}\text{Ca}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve

χ^2/N değerleri

Yoğunluk Tipi	E_{Lab} (MeV)	N_R	W (MeV)	r_w (fm)	a_w (fm)	J_v (Mev.fm ³)	J_w (Mev.fm ³)	$\frac{\chi^2}{N}$
Ngo	100	0.94	36.0	1.30	0.41	388.8	76.0	0.42
SP	100	1.35	38.0	1.30	0.41	558.3	80.1	0.85
2pF	100	1.20	35.0	1.30	0.41	496.9	73.8	0.69
G1	100	0.88	28.0	1.30	0.41	364.4	59.0	0.64
G2	100	0.96	28.0	1.30	0.41	397.6	59.0	0.68
S	100	1.00	36.0	1.30	0.41	414.0	76.0	0.44
3pF	100	1.04	37.0	1.30	0.41	430.7	78.0	0.53
HFB	100	1.10	36.0	1.30	0.41	455.1	76.0	0.81

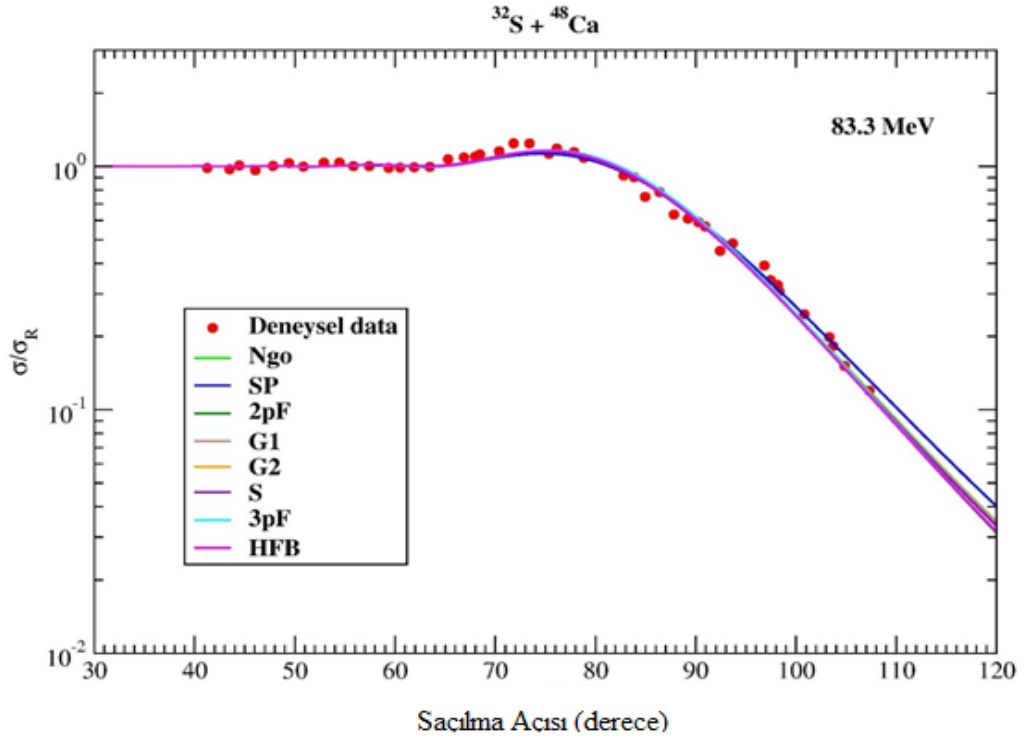


Şekil 3.4. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 100 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{40}\text{Ca}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi. Deneysel veriler Satchler and Love (1979)'den alınmıştır.

$^{32}\text{S} + ^{48}\text{Ca}$ reaksiyonunun $E_{\text{Lab}} = 83.3$ MeV gelme enerjisinde elastik saçılma açısal dağılımları hesaplanmıştır. Teorik sonuçlar elde edilirken kullanılan potansiyel parametreleri Çizelge 3.4.'de ve tesir kesitlerinin hem deneysel datayla hem de birbirleriyle karşılaştırmalı gösterimi ise Şekil 3.5.'de verilmiştir. Tüm yoğunluk dağılımlarına ait teorik sonuçların karşılaştırılmasından deneysel datayla uyumlarının iyi olmasına rağmen ileriki açılarda meydana gelen osilasyonlu yapıdan kaynaklı bazı deneysel dataları tanımlayamadıkları görülmüştür. Bununla birlikte SP yoğunluk dağılımı sonucunun datayla uyumunun diğer yoğunluklardan biraz daha iyi olduğu söylenebilir.

Çizelge 3.4. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{48}\text{Ca}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri

Yoğunluk Tipi	E_{Lab} (MeV)	N_R	W (MeV)	r_w (fm)	a_w (fm)	J_v (Mev.fm ³)	J_w (Mev.fm ³)	$\frac{\chi^2}{N}$
Ngo	83.3	0.71	25.0	1.30	0.41	294.9	48.3	0.33
SP	83.3	1.02	30.0	1.30	0.41	424.1	58.0	0.32
2pF	83.3	0.96	25.0	1.30	0.41	399.2	48.3	0.40
G1	83.3	0.70	25.0	1.30	0.41	291.1	48.3	0.34
G2	83.3	0.76	25.0	1.30	0.41	316.0	48.3	0.35
S	83.3	0.76	25.0	1.30	0.41	315.7	48.3	0.36
3pF	83.3	0.81	25.0	1.30	0.41	336.8	48.3	0.40
HFB	83.3	0.90	25.0	1.30	0.41	373.9	48.3	0.39

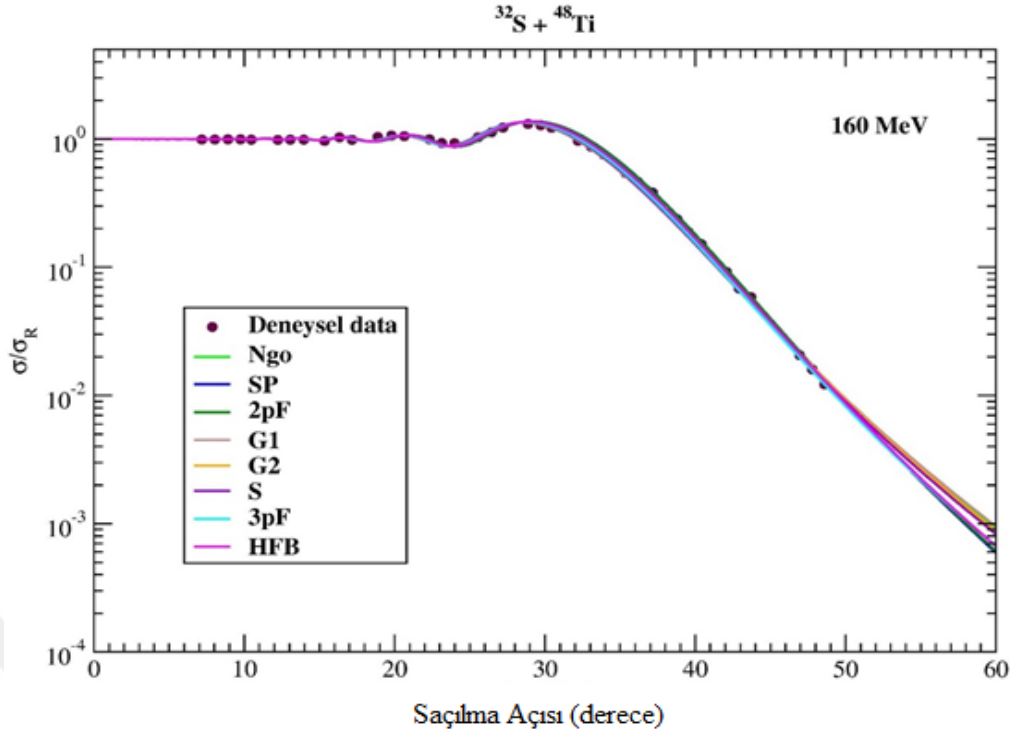


Şekil 3.5. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 83.3 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{48}\text{Ca}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi. Deneysel veriler Satchler and Love (1979)'den alınmıştır.

$^{32}\text{S} + ^{48}\text{Ti}$ reaksiyonunun $E_{\text{Lab}} = 160$ MeV gelme enerjisinde elastik saçılma açısal dağılımları hesaplanmıştır. Teorik sonuçlar elde edilirken kullanılan potansiyel parametreleri Çizelge 3.5.'de ve tesir kesitlerinin hem deneysel datayla hem de birbirleriyle karşılaştırmalı gösterimi ise Şekil 3.6.'da verilmiştir. Yoğunluk dağılımlarının karşılaştırılmasından datayla uyumlarının iyi olduğu bununla birlikte HFB yoğunluk dağılımının datayla uyumunun diğer yoğunluk dağılımlarına kıyasla biraz daha iyi olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 3.5. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{48}\text{Ti}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri

Yoğunluk Tipi	E_{Lab} (MeV)	N_R	W (MeV)	r_w (fm)	a_w (fm)	J_v (Mev.fm ³)	J_w (Mev.fm ³)	$\frac{\chi^2}{N}$
Ngo	160	0.88	39.0	1.30	0.41	362.6	75.3	0.28
SP	160	1.12	24.0	1.30	0.41	462.0	46.4	0.38
2pF	160	1.00	25.0	1.30	0.41	412.5	48.3	0.32
G1	160	0.88	41.0	1.30	0.41	363.0	79.2	0.36
G2	160	0.93	38.0	1.30	0.41	383.7	73.4	0.25
S	160	0.93	32.0	1.30	0.41	383.3	61.8	0.25
3pF	160	1.00	37.0	1.30	0.41	412.5	71.5	0.18
HFB	160	1.00	29.0	1.30	0.41	412.1	56.0	0.12

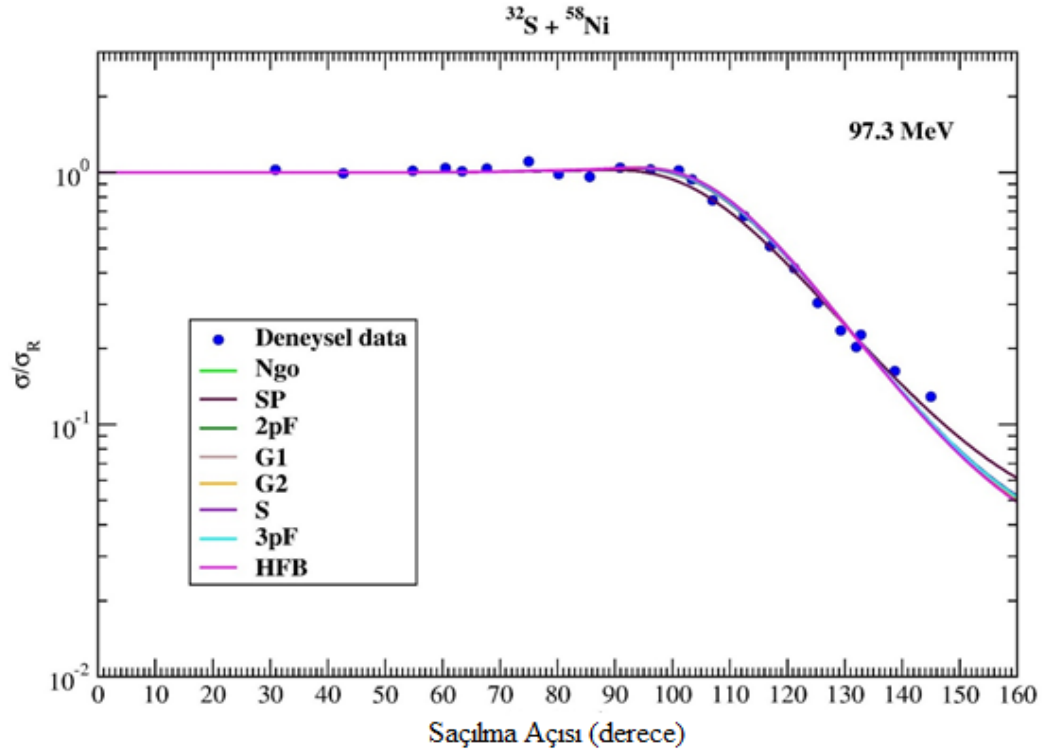


Şekil 3.6. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 160 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{48}\text{Ti}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi. Deneysel veriler Porto vd. (1981)'den alınmıştır.

$^{32}\text{S} + ^{58}\text{Ni}$ reaksiyonunun $E_{\text{Lab}} = 97.3$ MeV gelme enerjisinde elastik saçılma açısal dağılımları hesaplanmıştır. Teorik sonuçlar elde edilirken kullanılan potansiyel parametreleri Çizelge 3.6.'da ve tesir kesitlerinin hem deneysel datayla hem de birbirleriyle karşılaştırmalı gösterimi ise Şekil 3.7.'de verilmiştir. Yoğunluk dağılımlarının deneysel datayla uyumlarının iyi olduğu bununla birlikte bazı deneysel dataları açıklayamadıkları görülmüştür. Aynı zamanda SP yoğunluk dağılımının datayla uyumunun diğer yoğunluk dağılımlarından biraz daha iyi olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.6. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{58}\text{Ni}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri

Yoğunluk Tipi	E_{Lab} (MeV)	N_R	W (MeV)	r_w (fm)	a_w (fm)	J_v (Mev.fm ³)	J_w (Mev.fm ³)	$\frac{\chi^2}{N}$
Ngo	97.3	0.78	23.0	1.30	0.41	323.1	40.7	0.62
SP	97.3	1.00	43.0	1.30	0.41	414.7	76.0	0.37
2pF	97.3	1.00	29.0	1.30	0.41	414.7	51.3	0.52
G1	97.3	0.76	25.0	1.30	0.41	312.0	44.2	0.53
G2	97.3	0.82	25.0	1.30	0.41	340.1	44.2	0.55
S	97.3	0.81	26.0	1.30	0.41	335.6	46.0	0.52
3pF	97.3	0.85	28.4	1.30	0.41	352.5	50.2	0.54
HFB	97.3	0.96	25.0	1.30	0.41	397.8	44.2	0.62

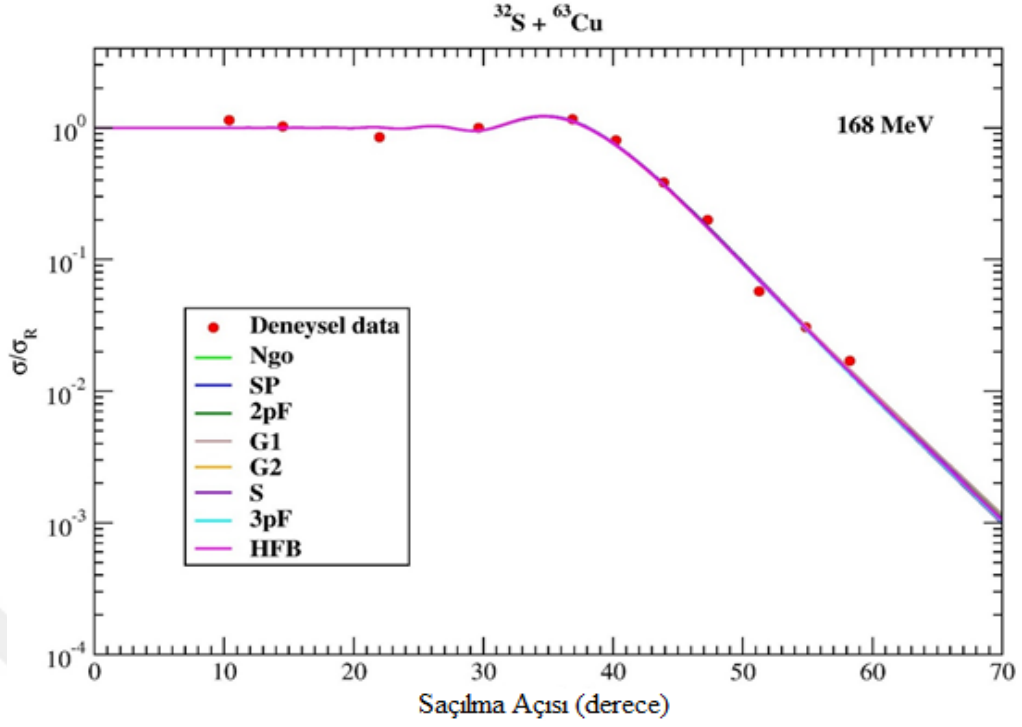


Şekil 3.7. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 97.3 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{58}\text{Ni}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi. Deneysel veriler Stefanini vd. (1990)'dan alınmıştır.

$^{32}\text{S} + ^{63}\text{Cu}$ reaksiyonunun $E_{\text{Lab}} = 168$ MeV gelme enerjisinde elastik saçılma açısal dağılımları hesaplanmıştır. Teorik sonuçlar elde edilirken kullanılan potansiyel parametreleri Çizelge 3.7.'de ve tesir kesitlerinin hem deneysel datayla hem de birbirleriyle karşılaştırmalı gösterimi ise Şekil 3.8.'de verilmiştir. Tüm yoğunluk dağılımlarının deneysel datayı tanımlamada birbirleriyle benzer davranış sergiledikleri ve datayla uyumlarının iyi olduğu görülmüştür. Bununla birlikte Ngo ve G1 yoğunluk dağılımlarının deneysel datayı açıklamada diğer yoğunluk dağılımlarına göre biraz daha iyi olduğu fark edilmiştir.

Çizelge 3.7. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{63}\text{Cu}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri

Yoğunluk Tipi	E_{Lab} (MeV)	N_R	W (MeV)	r_w (fm)	a_w (fm)	J_v (Mev.fm ³)	J_w (Mev.fm ³)	$\frac{\chi^2}{N}$
Ngo	168	0.42	35.0	1.3	0.41	172.9	59.6	1.37
SP	168	0.59	35.0	1.3	0.41	243.2	59.6	1.41
2pF	168	0.53	35.0	1.3	0.41	218.5	59.6	1.40
G1	168	0.41	35.0	1.3	0.41	169.0	59.6	1.37
G2	168	0.45	34.0	1.3	0.41	185.5	58.0	1.40
S	168	0.45	32.0	1.3	0.41	185.3	54.5	1.42
3pF	168	0.47	35.0	1.3	0.41	193.7	59.6	1.43
HFB	168	0.51	35.0	1.3	0.41	210.0	59.6	1.41

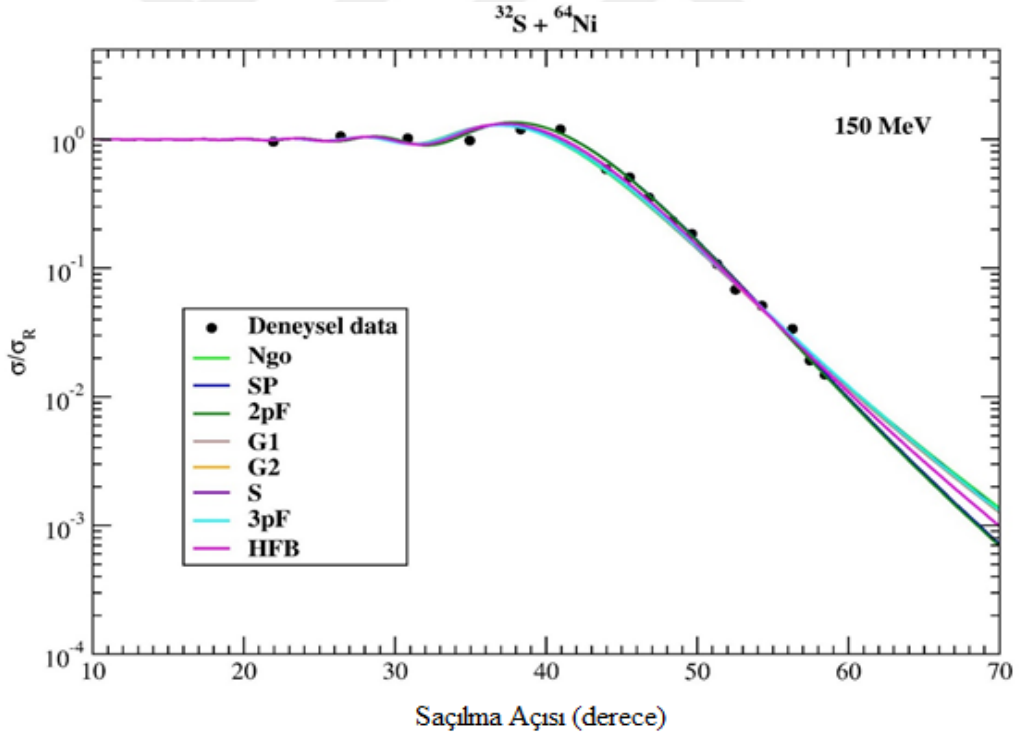


Şekil 3.8. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 168 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{63}\text{Cu}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi. Deneysel veriler Agnoli vd. (1987)'den alınmıştır.

$^{32}\text{S} + ^{64}\text{Ni}$ reaksiyonunun $E_{\text{Lab}} = 150$ MeV gelme enerjisinde elastik saçılma açısal dağılımları hesaplanmıştır. Teorik sonuçlar elde edilirken kullanılan potansiyel parametreleri Çizelge 3.8.'de ve tesir kesitlerinin hem deneysel datayla hem de birbirleriyle karşılaştırmalı gösterimi ise Şekil 3.9.'da verilmiştir. Tüm yoğunluk dağılımların karşılaştırılmasından SP ve 2pF yoğunluk dağılımlarına ait sonuçların birbiriyle çok benzer ve datayla uyumlarının iyi olduğu görülmüştür. Bununla birlikte 2pF yoğunluk dağılımının datayla uyumunun biraz daha iyi olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.8. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{64}\text{Ni}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri

Yoğunluk Tipi	E_{Lab} (MeV)	N_R	W (MeV)	r_w (fm)	a_w (fm)	J_v (Mev.fm ³)	J_w (Mev.fm ³)	$\frac{\chi^2}{N}$
Ngo	150	0.85	55.0	1.30	0.41	350.7	93.0	1.73
SP	150	1.12	29.0	1.30	0.41	462.6	49.0	1.00
2pF	150	1.00	29.0	1.30	0.41	413.0	49.0	0.97
G1	150	0.83	50.0	1.30	0.41	342.9	84.6	1.53
G2	150	0.88	50.0	1.30	0.41	363.5	84.6	1.47
S	150	0.88	51.0	1.30	0.41	363.1	86.3	1.51
3pF	150	0.96	59.0	1.30	0.41	396.5	99.8	1.53
HFB	150	1.00	41.0	1.30	0.41	412.7	71.0	1.00

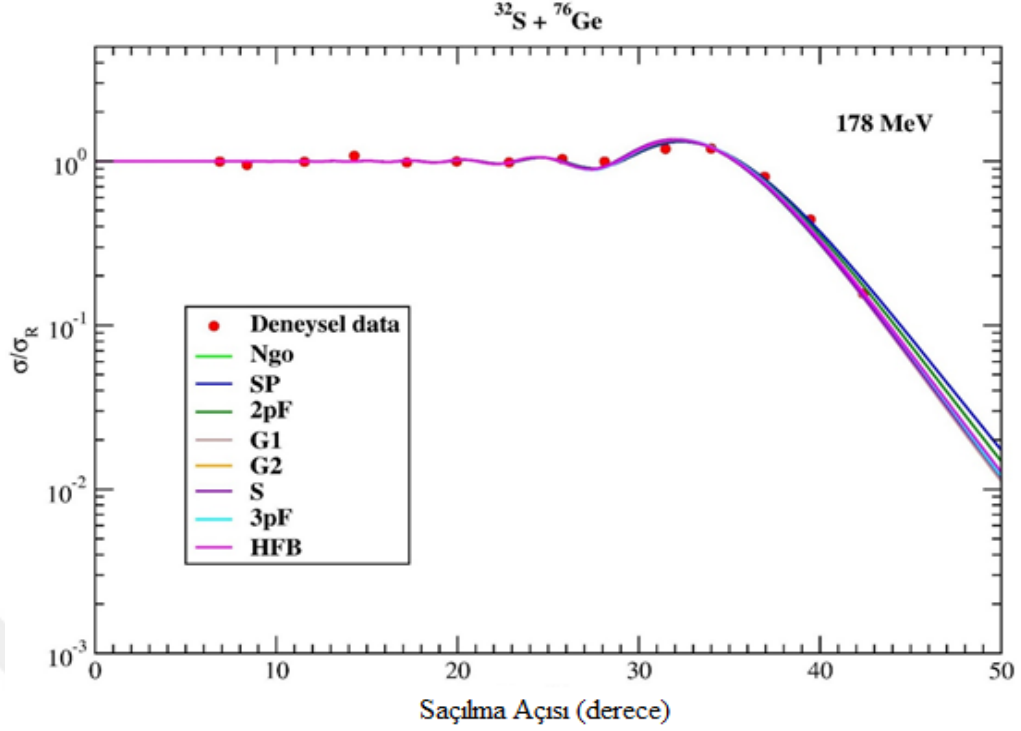


Şekil 3.9. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 150 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{64}\text{Ni}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi. Deneysel veriler Stefanini vd. (1987)'den alınmıştır.

$^{32}\text{S} + ^{76}\text{Ge}$ reaksiyonunun $E_{\text{Lab}} = 178$ MeV gelme enerjisinde elastik saçılma açısal dağılımları hesaplanmıştır. Teorik sonuçlar elde edilirken kullanılan potansiyel parametreleri Çizelge 3.9.'da ve tesir kesitlerinin hem deneysel datayla hem de birbirleriyle karşılaştırmalı gösterimi ise Şekil 3.10'da verilmiştir. Yoğunluk dağılımlarının genel olarak küçük açılarda birbirine çok benzer davranış sergiledikleri ve datayla uyumlarının iyi olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte büyük açılara gidildikçe farklılaşmaların olduğu görülmüştür. Tüm yoğunluk dağılımların karşılaştırılmasından 2pF yoğunluk dağılımına ait sonuçların deneysel datayla uyumunun diğer yoğunluk dağılımlarından daha iyi olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.9. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{76}\text{Ge}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri

Yoğunluk Tipi	E_{Lab} (MeV)	N_R	W (MeV)	r_w (fm)	a_w (fm)	J_v (Mev.fm ³)	J_w (Mev.fm ³)	$\frac{\chi^2}{N}$
Ngo	178	0.84	34.0	1.30	0.41	345.6	53.3	0.58
SP	178	1.06	34.0	1.30	0.41	436.6	53.3	0.47
2pF	178	1.00	34.0	1.30	0.41	411.9	53.3	0.34
G1	178	0.82	32.0	1.30	0.41	337.8	50.2	0.56
G2	178	0.88	34.0	1.30	0.41	362.5	53.3	0.51
S	178	0.88	34.0	1.30	0.41	362.1	53.3	0.52
3pF	178	0.92	34.0	1.30	0.41	379.0	53.3	0.37
HFB	178	1.00	34.0	1.30	0.41	411.5	53.3	0.39

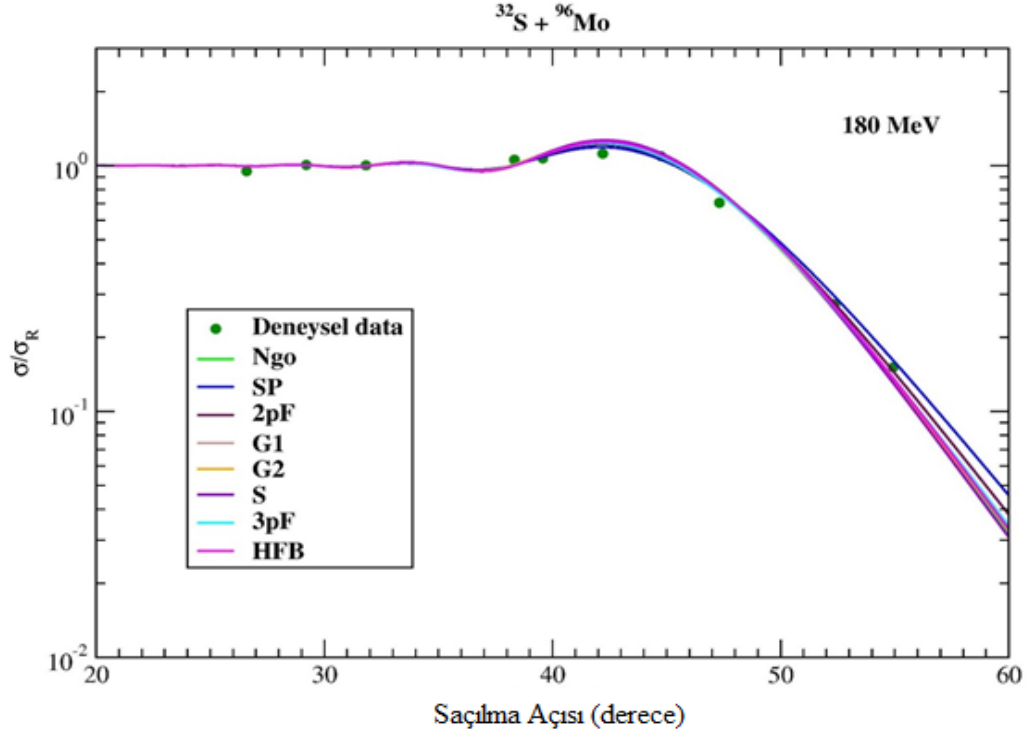


Şekil 3.10. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 178 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{76}\text{Ge}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi. Deneysel veriler Guillaume, vd. (1982)'den alınmıştır.

$^{32}\text{S} + ^{96}\text{Mo}$ reaksiyonunun $E_{\text{Lab}} = 180$ MeV gelme enerjisinde elastik saçılma açısal dağılımları hesaplanmıştır. Teorik sonuçlar elde edilirken kullanılan potansiyel parametreleri Çizelge 3.10.'da ve tesir kesitlerinin hem deneysel datayla hem de birbirleriyle karşılaştırmalı gösterimi ise Şekil 3.11.'de verilmiştir. Yoğunluk dağılımlarının birbirleriyle büyük açılarda az da olsa farklılıklar sergiledikleri görülmüştür. Bununla birlikte birbirleriyle çok benzer bir davranış sergileyen SP ve 2pF yoğunluk dağılımlarının deneysel datayla oldukça uyumlu oldukları ve diğer yoğunluk dağılımlarının sonuçlarından daha iyi olduğu görülmüştür. Buna ek olarak hata değerleri karşılaştırıldığında 2pF yoğunluğunun SP yoğunluğundan biraz daha iyi olduğu söylenebilir.

Çizelge 3.10. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{96}\text{Mo}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve χ^2/N değerleri

Yoğunluk Tipi	E_{Lab} (MeV)	N_R	W (MeV)	r_w (fm)	a_w (fm)	J_v (Mev.fm ³)	J_w (Mev.fm ³)	$\frac{\chi^2}{N}$
Ngo	180	0.80	35.0	1.30	0.41	329.1	49.7	0.53
SP	180	1.00	47.0	1.30	0.41	411.9	66.7	0.29
2pF	180	1.00	44.0	1.30	0.41	411.9	62.4	0.23
G1	180	0.80	35.0	1.30	0.41	329.5	49.7	0.60
G2	180	0.85	39.0	1.30	0.41	350.1	55.3	0.45
S	180	0.87	35.0	1.30	0.41	358.0	49.7	0.61
3pF	180	0.90	44.0	1.30	0.41	370.7	62.4	0.34
HFB	180	1.00	38.0	1.30	0.41	411.5	53.9	0.43



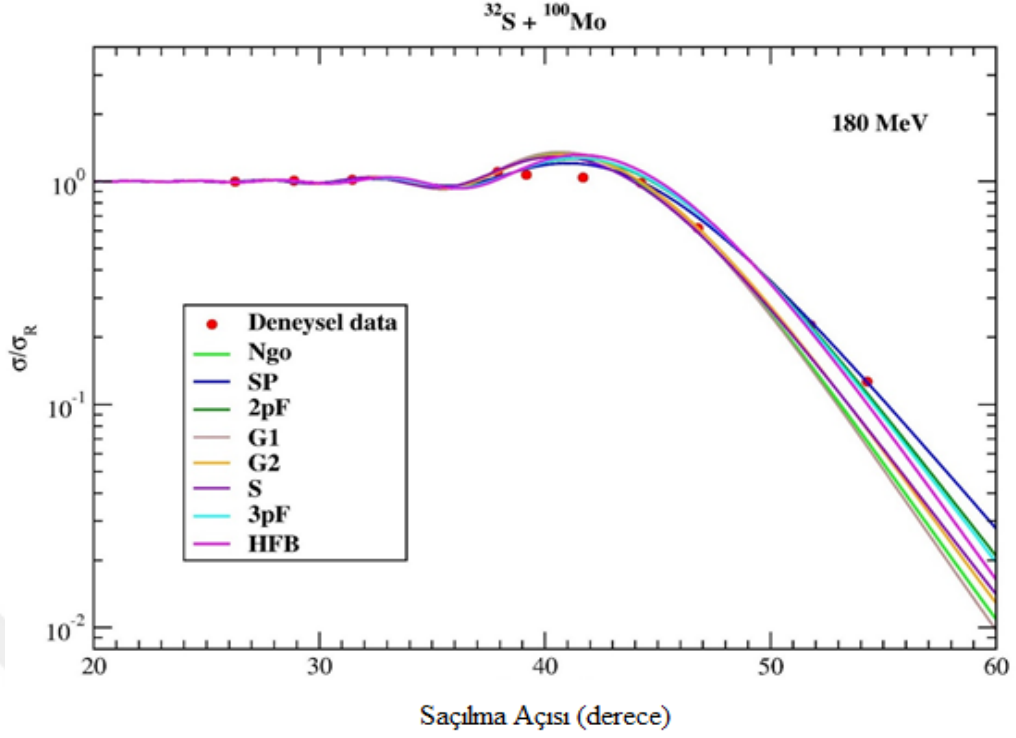
Şekil 3.11. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 180 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{96}\text{Mo}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi. Deneysel veriler Herrick vd. (1995)'den alınmıştır.

$^{32}\text{S} + ^{100}\text{Mo}$ reaksiyonunun $E_{\text{Lab}} = 180$ MeV gelme enerjisinde elastik saçılma açısal dağılımları hesaplanmıştır. Teorik sonuçlar elde etmede kullanılan potansiyel parametreleri Çizelge 3.11.'de ve tesir kesitlerinin hem deneysel datayla hem de birbirleriyle karşılaştırmalı gösterimi ise Şekil 3.12'de verilmiştir. Yoğunluk dağılımlarının birbirleriyle genel olarak farklı davranışlar sergiledikleri görülmüştür. Bununla birlikte tüm yoğunluk dağılımlarının karşılaştırılmasından SP yoğunluk dağılımı sonucunun deneysel datayla oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.11. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için $^{32}\text{S} + ^{100}\text{Mo}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan normalizasyon sabiti (N_R), sanal potansiyel parametreleri (W , r_w , a_w), reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri ve

χ^2/N değerleri

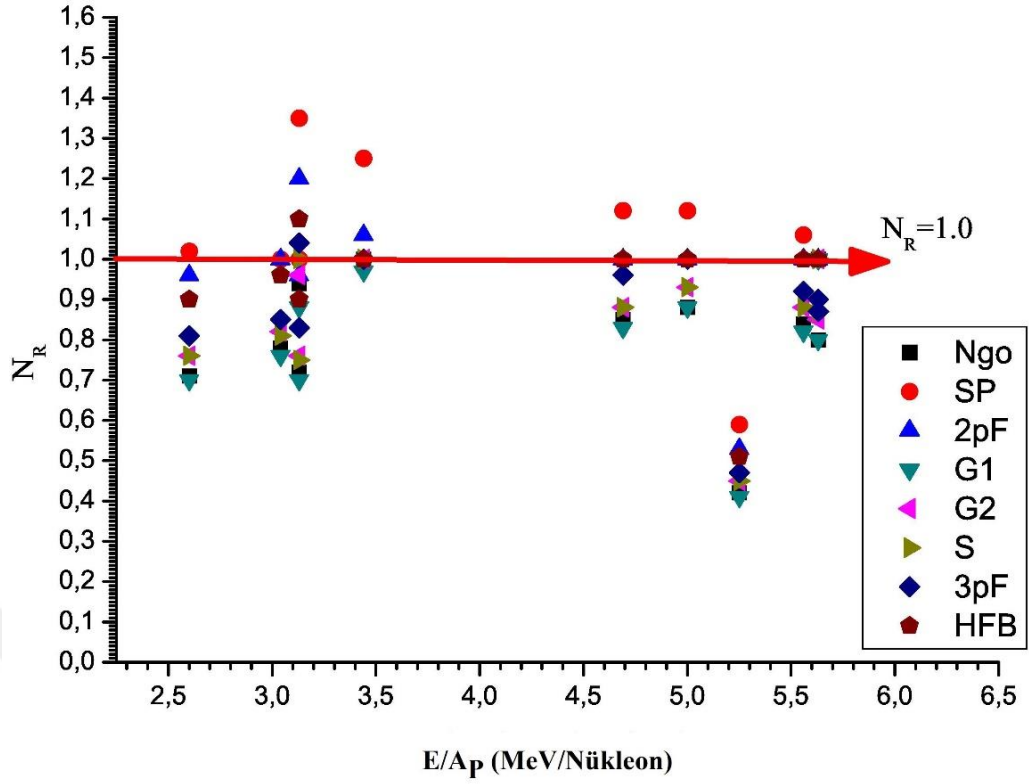
Yoğunluk Tipi	E_{Lab} (MeV)	N_R	W (MeV)	r_w (fm)	a_w (fm)	J_v (Mev.fm ³)	J_w (Mev.fm ³)	$\frac{\chi^2}{N}$
Ngo	180	1.00	38.0	1.30	0.41	411.7	53.0	4.20
SP	180	1.00	46.0	1.30	0.41	412.1	64.2	0.44
2pF	180	1.00	35.0	1.30	0.41	412.2	48.8	1.01
G1	180	1.00	35.0	1.30	0.41	412.2	48.8	4.77
G2	180	1.00	38.0	1.30	0.41	412.2	53.0	3.08
S	180	1.00	46.0	1.30	0.41	411.8	64.2	2.91
3pF	180	0.87	35.0	1.30	0.41	358.6	48.8	1.17
HFB	180	1.00	28.0	1.30	0.41	411.8	39.1	1.83



Şekil 3.12. ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımları için 180 MeV gelme enerjisinde $^{32}\text{S} + ^{100}\text{Mo}$ reaksiyonun elastik saçılma tesir kesiti sonuçlarının deneysel datayla karşılaştırmalı gösterimi. Deneysel veriler Herrick vd. (1995)'den alınmıştır.

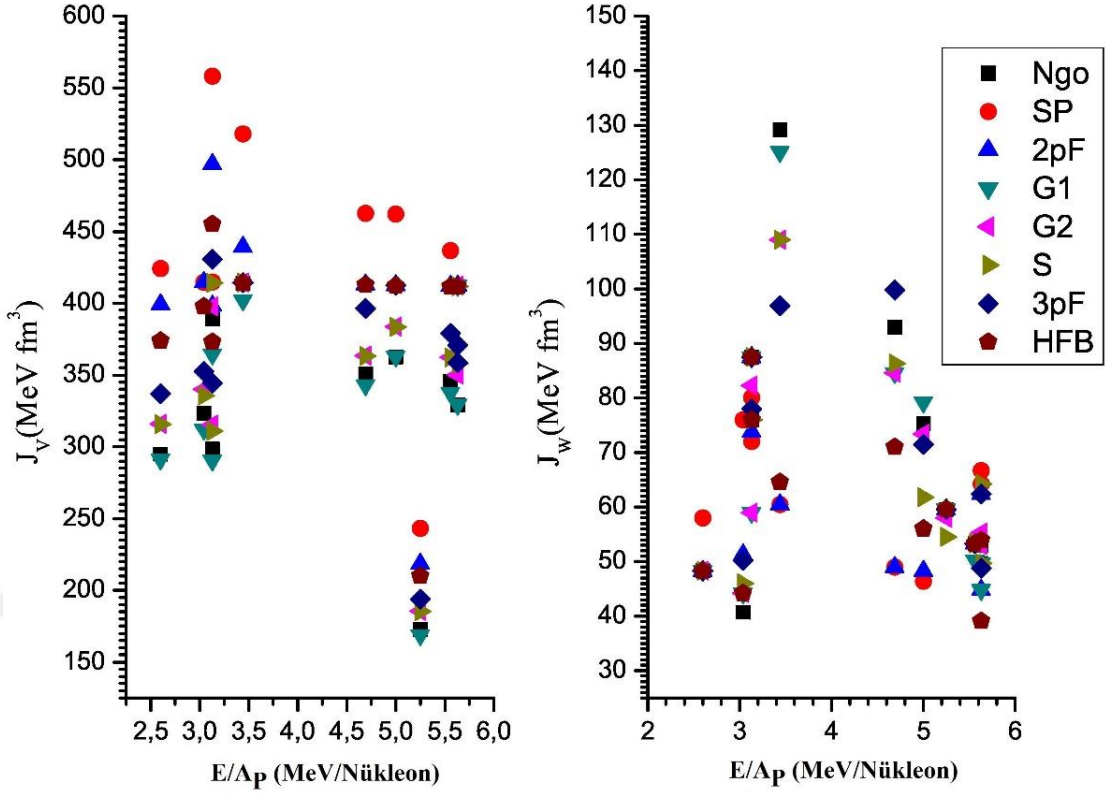
3.2. Normalizasyon Sabiti, Tesir Kesiti, Hacim İntegralleri ve Hata Değerlerinin Yorumlanması

Normalizasyon sabiti (N_R), double folding modelde deneysel veriler ile teorik sonuçlar arasındaki uyumu artırmak için kullanılan bir parametredir. Bu parametrenin varsayılan değeri 1.0'dir. Bununla birlikte, bu değerden sapma ya deneysel verilerin belirsizliği ya özelliğinden ya da teorik hesaplamalardan kaynaklanabilir. Şekil 3.13.'de ^{32}S çekirdeğinin sekiz farklı yoğunluk dağılımını kullanarak analiz edilen reaksiyonlar için N_R değerlerinin E/A_p 'ye karşı değişimi gösterilmektedir. Sonuçların N_R sabitine duyarlı olduğu görülmüştür. Bu kapsamda, orta ağır hedeflerin sonuçları N_R değerine çok duyarlı olduğu ve özellikle $^{32}\text{S} + ^{63}\text{Cu}$ reaksiyonunda sapmanın yüksek olduğu fark edilmiştir. Bunun nedenlerinden biri, tüm yoğunluk dağılımları ve reaksiyonları için aynı potansiyel geometri kullanılması olabilir. Diğer taraftan N_R değerinin ağır çekirdek reaksiyonlarında bir civarında olduğu bulunmuştur.



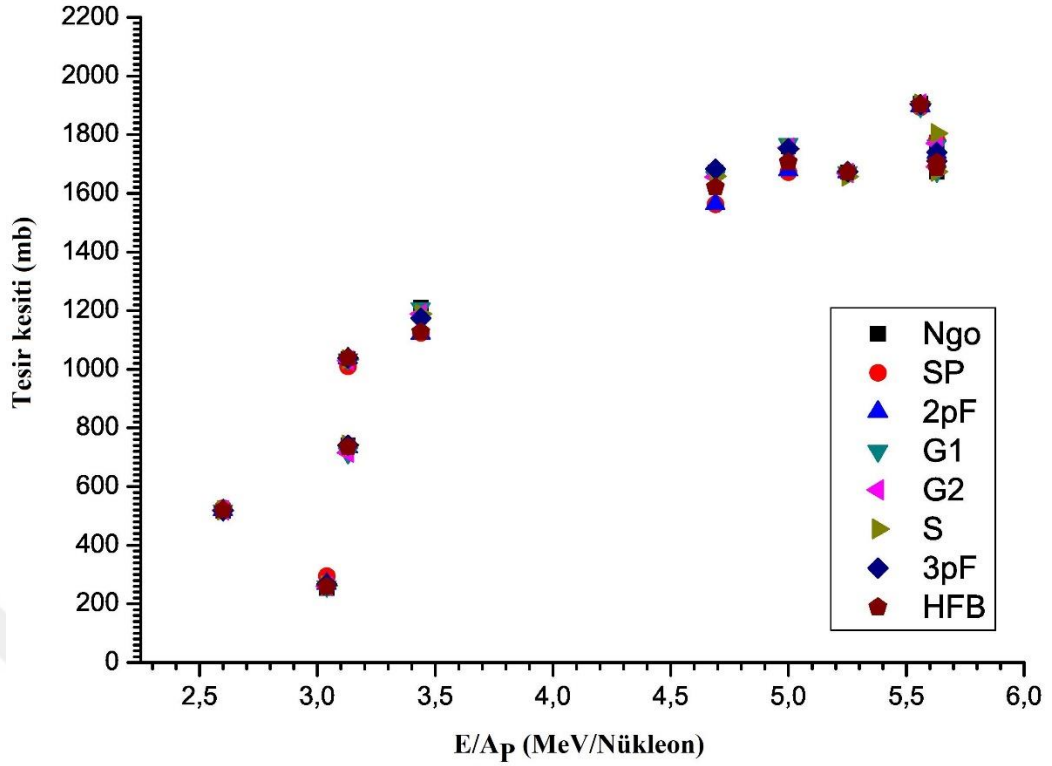
Şekil 3.13. Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımlarıyla gerçekleştirilen hesaplamalar için E/A_p 'ye karşı normalizasyon (N_R) değerlerinin değişimi.

Sekiz farklı yoğunluk dağılımı için reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integralleri hesaplanmış ve E/A_p 'ye karşı hacim integrallerindeki değişimler Şekil 3.14.'de gösterilmiştir. En büyük J_v değerleri SP yoğunluğu için en küçük J_v değerleri ise G1 yoğunluğu için elde edilmiştir. Bunun temel nedenlerinden biri, SP yoğunluk dağılımlı hesaplamalarda kullanılan N_R değerlerinin, diğer yoğunluk dağılımları için yapılan hesaplamalardaki N_R değerlerinden daha büyük olması ve G1 yoğunluğuna göre elde edilen N_R değerlerinin, diğer yoğunluklara göre elde edilen N_R değerlerinden daha düşük olmasıdır. Diğer yoğunlukların J_v değerleri birbirine daha yakındır. Buna karşın, sanal potansiyel parametreleri J_w hacim integralleri üzerinde etkilidir.



Şekil 3.14. Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımlarıyla gerçekleştirilen hesaplamalar için E/A_P 'ye karşı reel (J_v) ve sanal (J_w) hacim integrallerinin değişimleri.

Reaksiyon tesir kesiti (σ_R) analiz edilen reaksiyonlarda aranılan önemli parametrelerden biridir. Bu bağlamda, farklı optik model hesaplamaları için birbirine yakın tesir kesit değerleri, deneysel verilere uygulanan fit etme işleminin uygunluğunun bir göstergesi olabilir. Tüm reaksiyonlar ve yoğunluk dağılımları için σ_R değerleri tablolarda verilmiştir ve Şekil 3.15.'de E/A_P 'nin bir fonksiyonu olarak çizdirilmiştir. Farklı yoğunluklar için elde edilen σ_R değerlerinin birbirleriyle uyumlu olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 3.15. Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB yoğunluk dağılımlarıyla gerçekleştirilen hesaplamalar için E/A_p'ye karşı tesir kesitlerinin değişimi

3.3. Sanal Potansiyel Derinliklerini Veren Genel Eşitliklerin Elde Edilmesi

Herhangi bir çekirdeğin farklı hedef çekirdekler ile nükleer etkileşimlerinin analizinde potansiyel parametrelerini belirlemek çok önemlidir. Öyle ki elde edilen bu parametreler elastik saçılma, inelastik saçılma, transfer reaksiyonlarını açıklamada girdi parametreleri olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle bir çekirdeğin çeşitli hedef çekirdekler ile gerçekleştirilen elastik saçılma hesaplamaları sonucunda genel bir potansiyel eşitliğinin önerilmesi beklenir. Çünkü, elastik saçılma, elastik olmayan saçılma ve transfer reaksiyonları gibi etkileşimlerin bir potansiyel set yardımıyla hesaplanması daha kolay olacaktır.

Tez çalışmamızda, ³²S çekirdeğinin ¹²C, ²⁷Al, ⁴⁰Ca, ⁴⁸Ca, ⁴⁸Ti, ⁵⁸Ni, ⁶³Cu, ⁶⁴Ni, ⁷⁶Ge, ⁹⁶Mo ve ¹⁰⁰Mo hedef çekirdeklerinden elastik saçılma tesir kesiti hesaplamalarında kullanılan sanal potansiyel parametrelerinin yardımıyla her bir yoğunluk dağılımı için genel sanal potansiyel eşitliklerini elde etmeye çalıştık. Bu kapsamda tablolarda verilen potansiyel parametrelerini kullandık. Difüzyon ve yarıçap parametrelerini sırasıyla 0.41 fm ve 1.30 fm olarak aldık. Böylece her bir yoğunluk dağılımı için genel sanal potansiyel denklemini aşağıdaki gibi elde ettik.

Ngo yoğunluğu

$$W^{\text{Ngo}} = 23.24 + 0.15 \times E_{\text{lab}} - \frac{1.26 \times Z}{A^{1/3}} \quad (3.1)$$

SP yoğunluğu

$$W^{\text{SP}} = 11.35 - 0.13 \times E_{\text{lab}} + \frac{6.16 \times Z}{A^{1/3}} \quad (3.2)$$

2pF yoğunluğu

$$W^{2\text{pF}} = 12.62 - 0.02 \times E_{\text{lab}} + \frac{3.21 \times Z}{A^{1/3}} \quad (3.3)$$

G1 yoğunluğu

$$W^{\text{G1}} = 22.01 + 0.15 \times E_{\text{lab}} - \frac{1.41 \times Z}{A^{1/3}} \quad (3.4)$$

G2 yoğunluğu

$$W^{\text{G2}} = 15.45 + 0.14 \times E_{\text{lab}} - \frac{0.13 \times Z}{A^{1/3}} \quad (3.5)$$

S yoğunluğu

$$W^{\text{S}} = 18.52 + 0.08 \times E_{\text{lab}} + \frac{0.76 \times Z}{A^{1/3}} \quad (3.6)$$

3pF yoğunluğu

$$W^{3\text{pF}} = 17.63 + 0.08 \times E_{\text{lab}} + \frac{1.10 \times Z}{A^{1/3}} \quad (3.7)$$

HFB yoğunluğu

$$W^{\text{HFB}} = 17.36 + 0.02 \times E_{\text{lab}} + \frac{1.68 \times Z}{A^{1/3}} \quad (3.8)$$

Eşitliklerde E_{lab} gelen parçacığın laboratuvar enerjisini, Z hedef çekirdeğin atom sayısını ve A ise hedef çekirdeğin kütle numarasını göstermektedir.



4. SONUÇ

Çekirdeklerin elastik saçılma tesir kesitlerinin analizi nükleer fizik alanında her zaman önemli konulardan biri olmuştur. Öyle ki elastik saçılma tesir kesitlerinin analiziyle çekirdeklerin yapısal özelliklerinden yoğunluk dağılımları incelenebilir. Bu amaçla, tez çalışmamızda, ^{32}S çekirdeğinin on bir farklı hedef çekirdek ile çeşitli gelme enerjilerinde elastik saçılma açısal dağılımları eş zamanlı olarak incelenmiştir. Optik model potansiyelin reel kısmı ^{32}S çekirdeğinin Ngo, SP, 2pF, G1, G2, S, 3pF ve HFB gibi sekiz farklı yoğunluk dağılımı üzerinden double folding model kullanılarak elde edilmiştir. Buna karşın sanal potansiyel Woods-Saxon tipinde seçilmiştir.

Tez çalışmamız iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamasında ^{32}S çekirdeğinin ^{12}C , ^{27}Al , ^{40}Ca , ^{48}Ca , ^{48}Ti , ^{58}Ni , ^{63}Cu , ^{64}Ni , ^{76}Ge , ^{96}Mo ve ^{100}Mo hedef çekirdeklerinden elastik saçılma tesir kesitleri çeşitli gelme enerjilerinde hesaplanmıştır. Bu kapsamda elde edilen sonuçlar hem birbirleriyle hem de deneysel datayla karşılaştırılmış. Dahası bu sonuçları elde etmede kullanılan potansiyel parametreleri belirlenmiş ve son halleri her bir reaksiyon ve yoğunluk dağılımı için tablolar halinde verilmiştir. Tüm sonuçlardan $^{32}\text{S} + ^{12}\text{C}$ reaksiyonu için 3pF yoğunluğu, $^{32}\text{S} + ^{27}\text{Al}$ reaksiyonu için SP yoğunluğunun, $^{32}\text{S} + ^{40}\text{Ca}$ reaksiyonu için Ngo yoğunluğu, $^{32}\text{S} + ^{48}\text{Ca}$ reaksiyonu için SP yoğunluğu ve $^{32}\text{S} + ^{48}\text{Ti}$ reaksiyonu için HFB yoğunluğu, $^{32}\text{S} + ^{58}\text{Ni}$ reaksiyonu için SP yoğunluğu, $^{32}\text{S} + ^{63}\text{Cu}$ reaksiyonu için Ngo ve G1 yoğunlukları, $^{32}\text{S} + ^{64}\text{Ni}$ reaksiyonu için 2pF yoğunluğu, $^{32}\text{S} + ^{76}\text{Ge}$ reaksiyonu için 2pF yoğunluğu, $^{32}\text{S} + ^{96}\text{Mo}$ reaksiyonu için 2pF yoğunluğu ve $^{32}\text{S} + ^{100}\text{Mo}$ reaksiyonu için SP yoğunluk dağılımlarının diğer yoğunluk dağılımlarından biraz daha iyi olduğu görülmüştür. Böylece hafif çekirdeklerde; 3pF SP, Ngo ve HFB yoğunluk dağılımları öne çıkarken orta ağır çekirdeklerde; SP, Ngo, G1 ve 2pF yoğunlukları ve ağır çekirdeklerde; SP ve 2pF yoğunluk dağılımları ön plana çıkmaktadır.

İkinci aşamada ise ^{32}S çekirdeğinin ^{12}C , ^{27}Al , ^{40}Ca , ^{48}Ca , ^{48}Ti , ^{58}Ni , ^{63}Cu , ^{64}Ni , ^{76}Ge , ^{96}Mo ve ^{100}Mo hedef çekirdeklerinden elastik saçılma tesir kesitlerini hesaplamada kullanılan sanal potansiyel parametreleri yardımıyla her bir yoğunluk dağılımı için sanal potansiyel derinliklerini veren genel eşitlikler elde edilmiştir. Bu eşitlikler gelen çekirdeğin gelme enerjisine, hedef çekirdeğin atom sayısına ve kütle numarasına bağlı olarak değişmektedir. Böylece bu eşitlikler, ^{32}S çekirdeğinin hem farklı hedef çekirdeklerle hem de farklı gelme enerjilerinde elastik saçılma, inelastik saçılma, transfer reaksiyonları gibi reaksiyonlarının analizinde yararlı olacaktır.

Sonuç olarak bu tez çalışmasıyla elde edilen sonuçlar ^{32}S çekirdeğinin farklı hedef çekirdekleriyle elastik saçılma tesir kesitlerinin kapsamlı bir teorik analizini göstermektedir.

5. KAYNAKLAR

- Agnoli S, Massa I, Vannini G, Boccaccio P, Reffo F, Vannucci L, Iori I, Ricci RA, 1987. Intermediate Mechanisms in Fission-like Fragmentation in the $^{32}\text{S} + ^{59}\text{Co}$ and $^{32}\text{S} + ^{63}\text{Cu}$ Reactions. Nuclear Physics A 464: 103-124.
- Alkhozov GD, Bauer T, Bertini R, Bimbot L, Bing O, Boudard A, Bruge G, Catz H, Chaumeaux A, Couvert P, Fontaine M, Hibou F, Igo GJ, Lugol JC ve Matoba M, 1977. Elastic and İnelastic Scattering of 1.37 GeV α -Particles From $^{40, 42, 44, 48}\text{Ca}$. Nuclear Physics A 280: 365.
- Arena N, Cavallaro S, Sambataro S, Feminò S, Porto F, Anzalone A, Figuera P, 1988. Reaction and Fusion Cross-Sections for ^{32}S on ^{12}C at 3.4 and 4.1 MeV/nucleon. Il Nuovo Cimento 100: 6.
- Aygun M, 2011. Bazı Egzotik Çekirdek Reaksiyonlarının Mikroskopik Modellerle İncelenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Aygun M, Kocadağ O ve Şahin Y, 2015. Phenomenological and Microscopic Model Analysis of Elastic Scattering Reactions of ^{18}O by ^{24}Mg , ^{28}Si , ^{58}Ni , ^{64}Zn , ^{90}Zr , ^{120}Sn ve ^{208}Pb Target Nuclei. Revista Mexicana De Fisica 61: 414-420
- Aygun M and Aygun Z, 2019. Microscopic Aanalysis of Elastic Scattering Cross Sections for Different Densities of ^8Li Nucleus on Light, Medium and Heavy Mass Targets, Revista Mexicana de Fisica 65: 404–41.
- Aygun M, 2019. A Comprehensive Description of ^{19}F Elastic Scattering by ^{12}C , ^{16}O , ^{66}Zn , ^{159}Tb , and ^{208}Pb Target Nuclei, Brazilian Journal of Physics 49: 760–771.
- Aygun M, 2019. Analysis With Relativistic Mean-Field Dencity Distribution of Elastic Scattering Cross-Sections of Carbon Isoteps ($^{10-14,16}\text{C}$) by Varios Target Nuclei. Pramana-Journal of Physics 93: 72.
- Baeza A, Bilwes B, Bilwes R, Diaz J and Ferrero JL, 1984. Energy-Dependent Renormalization Coeffients Of Folding-Model D2escription of $^{32}\text{S} + ^{40}\text{Ca}$ Elastic Scattering. A Nuclear Physics A 419: 412-428.
- Bayrak O, 2004. Hafif-Ağır İyon Reaksiyonlarının Yeni Bir Potansiyel Yaklaşımı ile İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Chamon LC, Carlson BV, Gasques LR, Pereira D, Conti DeC, Alvarez MAG, Hüssein MS, Candido Ribeiro MA, Rossi ES, Jr ve Silva CP, 2002. Toward a Global Description of the Nucleus-Nucleus Interaction. Physical Review C 66: 014610.

- El-Azab Farid M ve Hassanain MA, 2000. Density-Independent Folding Analysis of The $^{6,7}\text{Li}$ Elastic Scatteriing at Intermediate Energies. Nuclear Physics A 678: 39.
- Garrett JD, Wegner HE, Cormier TM, Cosman ER, Qle Hansen, and Lazzarini AJ,1975. Elastic Scattering and Transfer Reactions Induced by 100 Mev ^{32}S on ^{27}Al . Physical Review C 12: 489.
- Ghods ON and Torabi F, 2015. Comparative Study of Fusion Barriers Using Skyrme Interactions and the energy density functional. Physical Review C 92: 064612.
- Guillaume G, Coffin JP, Rami F, Engelstein P, Heusch B, Wagner P, Fintz P, Barrette J, and Wegner HE, 1982. Fissionlike component in the $^{32}\text{S}+^{76}\text{Ge}$ Reaction. Physical Review C 26: 2458.
- Gupta RK, Singh D and Greiner W, 2007. Semiclassical and Microscopic Calculations of The Spin-Orbit Density Part of The Skyrme Nucleus-Nucleus Interaction Potential With Temperature Effects Included. Physical Review C 75: 024603.
- Gupta RK, Singh D, Kumar R and Greiner W, 2009. Universal Functions of Nuclear Proximity Potential For Skyrme Nucleus–Nucleus Interaction in a Semiclassical Approach. Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics 36: 075104.
- Hamoudi AK, 2012. ANJS 13: 105-113.
- Herrick DM, Wolfs FLH, Bryan DC, Freeman CG, Kurz KL, Mathews DH, Perera PAA and Zanni MT, 1995. Elastic Scattering and Quasielastic Transfer for $^{32}\text{S}+^{96,100}\text{Mo}$ at $E_{\text{Lab}} = 180$ Mev. Physical Review C 52: 744.
- <http://www-nds.iaea.org/ripl-2.html> (Eriřim Tarihi: 15.05.2020)
- <https://portal.if.usp.br/fnc/sites/portal.if.usp.br/fnc/files/GRIPE-Processos1-en.png> (Eriřim Tarihi: 15.05.2020)
- <https://www.nndc.bnl.gov/> (Eriřim Tarihi: 15.05.2020)
- <https://www.tracesciences.com/s.htm> (Eriřim Tarihi: 15.05.2020)
- Jager De CW, Vries DeH ve Vries DeC, 1974. Nuclear Charge- and Magnetization-Density-Distribution Parameters From Elastic Electron Scattering. Atomic Data and Nuclear Data Tables 14: 479.
- Karakoç M, 2005. Folding Potansiyelin Elde Edilmesi ve $^{12}\text{C} + ^{24}\text{Mg}$ Reaksiyonuna Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Kocadağ Ö, 2016. ^{18}O Çekirdek Reaksiyonlarının Optik Model Kullanılarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Krane S, 2002. Introductory Nuclear Physics 2. Çev. B ŞARER. Ankara: Palme Yayıncılık.

- Krane S, 2006. Introductory Nuclear Physics. Çev. B ŞARER. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Kürkçüoğlu ME, 2006. $^{16}\text{O} + ^{16}\text{O}$ Esnek Saçılmasının Fenomenolojik ve Mikroskopik Potansiyeller ile Optik Model Analizleri, Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Li GC, Sick I and Yearian MR, 1971. High-Momentum-Transfer Electron Scattering From ^{24}Mg , ^{27}Al , ^{28}Si , and ^{32}S . *Physical Review C* 9: 1861.
- Ngo C, Tamain B, Beiner M, Lombard RJ, Mas D, Deubler H H, 1975. Properties of Heavy Ion Interaction Potentials Calculated In The Energy Density Formalism. *Nuclear Physics A* 252: 237.
- Ngo H. and Ng Ch, 1980. Calculation Of The Real Part Of The Interaction Potential Between Two Heavy Ions In The Sudden Approximation. *Nuclear Physics A* 348: 140.
- Pacheco JC, Mau NV, 2000. Quasielastic scattering of ^{11}Li and ^{12}Be on ^{12}C . *Nuclear Physics A* 669: 135-149.
- Porto F, Sambataro S, Kusterer K, Ken L, Doukellis Pao G and Harney HL, 1981. Reaction And Fusion Cross Sections For ^{32}S On ^{27}Al And ^{48}Ti . *Nuclear Physics A* 351, 237-245.
- Satchler, GR, and Love, WG, 1979. Folding Model Potentials From Realistic Interactions For Heavy-Ion Scattering, *Physics Reports* 55: 183-254.
- Satchler GR, Nagarajan MA, Lilley JS, and Thompson LJ, 1990. Comment on "Simultaneous analyses of Elastic Scattering and Fusion Cross Sections for the $^{32}\text{S} + ^{58,64}\text{Ni}$ Systems at Energies Near The Coulomb Barrier". *Physical Review C* 41.
- Schechter H, Canto LF, 1979. Proximity Formulae For Folding Potentials. *Nucl. Phys.* 315: 470.
- Seif WM ve Mansour H, 2015. Systematics of Nucleon Density Distributions and Neutron Skin of Nuclei. *International Journal of Modern Physics E* 24: 1550083.
- Sgouros O, 2017. Elastic Scattering and Reaction Mechanisms for The System $^7\text{Be} + ^{28}\text{Si}$ At Near Barrier Energies. PhD Thesis, University of Ioannina, School of Natural Sciences, Physics Department.
- Stefanini AM, Bonamini D, Tivelli A, Montagnoli G, Fortuna G, Nagashima Y, Beghini S, Signorini C, DeRosa A, Inghima G, Sandoli M, Cardella G and Rizzo F, 1987. Strong Energy Dependence of the Optical Potential for $^{32}\text{S} + ^{58,64}\text{Ni}$ Near the Coulomb Barrier *Physical Review Letters* 59: 2852.
- Stefanini AM, Tivelli A, Montagnoli G, Napoli DR, Bonamini D, Beghini S, Scarlassara F, Soramel F, Signorini C, DeRosa A, Inghima G, Sandoli M, Cardella G, Papa M and Rizzo

F, 1990. Coupled Reaction Channels Effects in The Elastic Scattering of $^{32,36}\text{S}+^{58,64}\text{Ni}$
Physical Review C 41: 1018.

Ünak P, Sağlık Bilimlerinde Nükleer Uygulamalar X. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri
Kongresi, 6-9 Ekim 2009, 1 -26.

Zou W, Tian Y and Ma YuZ, 2008. Microscopic Optical Potential For α -Nucleus Elastic Scattering
in a Dirac-Brueckner-Hartree-Fock Approach. Physical Review C 78: 064613.



ÖZGEÇMİŞ

08.03.1990'yılında İzmir'de doğdum. İlk ve ortaokulu Ali Akatlar İlköğretim Okulun'da liseyi Karabağlar Cumhuriyet Lisesi'nde okudum. 2008 yılında kazandığım Bozok Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nden 2012 yılında mezun oldum. 2016 yılında kazanmış olduğum Bitlis Eren Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Optisyenlik Bölümünden 2018 yılında mezun oldum. 2017'de Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalında yüksek lisansa başladım.

Tuğba ULUÇAY

