



**BAZI ELEMENTLERİN (^3He , p) REAKSİYONU İLE
UYARILMA FONKSİYONLARININ HESAPLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hatice BİLGİN

Danışman
Doç. Dr. İsmail Hakkı SARPÜN

FİZİK ANABİLİM DALI

Eylül 2018

Bu tez çalışması 17.FEN.BİL.06 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BAZI ELEMENTLERİN (^3He , p) REAKSİYONU İLE
UYARILMA FONKSİYONLARININ HESAPLANMASI**

Hatice BİLGİN

Danışman
Doç. Dr. İsmail Hakkı SARPÜN

FİZİK ANABİLİM DALI

Eylül 2018

TEZ ONAY SAYFASI

Hatice BİLGİN tarafından hazırlanan “**Bazı Elementlerin ($^3\text{He,p}$) Reaksiyonu İle Uyarılma Fonksiyonlarının Hesaplanması**” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 21/09/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. İsmail Hakkı SARPÜN

İmza

Başkan

: Prof. Dr. Rıdvan ÜNAL
Uşak Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO

Üye

: Prof. Dr. Hüseyin Ali YALIM
Afyon Kocatepe Üniv., Fen-Edebiyat Fakültesi

Üye

: Doç. Dr. İsmail Hakkı SARPÜN
Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

01/09/2018


Hatice BİLGİN

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

BAZI ELEMENTLERİN (^3He , p) REAKSİYONU İLE
UYARILMA FONKSİYONLARININ HESAPLANMASI

Hatice BİLGİN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İsmail Hakkı SARPÜN

Nükleer reaksiyon tesir kesitinin hesaplanması reaksiyonun oluşma olasılığı bilmek için gereklidir. Tesir kesitinin hesaplanması bazı elementlerin hedef olarak kullanılmasının zor olduğu durumlarda kolaylık sağlamaktadır. Bu gibi durumlarda tesir kesiti hesapları farklı yollarla oluşturulan nükleer reaksiyonlar için büyük öneme sahip olup zaman ve mali açıdan büyük yarar sağlamaktadır. Reaksiyonların tesir kesitini belirlemek, nükleer reaksiyon sonucu olabilecek olayları anlamak için yapılmıştır. Benzer çalışmalar farklı elementlerle ve farklı reaksiyonlarla yapılmış olup bu çalışmadaki amaç nükleer reaksiyon tesir kesitlerini belirlemektir.

Bu tez çalışmasında, 0- 45 MeV enerji aralıklarındaki ^3He parçacıklarıyla bombardıman edilen ^{64}Zn , ^{63}Cu , ^{24}Mg ve ^{16}O hedef çekirdeklerinin uyarılma fonksiyonları TALYS 1.8 nükleer reaksiyon kodu ile hesaplanmıştır. Hesaplanan tesir kesitleri ile EXFOR kütüphanesinde bulunan deneysel tesir kesitleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre incelenen nükleer çekirdeklerde teorik ve deneysel tesir kesitleri uyumlu çıkmıştır.

2018, viii + 34 sayfa

Anahtar Kelimeler: Nükleer reaksiyonlar, Talys 1.8, Exfor, Uyarılma fonksiyonları

ABSTRACT
M.Sc. Thesis

**CALCULATION OF EXCITATION FUNCTIONS SOME ELEMENTS WITH
(³HE, P) REACTIONS**

Hatice BİLGİN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Physics

Supervisor: Assoc. Prof. İsmail Hakkı SARPÜN

The calculation of the cross-section of a nuclear reaction is necessary to know the possibility of the reaction. The calculation of the cross-section makes it easier for some elements to be used as targets. In such cases, cross-sectional calculations are of great importance for the nuclear reactions generated by different means, and are of great benefit from time to time and financially. Determining the cross-section of the reactions was made to understand the events that might be the result of nuclear reaction. Similar studies have been done with different elements and different reactions. The aim of this study is to determine the nuclear reaction cross sections.

In this thesis, excitatory functions of ⁶⁴Zn, ⁶³Cu, ²⁴Mg and ¹⁶O target nuclei bombarded with ³He particles in energy ranges of 0-45 MeV were calculated by TALYS 1.8 nuclear reaction code. The experimental cross-sections of the calculated cross sections and the EXFOR library were compared. According to the obtained results, the theoretical and experimental cross-sections of the nuclear cores examined were consistent.

2018, viii + 34 pages

Keywords: Nuclear reaction, Talsy 1.8, Exfor, Excitation functions

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması 17.FEN.BİL.06 numaralı proje ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon (BAPK) Birimi tarafından desteklenmiştir.

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. İsmail Hakkı SARPÜN, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Hüseyin Ali YALIM' a, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim. Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Hatice BİLGİN
AFYONKARAHİSAR, 2018

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
GRAFİKLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Nükleer Fizik Kullanım Alanları	3
1.2 Literatür Bilgileri	5
2. NÜKLEER REAKSİYONLAR	6
2.1 Direkt Reaksiyonlar	8
2.2 Elastik Saçılma	9
2.3 İnelastik Saçılma	10
2.4 Parçalanma Reaksiyonları	10
2.5 Transfer Reaksiyonları	11
2.6 Yakalama Reaksiyonları	11
2.7 Bileşik Çekirdek Reaksiyonları	11
2.8 Denge Öncesi Reaksiyonları	12
2.9 Tesir Kesiti	14
2.10 Diferansiyel Tesir Kesiti	16
3. MATERYAL ve METOT	18
3.1 TALYS 1.8	18

3.2 Çalışma Prensibi.....	19
3.3 Temel Giriş Kuralları	20
3.4 Ana Anahtar Kelime.....	20
3.5 TALYS Girdi Dosyası.....	21
3.6 TALYS Çıktı Dosyası	21
3.7 Kullandığımız Elementler	21
3.7.1 Bakır (Cu) Elementi	22
3.7.2 Çinko (Zn) Elementi.....	22
3.7.3 Magnezyum (Mg) Elementi	23
3.7.4 Oksijen (O) Elementi.....	23
3.8 Exfor Veri Kütüphanesi(Experimental Nuclear Reaction Data).....	23
4. BULGULAR.....	25
4.1 ⁶³ Cu Elementinin Tesir Kesiti.....	25
4.2 ⁶⁴ Zn Elementinin Tesir Kesiti.....	26
4.3 ¹⁶ O Elementinin Tesir Kesiti	27
4.4 ²⁴ Mg Elementinin Tesir Kesiti	28
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	29
6. KAYNAKLAR	31
ÖZGEÇMİŞ.....	34

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

A	Alfa
Z	Atom Numarası
B	Beta
γ	Gama
MeV	Megaelektrovolt
GeV	Gigaelektrovolt
Mb	Milibarn
Ω	Omega
σ	Sigma
^3he	Helyum3
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Mg	Magnezyum
O	Oksijen
N	Nötron
D	Döteryum
T	Tritiyum

Kısaltmalar

PET	Pozitron Emisyon Tomografi
IAEA	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
EXFOR	Exchange Format
NRDC	Nükleer Reaksiyon Veri Merkezleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil2.1 Nükleer etkileşmelerin tablo olarak gösterimi.....	8
Şekil 2.2 Nötron elastik saçılması	9
Şekil 2.3 Nötron inelastik saçılması.....	10
Şekil 2.4 Bileşik çekirdek reaksiyon örneği.....	11
Şekil 2.5 Reaksiyon zamanına göre oluşan reaksiyon çeşitleri.....	13
Şekil 2.6 Uyarılma için gelen enerji artıkça hedef çekirdek için bozunma durumu görülmemektedir.....	14
Şekil 2.7 Reaksiyon geometrisi.....	15
Şekil 2.8 Diferansiyel Reaksiyon Gösterimi.....	16
Şekil 3.1 TALYS 1.8 programı çalışma şekli.....	19

GRAFİKLER DİZİNİ

Sayfa

Grafik 4.1 $^{63}\text{Cu}(^3\text{He}, p)$ reaksiyon tesir kesitlerinin deneysel verilerle karşılaştırılması.....	25
Grafik 4.2 $^{64}\text{Zn}(^3\text{He}, p)$ reaksiyon tesir kesitlerinin deneysel verilerle karşılaştırılması.....	26
Grafik 4.3 $^{16}\text{O}(^3\text{He}, p)$ reaksiyon tesir kesitlerinin deneysel verilerle karşılaştırılması.....	27
Grafik 4.4 $^{24}\text{Mg}(^3\text{He}, p)$ reaksiyon tesir kesitlerinin deneysel verilerle karşılaştırılması.....	28

1. GİRİŞ

Günlük hayattaki fizik prensipleri 1890 yıllarında daha iyi anlaşılmaya başlanmıştır. Maddenin atomlardan oluştuğu düşünülürken fizikçiler atomların hareketini gazların kinetik teorisi gibi düşünerek açıklamak istemişlerdir. Nükleer fizik atomdan çok küçük olan atom çekirdeğinin ve atom altı parçacıklarının birbiriyle etkileşmesini inceleyen araştıran bir bilim dalıdır. Nükleer fiziğin temel kavramlarının gelişimi 19. yüzyılın sonlarından başlamış olup bu zamana kadar devam etmiş ve halen üzerinde çalışmalara devam edilmektedir. Atomu ve çekirdeği tam olarak açıklamak isteyen fizikçiler aşağıdaki keşiflerle fiziğin yeni dallarını oluşturmuşlardır;

1895 yılında Röntgen'in x-ışınlarının keşfi hemen ardından Becquerel'in radyoaktiviteyi keşfi 1896 yılında olmuştur. Bu keşiflerden sonra nükleer ile ilgili önemli gelişmeler Thomson'un elektronu keşfi 1897'de, Plank'ın temel radyasyon yasası 1900'da, Einstein'ın özel görelilik teorisi 1905'te, Rutherford'un alfa saçılma deneyi 1911'de ve Bohr atom modeli 1913 yılında olmuştur. Bunlardan sonra atom ve çekirdeği hakkında önemli teori ve bulgular ortaya atılmış, atomların farklı yapıları ve özellikleri olduğu anlaşılmıştır ve atom çekirdeğinin derinlemesine incelenmeye başlanmıştır (Martin 2013).

Thomson ve Chadwick keşifleri arasında “proton” olarak isimlendirdiğimiz, çekirdeğin pozitif yüklü parçacıklarında olduğunu fark etti. Bu keşif süreci kademeli olarak ilerliyordu o yüzden protonu keşfeden tam olarak bir fizikçi keşfetti denilemezdi. Ancak Rutherford'un atom çekirdeği keşfetmesi, negatif elektronları dengeleyecek pozitif yüklerin varlığını gösterdi. 1919 yılında Rutherford ve başka fizikçiler, bir atomu başka bir atoma dönüştürmek için bir sürü deney yaptı. 1919'da Rutherford, bir elementi enerjik alfa partikülleri (helyum çekirdeği) ile çarpıştırarak bir elementi başka bir elemente dönüştürebileceğini keşfetti. 1920 yılının sonlarına doğru fizikçiler, hidrojen çekirdeklerini “protonlar” olarak isimlendiriliyordu. Proton ismi, Rutherford tarafından ortaya atıldı ve ilk olarak 1920'de bilimsel makalelerde yayınlanarak kanıtlanmış oldu (İnt. Kyn. 1).

Rutherford bir elemente alfa parçacığı çarptırılarak onun başka bir elemente dönüşebileceğini yaptığı deneylerle kanıtladı. Bu deney sonunda ilk nükleer reaksiyon ortaya çıkmış oldu. Böylece bir elemente alfa parçacığının etkisi ile yeni element üretilmiş oldu. İlk nükleer reaksiyonun keşfedilmesi nükleer fizik alanında yeni gelişmelerin habercisiydi.

1920 yılında Rutherford nötronun varlığını düşünmüştü. 1920'ler boyunca fizikçiler proton ve elektronlardan oluşan atom çekirdek modelini kabul etmişlerdi. Ancak bu model yanlış bir modeldi. 1932 yılına gelindiğinde Chadwick Cambridge Üniversitesi'nde bir sürü deney yaptı. Bu deneylerin sonucunda çekirdek üzerinde bilinmeyen radyasyonu gördü. Bu radyasyon yaklaşık olarak protona kütlesinde ve yüksüz olabileceğini düşündü. Bunun doğruluğunu onayladı ve bu yüksüz parçacıkları nötron olarak isimlendirdi. Chadwick'in bu keşfi ile bilim dünyası atom çekirdeğini nötron ve protonlardan oluştuğunu kabul etmiştir (İnt. Kyn. 1).

X-ışınlarının bulunması radyoaktivite keşfine götürmüş Fransız bilimci Becquerel'in, uranyum tuzunun yayımladığı parçacıkların karanlıkta fotografik bir levhada çizdiği karalamaları gözlemlemesi ile ortaya çıkmıştır. Marie Curie de uranyumun yaydığı ışınlar üzerine çalışmalarıyla sonradan radyoaktivite kavramını ortaya atmıştır (İnt. Kyn. 1).

1.1 Nükleer Fizik Kullanım Alanları

Nükleer fizik, genel tanımıyla atomun içinde yer alan parçacıkları ve birbirleri ile yaptıkları etkileşimleri inceler. Bu sebepten genel olarak nükleer fiziği, çekirdeğin özellikleri bozunma reaksiyonları, nükleer reaksiyonlar olarak iki ana kısımda inceleriz. Nükleer fizik bilimde ve teknolojik alanda kullanılan katkısı önemsizmeyecek kadar çok olup gündelik hayatta da birçok alanda yararlanılır. Bu alanları tek tek inceleyecek olursak bazıları aşağıdaki gibidir:

Tıp: hastalıkları teşhis ve tedavi amacı ile kullanılır. Nükleer fizik sayesinde bulunup kullanılan ışınlar vücutta ki hastalıklı dokular, kemikler ve organlar teşhis edilmekte ve nasıl tedavi edileceği bulunmaktadır. Nükleer teknoloji yaygın olarak röntgen cihazı olarak hastanelerde kullanılır. Dünyada yılda on milyara yakın röntgen çekilir ve bu sayede kırıkların teşhisinde fayda sağlanır. Üniversite ve araştırma laboratuvarlarında üretilen radyoizotoplar kanser tedavisinde kullanılır. Bu çekirdekler sayesinde kanserli hücrelere radyasyon verilir ve kanserli hücrelerin yok edilmesiyle birlikte yayılması önlenir.

Endüstri: özellikle tarımda kullanılan borular, başka amaçla kullanılıyor olup endüstride büyük yer alan boru ya da metal dökme kalıpları içinde olan çatlak ve yarıkların araştırılıp bulunması için bu alanda fayda sağlar. Nükleer teknoloji sayesinde hastalıklara karşı dayanıklı bitki türleri geliştirilmesinde kullanılır. Bu sayede çekirdekler radyasyona maruz bırakılarak bazı bitki türlerinin hastalıklara karşı dayanıklılığı ve olumsuz hava şartlarına uyum sağlaması sağlanır. Ayrıca gübrelerin bilinçsiz kullanımı doğaya ve çevreye büyük zarar vermektedir. Nükleer teknoloji sayesinde suni gübrelerin hangi bitkiye gittiği hani bölgelerde toplandığı kolaylıkla izlenebilir. Bir diğer kullanımı ise tarımda kullanılan tohumlarında uzun süre saklanması sağlanır. Bunun dışında askeri araçların ısı enerjisi yardımıyla türbin ve motorların çevrilmesi bu sayede daha hızlı hareket etmesi sağlanır (İnt. Kyn. 2).

Temel bilimler: Biyoloji alanında, radyografi alanında ve biyomoleküllerin yapısının incelenmesinde kullanılır. Kimyada; kimyasal analiz için büyük öneme sahiptir. Yer bilimciler için büyük önem taşıyan tarihi eserlerin yaşlarının tayin edilmesinde nükleer teknolojiden faydalanılır. Fizikte katıların elektron yapısının incelenmesinde ve bilimsel olarak hemen hemen her alanda aslında nükleer fizik kullanılır.

Uzay çalışmaları: uzaya gönderilen insansız uzay gemilerine enerji ihtiyacı için nükleer teknolojiden yararlanılır. Uzay gemilerine elektrik sağlamak için küçük nükleer reaktörler kullanılmaktadır. Ayrıca astronotların uzaya giderken yanına aldıkları yiyeceklerin uzun süre bozulmadan dayanması için nükleer teknoloji kullanılır. Nükleer teknoloji ile ısıtım yoluyla yiyeceklerin mikropları ve bakterileri öldürülür. Bu sayede astronotlar uzayda uzun süre kalabilmektedirler.

Elektrik üretimi: nükleer teknolojinin en iyi bilinen kullanım alanıdır. Elektrik enerjisi nükleer santrallerde üretilir. Uranyum yakıt olarak kullanılarak elektrik enerjisi üretimi sağlanır. Günümüzde de birçok ülke elektrik ihtiyacını karşılamak için nükleer santralleri kullanmaktadır (İnt. Kyn. 2).

1.2 LİTERATÜR BİLGİLERİ

Bu kısımda tez çalışması ile ilgili tesir kesitleriyle nükleer reaksiyonlarının oluşma olasılıkları ve daha önce yapılmış olan hesaplamaların ve deneylerin detayları verilmiştir.

Özdoğan ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada; ^{27}Al , ^{54}Fe , ^{58}Ni ve ^{90}Zr gibi füzyon reaktörü yapı malzemeleri için 10–30 MeV enerji aralığında oluşturulan (γ, p) reaksiyonlarının denge ve denge öncesi nükleer reaksiyon modelleri kullanılarak, proton üretim tesir kesitleri incelenmiştir. Denge–öncesi hesaplamalar için; Talys 1.6 programı kullanılmıştır. Bu çalışmayla tesir kesitleri deneysel değerlerle karşılaştırılmıştır (Özdoğan vd. 2014).

Cage ve arkadaşları tarafından yapılan teorik çalışmada; 5 MeV-175° açısal aralıkta $^{58,60,62,64}\text{Ni}$, $^{63,65}\text{Cu}$ ve $^{64,66,68}\text{Zn}$ hedeflerinden 33 MeV ^3He parçacıklarının elastik saçılması için diferansiyel kesitler ölçülmüştür. Veriler gerçek potansiyeldeki belirsizliklerin, potansiyelin biçiminin ve bir spin-yörünge teriminin kullanılması üzerine özel bir vurgu yapılarak optik model ile analiz edilmiştir (Cage *et al.* 1971).

Bilgin tarafından yapılan çalışmada; farklı elementlerden ^{46}Ti , ^{45}Sc ve ^{51}V 'de 50 MeV'a kadar alfa parçacıkları tarafından indüklenen nükleer reaksiyonların uyarma fonksiyonları incelenmiştir. (a,n) reaksiyonların toplam kesitleri TALYS 1.8 nükleer reaksiyon koduyla ^{46}Ti , ^{45}Sc , ^{51}V hedef elementler üzerinde teorik olarak hesaplandı ve EXFOR Nükleer Veri Kitaplığı'ndaki mevcut deneysel değerlerle karşılaştırılmıştır (Bilgin 2018).

Taşdöven tarafından yapılan çalışmada; Fotonötron reaksiyon kesitlerinin Osmium izotopları (Os-186, Os-188, Os-189, Os-190, Os-192) için teorik olarak değerlendirilmesi, farklı foton enerji aralığında incelenmiştir. Fotonötron kesitlerini hesaplamak için TALYS 1.8 kullanılmıştır. Sonuçlar, EXFOR nükleer reaksiyon veri kütüphanesinde bulunan literatürdeki deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Taşdöven 2017).

2. NÜKLEER REAKSİYONLAR

Nükleer reaksiyon en basit tanımı ile iki atom çekirdeğinin veya bir atom çekirdeğiyle atom dışından bir atom altı parçacığın çarpışarak bir veya daha fazla yeni çekirdeğe dönüşmesidir (Arya 1999). Bu reaksiyonlarda atom altı parçacıklar proton nötron elektron olabilir. Çekirdeğin yakınına ulaşan parçacık ve çekirdek arasında kuvvet çekici kuvvettir. Gelen parçacık yakalandıktan sonra çekirdek gama ışını veya gelen parçacıktan farklı parçacıklar yayınlanabilir. Bu bir nükleer reaksiyon olarak bilinmektedir. Bu reaksiyonda çekirdek parçacık veya gama ışını yayınladıktan sonra kararlı ya da kararsız olabilir. Bombardıman sonucu oluşan çekirdek hedef çekirdekten farklıdır. Her nükleer reaksiyon için kimyasal reaksiyon da yazdığımız gibi bir eşitlik yazabiliriz. Nükleer reaksiyon eşitliği şu şekilde yazılabilir:

$$a + X \rightarrow b + Y$$

a : Gelen parçacık

X : Hedef çekirdek

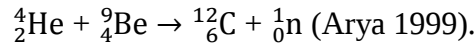
b : Çıkan parçacık

Y : Ürün çekirdek

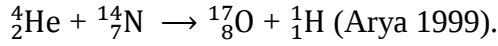
Burada bu yazdığımız eşitliği şu şekilde açıklayabiliriz. X hedef çekirdeğine bir a parçacığı çarptığında Y geri tepen çekirdek ve bir b parçacığı meydana gelir. Bu reaksiyonlarda birden fazla parçacıklar salınabilir. Kısaca $X(a,b)Y$ şeklinde yazılabilir.

Nükleer reaksiyona örnek:

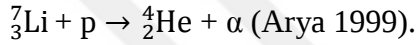
α parçacıklarının berilyum ${}^9_4\text{Be}$ hedefine çarptırıldığında yeni çekirdek ${}^{12}_6\text{C}$ oluşmuş ve nötron salınımı gerçekleşmiştir. Denklem şeklinde yazacak olursak;



Nükleer fizikte önemli gelişmelere katkı sağlayan ilk nükleer reaksiyon ise 1919'da Rutherford tarafından gerçekleştirildi. Bir azot hedefine α parçacıkları ile bombardıman edilerek gerçekleştirildi.

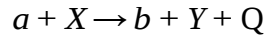


Nükleer reaksiyonlar Rutherford deneyinde ki gibi radyoaktif elementlerin yayınladığı parçacıklarla başlatılacağı gibi lineer hızlandırıcılar, siklotronlar, nükleer reaktörler veya makine tarafından üretilen yüksek enerjili parçacıklar ile de başlatılabilir. Hızlandırılmış parçacıkların kullanıldığı ilk nükleer reaksiyon 1930'da Cockcroft ve Walton tarafından gerçekleştirildi. Bu reaksiyon aşağıdaki gibi yazılır;



Hızlandırılmış protonlar tarafından lityum çekirdeği hedefe çarpar ve reaksiyon sonucunda iki α parçacığı oluşur. Yani bunlar bir α parçacığı ve geri tepen helyum çekirdeğidir.

Nükleer reaksiyonların gerçekleşmesi için mermi parçacıkların Coulomb engelini aşması gerekir. Bunun için gelen parçacık lineer hızlandırıcılarla hızlandırılır veya nükleer reaktörlerde yüksek enerjili ışınlar kullanılabilir. Nükleer reaksiyonlar,



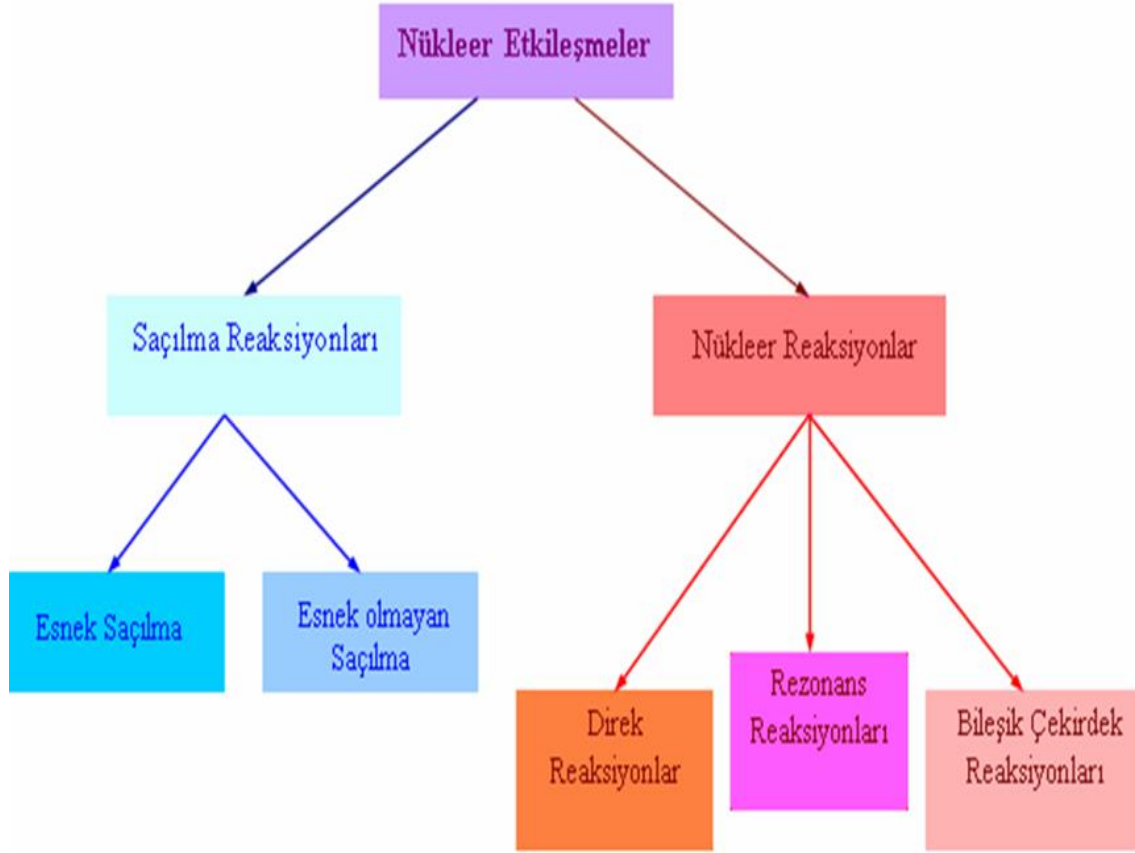
şeklinde ifade edilirler veya daha kısa gösterimle $X(a, b)Y$ şeklinde gösterilirler. Burada a hızlandırılan parçacık, X hedef çekirdek, Y hedefte duran, b çıkan parçacık ve Q reaksiyon sırasında açığa çıkan enerji veya reaksiyonun gerçekleşmesi için gerekli olan enerjidir. Genel olarak a ve b hafif çekirdekler olabilir. Reaksiyon Q değeri:

$$Q = E_f - E_i = (m_X + m_b)c^2 - (m_Y + m_a)c^2$$

şeklinde verilir (Arya 1999).

Nükleer reaksiyonlar yönetildiği mekanizmaya göre 3'e ayrılır bunlar; bileşik çekirdek reaksiyonları, direkt reaksiyonlar ve denge öncesi reaksiyonları olarak ayırabiliriz (Arya 1999).

Nükleer reaksiyon olayında parçacıklar çekirdek içine girdiğinde çeşitli olaylar olabilir. Bunları aşağıdaki şekildeki gibi sınıflandırabiliriz.



Şekil 2.1 Nükleer etkileşmelerin tablo olarak gösterimi (Aydın 1997).

2.1 Direkt Reaksiyonlar

Bu reaksiyonda gelen parçacık çekirdek yüzeyinde etkileşir. Gelen parçacık enerjisi arttıkça parçacığın dalga boyu küçülür. Kısaca direkt reaksiyonların özellikleri aşağıdaki gibidir:

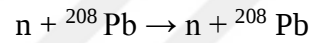
- Direkt reaksiyonların meydana gelmeleri için yüksek enerjilere ihtiyaç vardır ve reaksiyonun oluşması (10^{-22} sn) kısa sürede olur.
- Reaksiyon esnasında mermi ve hedef çekirdek temas ederek şiddetli bir etkileşim gerçekleştirirler.
- Bu etkileşim çoğunlukla yüzeyde olur ve değerlik nükleonların aralarında meydana gelir.

- Direkt reaksiyonlarda çıkan parçacıkların açısal dağılımı keskin pikler oluşturmaktadır.

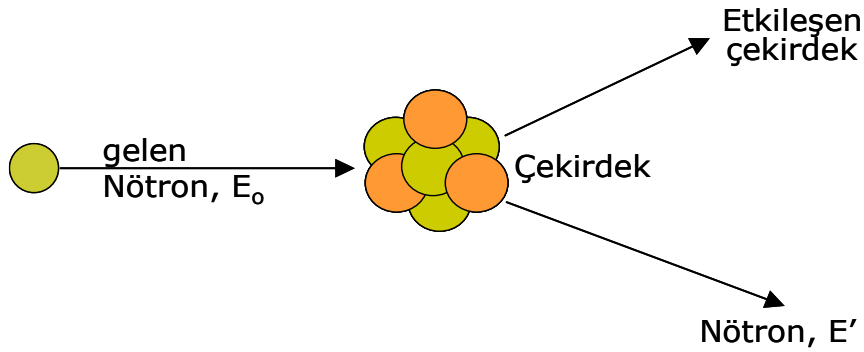
Mermi parçacığın enerjisine bağlı olarak reaksiyonun bileşik çekirdek reaksiyonu mu yoksa direk reaksiyon mu olacağı belirlenir. 1 MeV enerjiyle gelen nükleonun dalga boyu büyüktür 4fm' dir ve bu sebepten tek nükleonlar görülemez. Bu durumdan dolayı bileşik çekirdek meydana gelebilmesi muhtemeldir. 20 MeV'lik bir nükleonun dalga boyu 1fm olduğundan direkt reaksiyonlar oluşması gerekir. Direkt reaksiyonlar bu dalga boyunda oluşması muhtemeldir. Enerjilere bağlı olarak birçok etkileşme meydana gelir (Krane 2002).

2.2 Elastik saçılma

Bu reaksiyon türünde giren ve çıkan parçacıklar eşittir. $(a + X) = (Y + b)$ eşitliği düşünülebilir. Aynı zamanda $X = Y$ ve $a = b$ şeklinde olup kinetik enerji $Q = 0$ dır. Diğer bir anlamda, çekirdeklerde bir değişme olmamıştır. Bu saçılmada gelen parçacık doğrultusunda saparak ayrılabilir. Örnek verecek olursak,



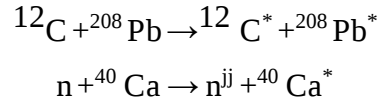
reaksiyonu bir elastik saçılmadır.



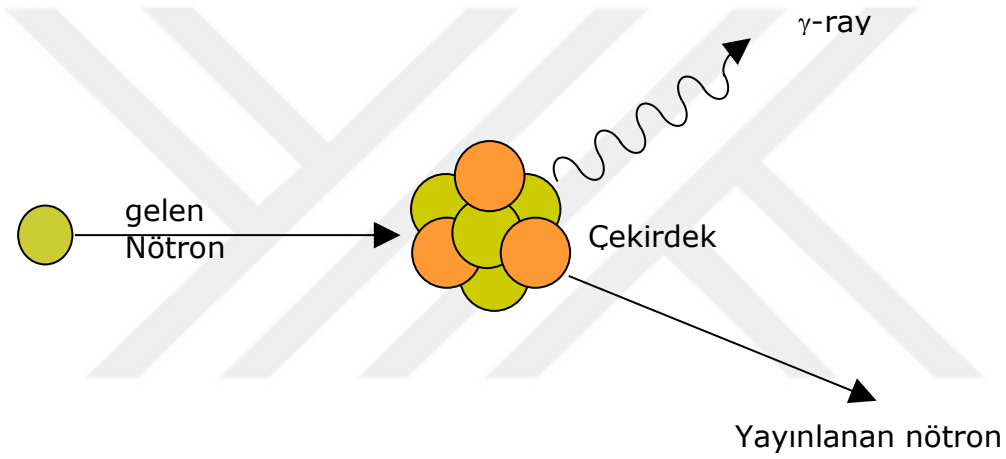
Şekil 2.2 Nötron elastik saçılması (Yalçın 2015).

2.3 İnelastik saçılma

Eğer gelen parçacık Coulomb engelini aşacak kadar enerjiye sahipse çekirdek uyarılır. A (hedef , çekirdeğimiz) veya hem A hem de a (mermi çekirdeğimiz) uyarılabilir. Yani bu şekilde A (a, a) A* uyarılma durumu olur veya A (a, a*) şeklinde olur. Gelen parçacığın enerjisinde ki değişimin bir kısmı hedef çekirdeğin uyarılan kısma geçmiş olur. İnelastik saçılma olayına örnek verecek olursak;



inelastik saçılmaya örnektir.



Şekil 2.3 Nötron inelastik saçılması (Yalçın 2015).

2.4 Parçalanma Reaksiyonları

Eğer mermi çekirdek karışık yapıda ve büyük bir çekirdekse, reaksiyon esnasında ikiye veya daha fazla parça şeklinde ayrılmış olur. Bu durumda A(a;xy)A veya mermi hedefi çekirdeği uyardığında A(a;xy)A* şeklinde yazılabilir.

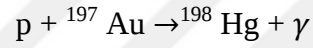
Burada bulunan mermi çekirdek $a = x + y$ seklindedir ve iki parçaya ayrılmıştır.

2.5 Transfer reaksiyonları

Bu reaksiyonlarda mermi çekirdekten hedefe veya tam tersi olacak şekilde nükleon transferi olmuş olur. Örneğin $A(d,p)B$ reaksiyonunda döterondan bir nükleon hedefe aktarılmıştır. Bir veya iki nükleon mermi ile hedef arasında transfer edilmiş olur. örneğin gelen bir döteron, giden bir nötron veya protona dönüşebilir. Bir diğer örnek $A(p,d)B$ reaksiyonunda mermi nükleon hedeften bir nükleon kopararak döteron oluşturur.

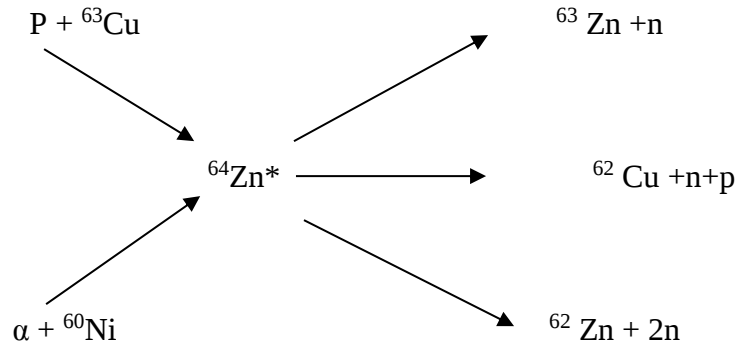
2.6 Yakalama Reaksiyonları

Bu reaksiyon türünde mermi çekirdek hedefe birleşerek uyarılmış olarak yeni bir çekirdek oluşturur. Oluşan çekirdek kararlı hale gelebilmek için fazla enerjisini γ ışınları olarak yayar (Krane 2002). Örnek olarak,



reaksiyonu verilebilir (Yeğin 2016).

2.7 Bileşik Çekirdek Reaksiyonları



${}^{64}\text{Zn}^*$ bileşik çekirdeği gösterir.

Şekil 2.4 Bileşik çekirdek reaksiyon örneği

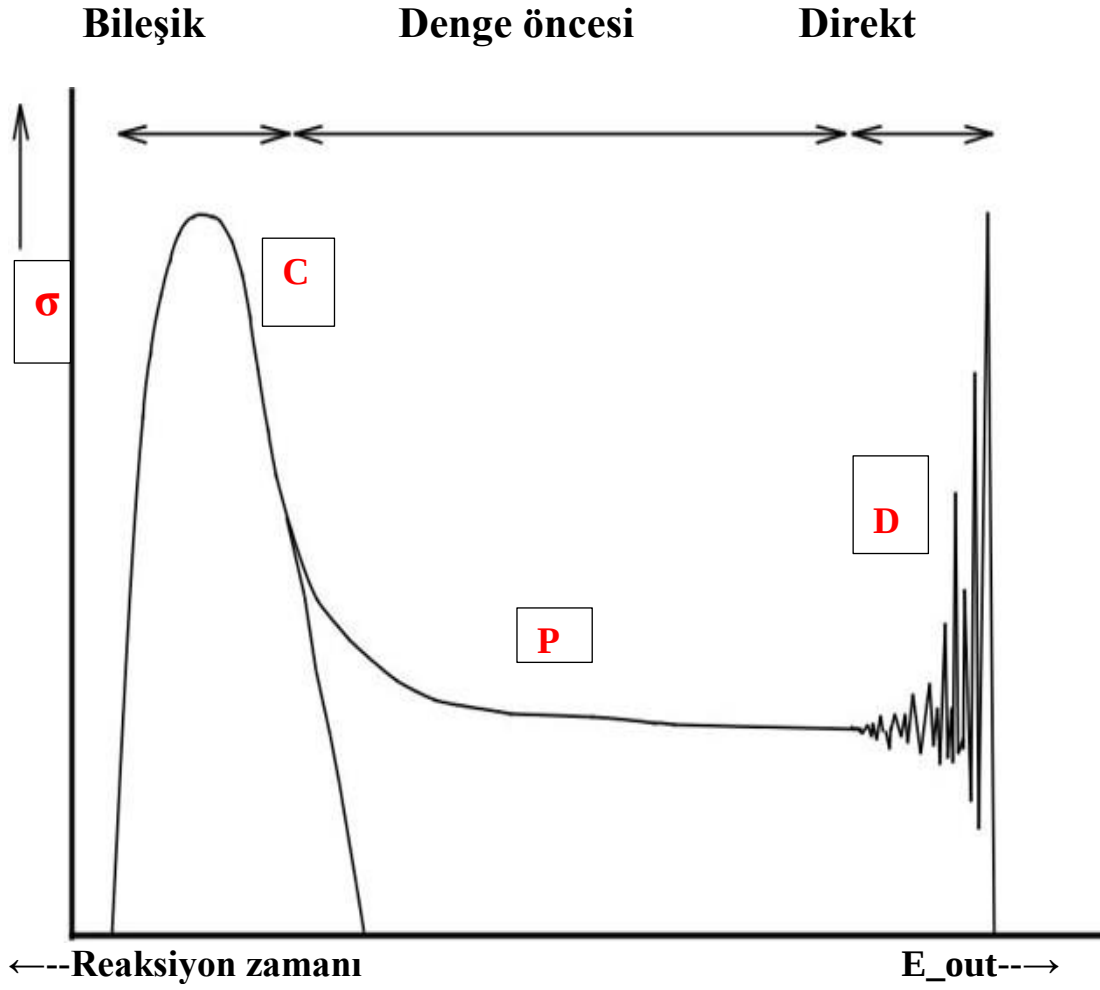
Bu reaksiyon türünde, $a + A \rightarrow C^* \rightarrow B^* + b$ reaksiyonu şeklindedir ve C^* ara durumuna sahiptir buna bileşik çekirdek denir. Bileşik çekirdek reaksiyonları 10^{-22} sn' den daha hızlı şekilde meydana gelirler. Bileşik çekirdek reaksiyonları (10-20 MeV) olan enerji aralığında meydana gelirler. Tesir kesitleri direkt reaksiyonlardan farklıdır, tesir kesitleri çok büyüktür ve nükleonlar arası etkileşimleri rastgele olup gelen parçacığın yönüne de bağlıdır.

Bileşik çekirdek reaksiyonuna göre, bileşik çekirdeğin belli bir son ürünler kümesine bozunması olasılığı, bileşik çekirdeğin nasıl oluştuğundan bağımsızdır. Bozunma durumu verilen enerjiye göre değişir. Bileşik çekirdek nasıl meydana geldiğinin unuttur ve öncelikle bilinen kurallara göre bozunması beklenir (Krane 2002).

2.8 Denge Öncesi Reaksiyonları

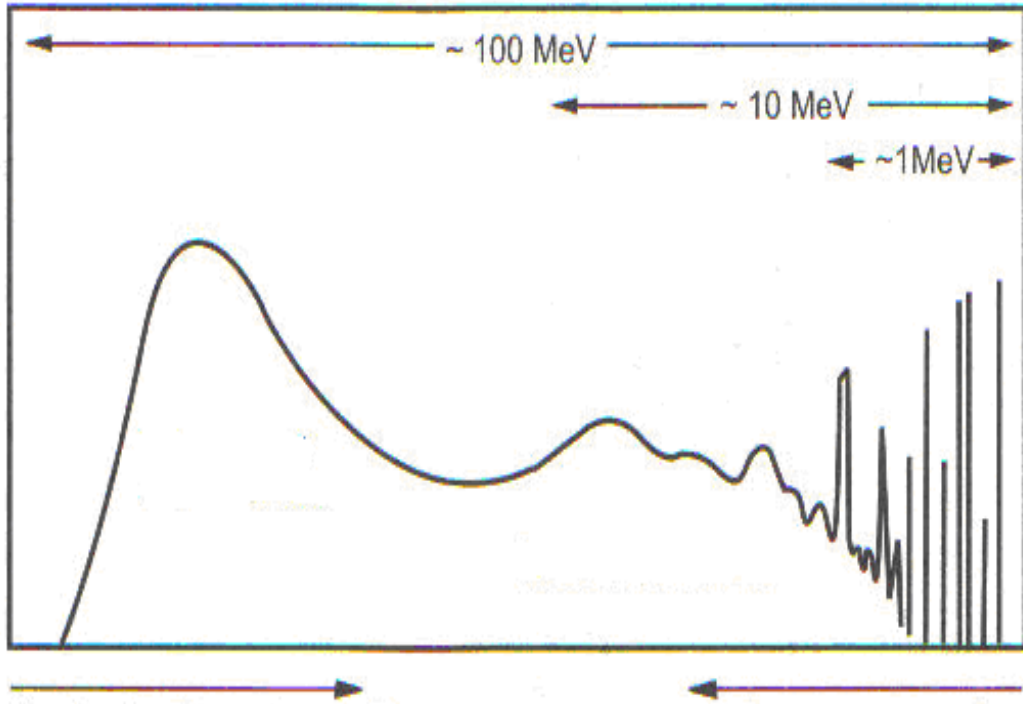
Son yıllarda yapılan deneyler elde edilen sonuçlara göre direkt ve bileşik çekirdek reaksiyonlarından farklı üçüncü bir nükleer reaksiyon türü ortaya çıkmıştır. Bu reaksiyon türüne denge öncesi (pre equilibrium) reaksiyonlar denir. Bu tür reaksiyonlar direkt reaksiyonlarla bileşik çekirdek reaksiyonları arasında kalan reaksiyonlardır.

Yalnızca belli enerji değerlerinde denge öncesi reaksiyonları mümkün olabilir. Yani her enerji değerinde denge öncesi reaksiyonu olması muhtemel değildir. Bu tür reaksiyonlar hızlı reaksiyonlardır ve reaksiyon süresi çok önemlidir. Gelen parçacıklar hedef çekirdek ile çarpışarak bileşik çekirdek oluşturma esnasında, bileşik sistemin dengeye ulaşması için geçen sürede yayınlanırlar (Krane 2002).



Şekil 2.5 Reaksiyon zamanına göre oluşan reaksiyon çeşitleri (Koning *et al.* 2017).

Şekilden de anlaşıldığı gibi reaksiyon zamanına bağlı farklı reaksiyon çeşitleri oluşabilmektedir. Aynı zamanda tesir kesitine bağlıda reaksiyon çeşitleri oluşabilmektedir.



Şekil 2.6 Uyarılma için gelen enerji artıkça hedef çekirdek için bozunma durumu görülmektedir (Koning *et al.* 2017).

2.9 Tesir Kesiti

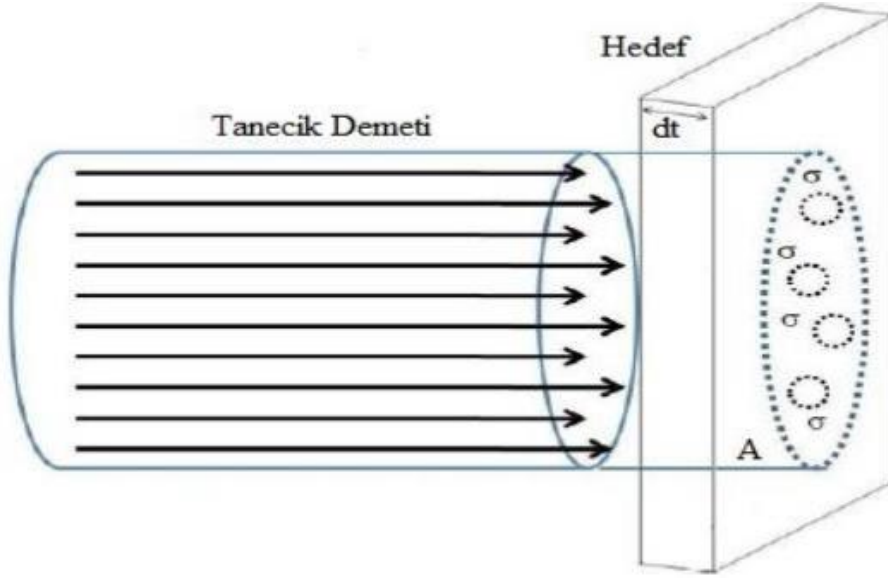
Tesir kesiti diğer adı **uyarılma fonksiyonu** olarak da bilinir. Bir nükleer çarpışmanın farklı son durumlarının her biri; kendine özgü olma olasılığına veya tesir kesitine sahiptir. Uyarılma fonksiyonu olarak da bilinen tesir kesitini kısaca anlatırsak reaksiyon oluşma olasılığının bir ölçüsüdür. Yani mermi parçacık ile hedef çekirdek etkileşmesinde ortaya çıkan sonuca bakarak çekirdek reaksiyonun oluşturulma olasılığı bize o reaksiyonun tesir kesiti verir. Birimi barn olarak geçmektedir. $1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2$ eşittir. Nükleer reaksiyon tesir kesiti hesaplamasını bulmak için; ince bir parça materyal içerisinde geçen yüksek enerjili parçacık demeti ile geçemeyen parçacıkları gözlemleyebiliriz. Bu yüksek enerjili parçacıklar ince bir elektron bulutu içerisinde geçecektir ancak bu parçacıklar eğer ağır bir çekirdeğe çarparsa durdurulacak veya sapıtılacaktır (Krane 2002).

Yani bir parçacık bu alanla karşılaşınca etkileşme olduğunda bir tesir kesite sahip olacaktır. Eğer birim hacimde n tane hedef çekirdek, A yüzeyine ve dt kalınlığına sahip ince bir levha varsa bu levhadaki hedef parçacıkların toplam etkin alanı şu şekildedir:

ndt :birim yüzey başına düşen çekirdek sayısı olarak ifade edilir.

$Andt$: A alanındaki toplam çekirdek sayısı olarak ifade edilir.

σ : hedefteki her bir çekirdeğin alanı olarak ifade edilirse;



Şekil 2.7 Reaksiyon geometrisi (Yılmaz 1998).

Nükleer reaksiyon için mümkün olan toplam etkin alan;

$$An\sigma dt = \text{toplam etkin alan}$$

olur.

Hedef çekirdeklerin mermi parçacığıyla yapacak oldukları ara etkileşmeleri hesaplayacak olursak, çarpışma ve yutulma etkileşmesi için σ ifadesi σ_s ve σ_a ifade edilirse birbirinden bağımsız olayların olasılıkları çekirdeğin toplam tesir kesitini (σ_t) verir.

$$\sigma_t = \sigma_s + \sigma_a$$

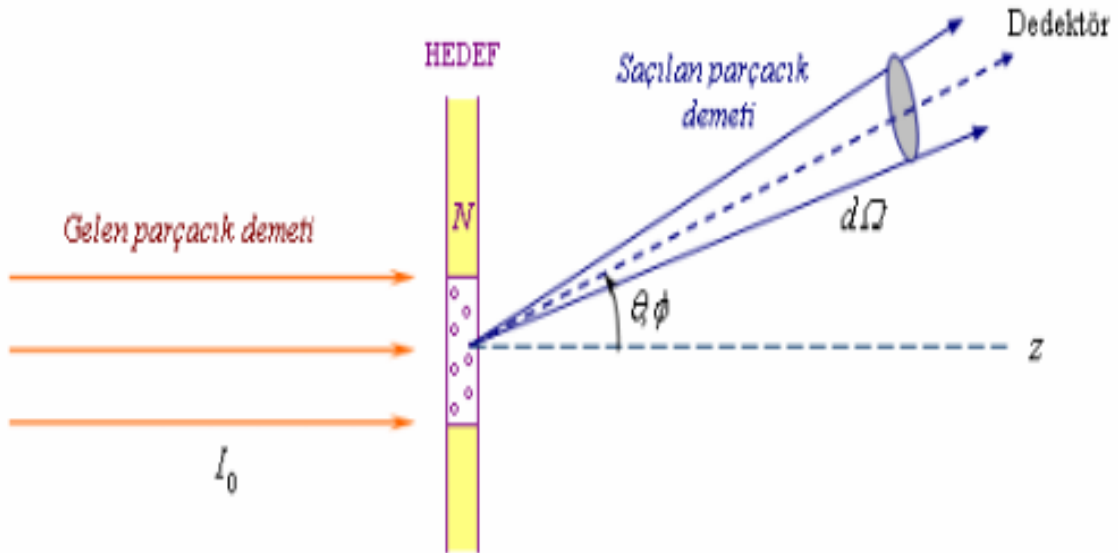
Saçılmalar, elastik ve inelastik saçılmaları, yutulma reaksiyonu (capture) ve parçalanma reaksiyonu da σ_s ve σ_a kapsar. Dolayısıyla formül şu şekilde;

$$\sigma_s = \sigma_{\text{elastik}} + \sigma_{\text{inelastik}} \quad \sigma_a = \sigma_c + \sigma_p$$

yazılabilir (Yılmaz 1998).

2.10 Diferansiyel Tesir Kesiti

Diferansiyel tesir kesiti değişik açılarda hedeften saçılan veya yayınlanan parçacığı ifade eder. Birden fazla çekirdek etkileşmesi olursa her tür için tesir kesiti farklı olacaktır. Çekirdek etkileşmesi yada saçılma oluşuktan sonra dışarı gönderilen parçacıklar farklı dağılım gösterir ve aynı zamanda farklı açılarda farklı enerjilere sahip olurlar. Dedektörler $d\Omega$ açısında yer bulurlar ve bu sebeple çıkan parçacıkların tümünü göremezler. Bu nedenle bu parçacıkların küçük bir kısmı sayılırlar ve tesir kesitinin küçük $d\sigma$ kesri bulunmuş olur. Aşağıdaki reaksiyon geometride gösterildiği gibi $d\Omega$ açısında saçılan demeti gösteren reaksiyondur (Yılmaz 1998).



Şekil 2.8 Diferansiyel Reaksiyon Gösterimi (Tamkaş 2013).

θ (ışının geliş doğrultusuyla yaptığı açı), $d\Omega$ (dedektörün katı açısı) olmak üzere; açığa bağlı başka tür tesir kesiti tanımlanır. Bu yeni tesir kesitine **diferansiyel tesir kesiti** denir. Birim katı açısına düşen tesir kesiti olarak da tanımlanır. Bunu şekilde ki gibi $\sigma (\theta, \phi)$ ile gösteririz.

$$\sigma (\theta, \phi) = \frac{d\sigma}{d\Omega} \text{ (Tesir- kesiti / Steradyan)}$$

Buradan toplam tesir kesiti :

$$\sigma_T = \int_{\Omega} \frac{d\sigma}{d\Omega} \cdot d\Omega$$

olur (Tamkaş 2013).

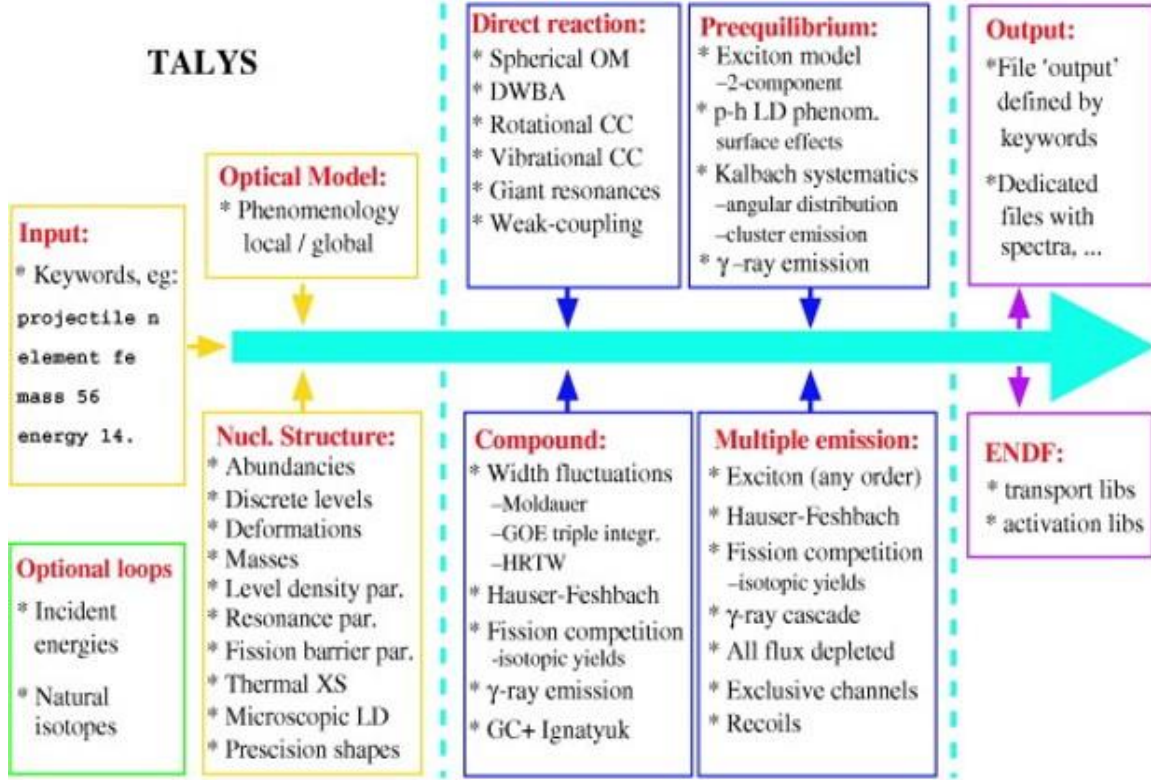
3. MATERYAL ve METOT

3.1 TALYS 1.8

Bu çalışmadaki nükleer reaksiyon tesir kesitlerini teorik hesaplamaları TALYS 1.8 bilgisayar programı tarafından yapılmıştır. Bu bölümde TALYS 1.8 programı ve nasıl çalıştığıyla ilgili bilgilere yer verilmiştir.

TALYS 1.8 Linux ve Unix işletim sisteminde çalıştırılabilen nükleer reaksiyonları analiz etmek için hazırlanmış bir bilgisayar programıdır. TALYS 1.8 nükleer reaksiyon simülasyon programı, reaksiyon tesir kesiti için farklı modellerle nasıl bir sonuç elde edebileceği hakkında analiz yapma imkânı sunmaktadır. Bu yönüyle modern nükleer modeller, optiksel model, seviye yoğunluğu, direkt reaksiyonlar, bileşik reaksiyonlar, denge öncesi ve fisyon reaksiyonları gibi nükleer yapılar hakkında gerekli olan bilgileri ve parametreleri veri tabanında barındırır. Bu programın temel amaçlarından bir tanesi, nükleer reaksiyonların teorik olarak deneylerinin yapılabilmesidir. TALYS 1.8 programı ile hesaplamak istediğimiz elementin belirlediğimiz enerji değerlerini girdikten sonra tesir kesiti ile ilgili uygun sonuçlar alırız.

Bu çalışmada da belirlediğimiz elementlere verilen belirli enerji değerleriyle TALYS 1.8 kod programında hesaplaması için kullanılmıştır (Balçın 2017).



Şekil 3.1 TALYS 1.8 programı çalışma şekli gösterimi (Koning *et al.* 2017).

Şekilde TALYS 1.8 programı ayrıntılı olarak çalışma şekli ve reaksiyon çeşitleri olarak verilmiştir. Burada verilen çalışma şekli aşağıda detaylı şekilde anlatılacaktır.

3.2 Çalışma Prensipleri

Programın görevi 1 keV-1 GeV enerji aralığında enerji girişi yapılarak nötron, proton, döteron, triton, gama, alfa ve ^3He parçacıkları ile kütle ağırlığı 12 ve daha fazla olan nükleer çekirdeklerin etkileşimlerinin incelenmesidir. TALYS 1.8 nükleer reaksiyon hesaplama programı, reaksiyon tesir kesiti için farklı modellerle verdiği sonuçlarla tesir kesitlerine bakarak yorum yapmamızı sağlar. Bu yönden modern nükleer modeller, optiksel model, seviye yoğunluğu, direkt reaksiyonlar, bileşik reaksiyonlar, denge öncesi ve fisyon reaksiyonları gibi nükleer yapılar hakkında gerekli olan bilgileri içinde bulundurur. Bu programın temel amacı nükleer reaksiyonları deneysel olarak hesaplamasak da teorik olarak hesaplamamızı sağlar (Koning *et al.* 2017).

3.3 Temel Giriş Kuralları

Talys çalıştırmak için giriş dosyasında her zaman 4 sırayı içeren kelimeleri yazarak başlarız; bunlar projectile, element, mass ve energy ana anahtar kelimeleridir. Her giriş dosyasında bu 4 kelime bulunmalıdır. Bir girişteki sırada en fazla 80 karakter olmalıdır. Bir anahtar kelime ile diğer kelime arasında 1 boşluk bırakılacak şekilde ayrılmalıdır.

Bu anahtar kelimeler rastgele olacak şekilde verilebilir herhangi bir sırayla yazılması önemli değildir. Eğer hata oluşursa, aynı kelime tekrar kullanılır. Doğru olan kelimenin değeri Talys'te alınmış olur. Bütün harfler büyük veya küçük olarak verilebilir (Koning *et al.* 2017).

3.4 Ana Anahtar Kelime

Ana anahtar kelimeler aşağıdaki gibidir. Bunlar Talys giriş dosyasına rastgele sırada verilebilir.

1. projectile: Nötron, proton, deuteron, triton, ^3He , alfa ve gama 0, kısaca gösterimi n, p, d, t, h, a, g ve 0 olan fırlatılan nükleer reaksiyon yerine girilir. Burada 8 farklı sembol kullanılır.

2. element: Burada hedef çekirdeğin Z atom numarası yada sembolü girilebilir.

3. mass: A yani hedef kütle numarasıdır. Doğal elementin durumu mass 0 olarak da girilebilir.

4. energy: Gelen parçacığın MeV cinsinden girilen enerji değeridir. Örnek olarak yazımı bu şekildedir;

element Fe

mass 56

projectile n

energy 14

3.5 TALYS Girdi Dosyası

Bir girdi dosyasının temel olarak bulunanlar aşağıda ki gibidir.

projectile
element
mass
energy

Bu temel değişkenlere, hesaplatmak istediğimiz şekilde özel durumlara bağlı olarak yeni parametreler eklenebilir.

projectile n
ejectile p
element Fe
preequilibrium y
mass 56
preeqmode 3
energy 14
maxchannel 1
channels y (Koning *et al.* 2017).

3.6 TALYS Çıktı Dosyası

TALYS programının bu çıktı dosyası bize hesaplamamıza dair birçok sonuç verir. Çıktı dosyaları aşağıdaki gibi birçok hesaplamalar sonucunda farklı dosyalarla oluşur. Reaksiyon türlerine ait tesir kesitleri, ürün çekirdeklerin tesir kesitleri gibi bize birçok sonuç verir. Örnek olarak : Ce hprod.tot rp028062.tot rp030065.tot xs010000.tot

binary.tot nonelastic.tot rp028063.tot total.tot
elastic.tot out rp029063.tot totalxs.tot
energies pprod.tot rp029064.tot xs000000.tot

3.7 Kullandığımız Elementler

3.7.1 Bakır (Cu) Elementi

Bakır kimyasal özelliklerini ele alarak incelemeye başlayalım. Bakırın atom numarası 29'dur. Yani bir bakır atomunun çekirdeğinde 29 proton bulunur. Periyodik tabloda Cu elementi 4. Periyot 11. Grupta bulunur. D bloğunda yer alan bakır, IB grubunun en üstündeki elementtir. Bakır elementinin atom kütlesi 63,5 civarındadır. Bakır eriyebilen, yumuşak, tel haline getirilebilen, yüksek ısı ve elektrik iletkenliğine sahip bir metaldir (İnt. Kyn. 3).

Bakır (Cu) elementini çalışmamda kullanma sebebi olarak; Bakır ve bazı seçilmiş seyreltik alaşımlar deneysel plazma hapsedme cihazlarında yaygın olarak kullanılmaktadır ve ayrıca malzemede yüksek termal veya elektriksel iletkenliğin gerekli olduğu füzyon güç reaktörlerinde çeşitli uygulamalar için kullanılmaktadır. Bunun dışında nükleer tıp görüntülemede özellikle pozitron emisyon tomografisi (PET) uygulamasında yani moleküler görüntüleme kullanımında bakır (^{64}Cu) elementi radyoizotopları kullanılmaktadır. Bu izotoplardan bazıları teşhis ve tedavi uygulamalarında bazı izotoplar ise teşhis radyoizotopu olarak tümörün görüntülenmesinde kullanılır.

Bu sebeple bu element nükleer çalışmalarda önemli yer tutmaktadır. Bu yüzden bakır elementi çalışmalarım için seçilmiştir (Akça vd. 2013).

3.7.2 Çinko (Zn) Elementi

Çinko (Zn) periyodik cetvelde 2B grubunda yer alan, beyaz renkte, metal bir elementtir. Doğada serbest hâlde bulunmayan element olan Zn aktif bir elementtir. Atom numarası 30'dur. Rengi ise maviye yakın grinin tonunda olan bir elemente denir. Havadan etkilenmemesinden dolayı parlatılması kolay olan madenlerin içinden birisidir. Dünyadaki en fazla kullanılma alanı olan madenlerin içinde yer alan çinko, en çok otomotiv sektöründe kullanılır. Oksit çinkoysa, sulu boyalara beyaz pigment vermesinden dolayı kullanılır.

Klorür ile birleşebilen çinko deodorantın yapımı için de çok fazla kullanılır. Çinko sülfürse karanlıkta parlama özelliğinden dolayı, akrep ile yelkovanın üretilmesinde tercih edilir.

Çinko (Zn) elementini çalışmamda kullanma sebebi olarak; İnsanlarda metabolizma araştırması, normal veya tümör dokularında emilim araştırmasında kullanılır. Tarımsal araştırmada kullanım olarak X ve gamma ışınının kalibrasyonu için standart kaynak dedektörlerinde çinko elementi kullanılmaktadır. Belirli bir radyonüklid oluşumuna farklı reaksiyonların göreceli önemi katkıda bulunur. Doğal çinko, beş kararlı izotoptan oluştuğundan birçok kanal üretime katkıda bulunabilir. Bu sebepten çinko elementinin önemli nükleer özellikleri radyoizotop üretilerek nükleer alanında kullanımı sağlanır.

3.7.3 Magnezyum (Mg) Elementi

Magnezyum periyodik cetvelin II A grubunda bulunan kimyasal element toprak alkali metallere aittir. Toz halde yanıcı olan element metallerin en hafifi olarak geçer. İlaç yapımında, cam üretiminde, uçak parçalarında, fotoğraf makinesi flaşlarında kullanılır . Magnezyum yaygın olarak bulunur ve kullanılır. Yukarıda saydıklarımıza göre magnezyumun kullanım alanları oldukça geniştir. Kısaca sağlıktan, ulaşım sanayine kadar geniş bir alanda fayda sağlamaktadır. Bu yüzden magnezyum değerli bir metaldir.

3.7.4 Oksijen (O) Elementi

Oksijen gazı atmosferde yüzde beş oranı da bulunur. Mars atmosferinde ise % 0.15 oranında oksijen bulunmaktadır. Oksijen, günümüzde sıvı veya gaz yakıt olarak tercih edilen bir elementtir. NASA'nın uzay mekiği fırlatmalarında ana yakıt olarak yerini alan bir elementtir. Petrol ve imalat sanayilerinde de fazlaca kullanılmaktadır. Oksijen gazı renksiz olup aynı zamanda tatsızdır (İnt. Kyn. 3).

3.8 Exfor Veri Kütüphanesi (Experimental Nuclear Reaction Data)

Exfor: deneysel nükleer reaksiyon verilerinin toplanması, depolanması, değişimi ve geri kazanımı için oluşturulmuş kütüphane formatıdır.

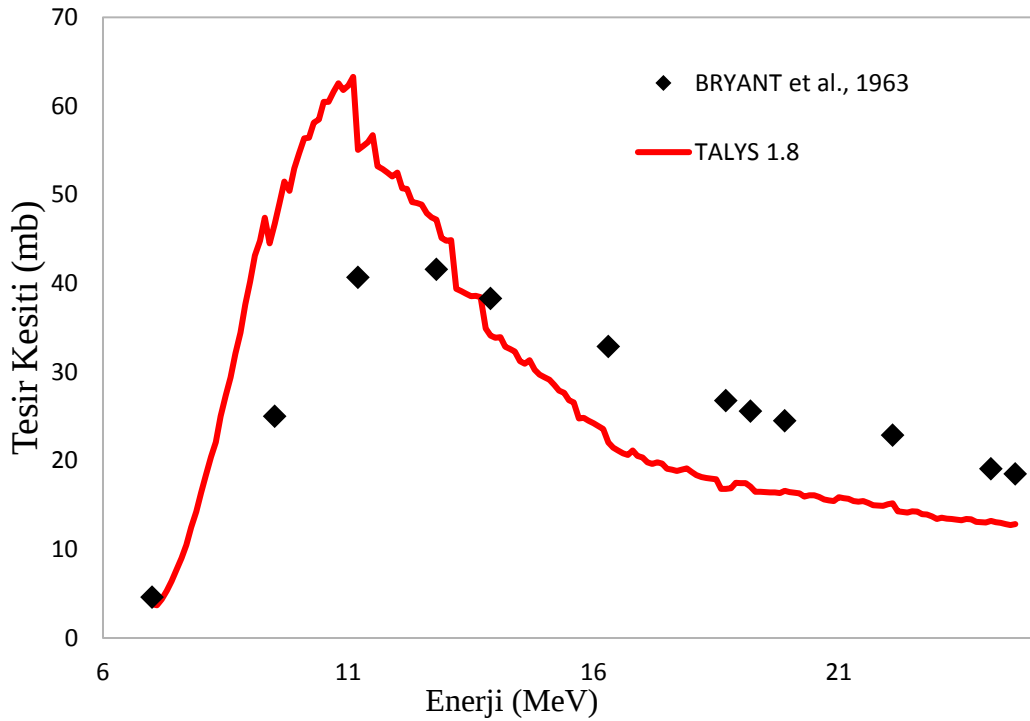
Exchange Format (EXFOR) deneysel nükleer reaksiyon veritabanı, ilgili Web arayüzü, düşük ve orta enerjili nükleer reaksiyon fiziki verilerine erişim sağlar. Bu kaynak, sayısal veri bilgileri ve sayısal bilgilerin grafiklerine dayanmaktadır. Nükleer bilimin başlangıcından bu yana 22.000 deney bulunmaktadır. Bilgisayar veritabanı için, genişletilmiş içeriği ve Web uygulamaları geliştirme ilkeleri açıklanmıştır. Veri bilgileri için yeni özellikler yükleme, renormalizasyon, kovaryans matrisi ve ters reaksiyon hesaplamaları sunulmaktadır. Aylık olarak güncellenen EXFOR veritabanı, nükleer veri değerlendirmesi, uygulama geliştirme ve araştırma faaliyetleri için önemli bir destek sağlıyor. Kütüphane, IAEA Nükleer Veri Bölümü (NDS) tarafından koordine edilen uluslararası Nükleer Reaksiyon Veri Merkezleri Ağı (NRDC) adlı bir dünya çapındaki işbirliğinin ürünüdür.

Güncel olarak EXFOR veritabanı, yaklaşık 129.000 veri tablosuyla yaklaşık 17.000 eser içermektedir. Düşük enerjili deneysel nötron kaynaklı reaksiyon verilerinin tam bir derlemesi, yüklü parçacık kaynaklı reaksiyon verilerinin daha az eksiksiz bir derlenmesi, foton ile indüklenen, ağır iyonla indüklenen ve yüksek enerjili nötronun uyardığı reaksiyon verilerinin seçilmiş bir derlemesi bulunmaktadır. Günümüzde derleme çalışmaları, yeni yayınlanan deneysel verilerin kapsama alanına ve mevcut insan gücüne bağlı olarak, bazı uygulamalar için önemli olan eski ölçümlerdeki boşlukların doldurulması üzerine çalışılmaktadır. EXFOR, bibliyografik sistemlerden farklı olarak, öncelikli olarak yayın odaklı değil, iş odaklıdır ve sayısal olarak hiç yayınlanmamış birçok veriyi içerir ve sürekli güncellenmektedir. Daha önce derlenen veriler EXFOR'a dönüştürülmüş ve 1970'lerde kapsam, yüklü parçacık kaynaklı nükleer verileri ve fotonükleer verileri de içerecek şekilde genişletilmiştir. Bu amaçla orijinal format değiştirilmiş ek nükleer veri merkezleri ağı katılmıştır (İnt. Kyn. 4).

4. BULGULAR

Bu çalışmada ^{64}Zn , ^{63}Cu , ^{24}Mg ve ^{16}O elementlerine ^3He parçacıkları bombardıman edilerek TALYS 1.8 nükleer kod programını kullanarak tesir kesitleri hesaplanmıştır. Tesir kesitlerinin enerjiye bağlı grafiklerini çizerek uyumluluklarına bakılmıştır. (^3He , p) reaksiyonu ile elementlerin proton üretim tesir kesitlerini belirleyerek, nükleer reaksiyon sonucu olabilecek durumları kavramak için yapılan bir çalışmadır.

4.1 ^{63}Cu Elementinin Tesir Kesiti :

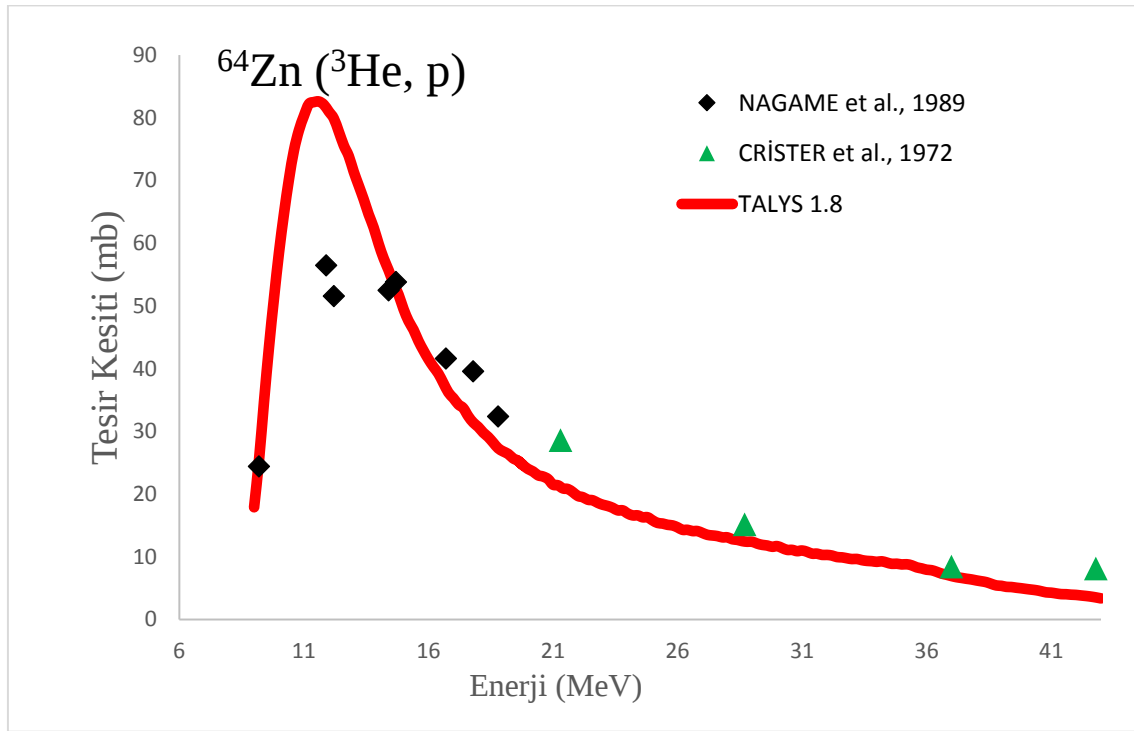


Grafik 4.1 ^{63}Cu elementinin (^3He ,p) reaksiyon için tesir kesitlerinin hesaplanıp deneysel verilerle karşılaştırılması.

Grafikten de anlaşıldığı gibi, Bryant (1963)' in mevcut deneysel verileri Exfor deneysel kütüphanesinden alınarak TALYS 1.8 programı ile hesaplanan veriler bir uyum içerisindedir. TALYS 1.8 nükleer kod programı kullanarak hesapladığımız verilerle oluşturduğumuz grafikleri ve bu grafiklerin gösterdiği tesir kesitlerini karşılaştırdık.

6-15 MeV enerji aralığında mevcut deneysel veriler ile teorik veriler arasında sapmalar olduğu görülmektedir. Bu reaksiyonda çıkarılan sonuç deneysel veriler için 16 MeV, en büyük tesir kesitine sahiptir. TALYS 1.8 kod programı verileri için en büyük tesir kesiti enerjisi olarak 11 MeV olduğu görülmektedir.

4.2 ^{64}Zn Elementinin Tesir Kesiti

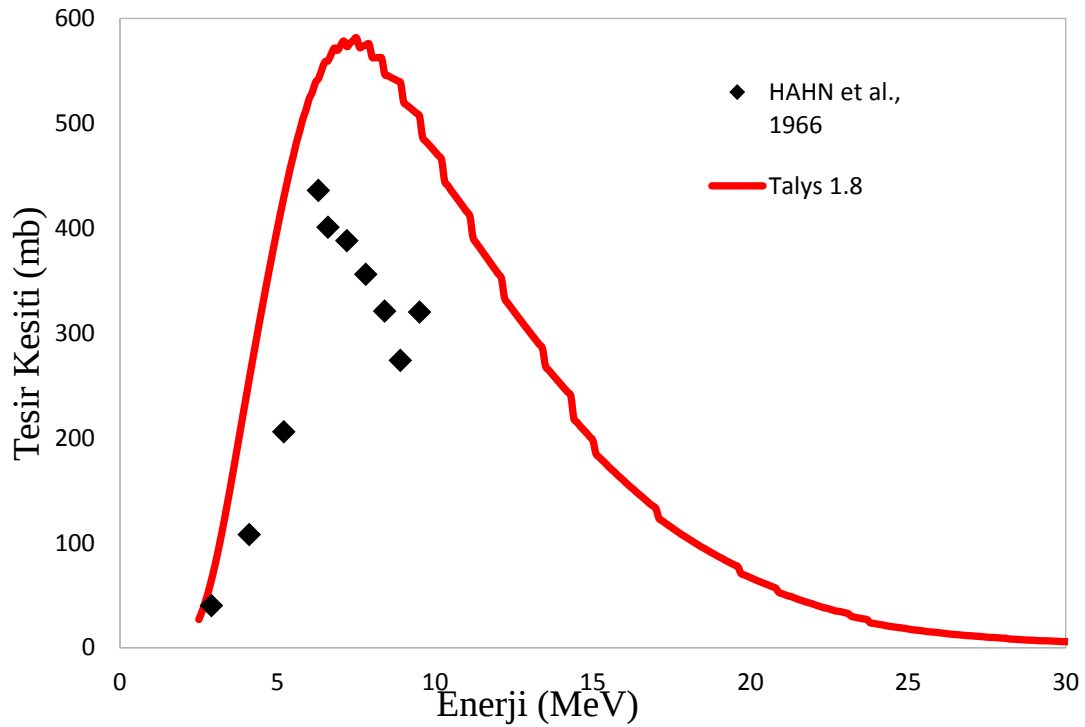


Grafik 4.2 $^{64}\text{Zn} (^3\text{He}, p)$ reaksiyonu için tesir kesitlerinin hesaplanıp deneysel verilerle karşılaştırılması.

Grafikten de anlaşıldığı gibi, Nagame (1989)'nin ve Crister (1972)'nin mevcut deneysel verileri Exfor deneysel kütüphanesinden alınan TALYS 1.8 kod programı ile hesaplanan veriler uyum içerisindedir. TALYS 1.8 nükleer kod programı kullanarak hesapladığımız verilerle oluşturduğumuz grafikleri ve bu grafiklerin gösterdiği tesir kesitlerini karşılaştırdık. 6-41 MeV enerji aralığında mevcut deneysel veriler ile teorik veriler arasında sapmalar olduğu görülmektedir. Bu reaksiyonda çıkarılan sonuç ilk deneysel veri için yaklaşık olarak 12 MeV, ikinci deneysel veri için ise 21 MeV enerjisi en büyük tesir kesitine sahiptir.

TALYS 1.8 kod programı verileri için en büyük tesir kesiti enerjisi olarak 12 MeV olduğu görülmektedir. Nagame (1989)'nin deneysel verileri 20 MeV enerji aralığına kadar Talys 1.8 kod programı verileri ile uyumludur. Crister (1972)'nin mevcut deneysel verileri ise 21-41 MeV enerji aralığında Talys 1.8 kod programı verilerine yakın tesir kesiti hesabı vermiştir.

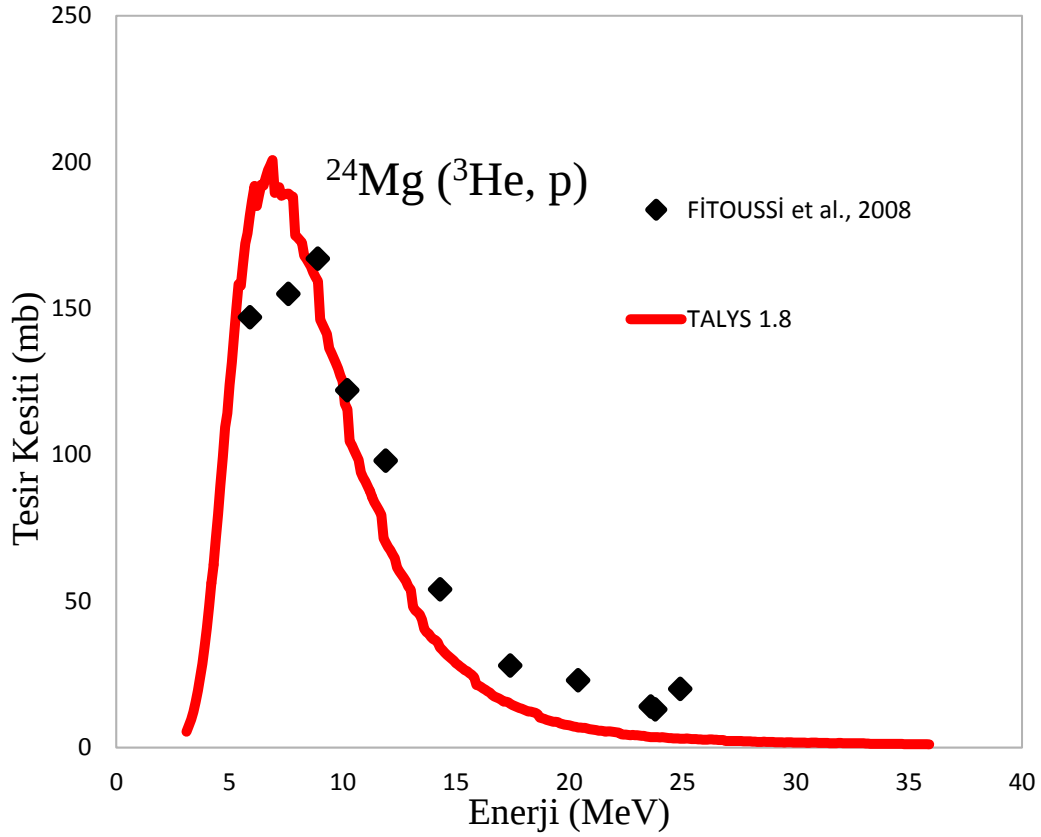
4.3 ^{16}O Elementinin Tesir Kesiti



Grafik 4.3 ^{16}O ($^3\text{He},p$) reaksiyonu için tesir kesitlerinin hesaplanıp deneysel verilerle karşılaştırılması.

Grafikten de anlaşıldığı gibi, Hahn'nın (1966) mevcut deneysel verileri Exfor deneysel kütüphanesinden alınarak TALYS 1.8 programı ile hesaplanan veriler bazı enerji değerlerinde bir uyum içerisindedir. TALYS 1.8 nükleer kod programı kullanarak hesapladığımız verilerle oluşturduğumuz grafikleri ve bu grafiklerin gösterdiği tesir kesitlerini karşılaştırdık. 4-30 MeV enerji aralığında mevcut deneysel veriler ile teorik veriler arasında sapmalar olduğu görülmektedir. Bu reaksiyonda çıkarılan sonuç deneysel veriler için 6 MeV, en büyük tesir kesitine sahiptir. TALYS 1.8 kod programı verileri için en büyük tesir kesiti enerjisi olarak 8 MeV olduğu görülmektedir.

4.4 ^{24}Mg Elementinin Tesir Kesiti



Grafik 4.4 $^{24}\text{Mg} (^3\text{He}, p)$ reaksiyonu için tesir kesitlerinin hesaplanıp deneysel verilerle karşılaştırılması.

Grafikten de anlaşıldığı gibi, Fitoussi (2008)'nin ve ikinci deneyi olan CFitoussi (2008)'nin mevcut deneysel verileri Exfor deneysel kütüphanesinden alınarak TALYS 1.8 programı ile hesaplanan veriler bazı enerji değerlerinde bir uyum içerisindedir. TALYS 1.8 nükleer kod programı kullanarak hesapladığımız verilerle oluşturduğumuz grafikleri ve bu grafiklerin gösterdiği tesir kesitlerini karşılaştırdık. 4-35 MeV enerji aralığında mevcut deneysel veriler ile teorik veriler arasında sapmalar olduğu görülmektedir. Bu reaksiyonda çıkarılan sonuç ilk deneysel veriler için 6 MeV, en büyük tesir kesitine sahiptir. İkinci deneysel verileri için 11 MeV en büyük tesir kesitine sahiptir. TALYS 1.8 kod programı verileri için en büyük tesir kesiti enerjisi olarak 9 MeV olarak görülmektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Nükleer reaksiyon çalışmalarının bize verdiği deneysel sonuçlar çekirdek fiziğinin tam olarak anlaşılması hesaplama sonuçlarının nükleer fizikte ve bilim teknoloji alanlarında kullanılmasında büyük bir öneme sahiptir. Yarı ömürleri kısa olduğu için nükleer reaktörde üretilen elementler için tesir kesitlerini hesaplamak zordur. Bu çekirdeklerin tesir kesitlerinin direk olarak ölçülüp hesaplanması bir hayli zordur hatta mümkün değildir denebilir.

Bizim yaptığımız bu tez çalışmasında tesir kesiti hesaplamaları, ^3He bombardıman edilerek proton çıkış reaksiyonu olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada, ^3He ile uyarılma reaksiyonları için gelen parçacık enerji aralığı genel olarak 0-45 MeV arası alınmış olup TALYS 1.8 hesaplama sonucunda elde sonuçlar ile Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu'nun EXFOR (Experimental Nuclear Reaction Data) Kütüphanesi'nden elde edilen deneysel verilerle kıyaslanıp yorumlanmıştır. Reaksiyonlara bakıldığında genel olarak 0-45 meV enerji aralığındaki mevcut deneysel veriler ile TALYS 1.8 kod programı ile hesapladığımız veriler bazı yerlerde sapmalar olsa da uyumlulukta görülmüştür.

Tez çalışmamız ve benzer çalışmalar, başta nükleer fizik alanında olmak üzere farklı alandaki çalışmalarda dikkate alınabilecek ve birçok alanda kullanışlı olan bir çalışmadır. Yüksek enerjilerde yapılacak olan deneysel çalışmalarda veya yapılamayan deneysel çalışmalar içinde fayda sağlayacak olması açısından önemlidir.

Tez çalışmamızda kullanılan bazı elementlerin tesir kesitleri hesaplanarak üretilecek elementlerin en iyi şekilde sonuç vermesi açısından hangi enerji aralığında tesir kesiti olduğuna bakılarak bu çalışmaların yapılması önemlidir.

Nükleer fizikte alanında kullanılan ve bu çalışmada reaksiyon tesir kesitleri hesaplanan elementlerin hesaplamada kullanılan optimum enerji aralıkları aşağıdaki gibidir.

Elementler	Reaksiyonlar	Enerji aralıkları
^{63}Cu (Bakır)	$^{63}\text{Cu} (^3\text{He},p) ^{65}\text{Zn}$	6-21 MeV
^{64}Zn (Çinko)	$^{64}\text{Zn} (^3\text{He},p) ^{66}\text{Ga}$	6-40 MeV
^{16}O (Oksijen)	$^{16}\text{O} (^3\text{He},p) ^{18}\text{F}$	4-30 MeV
^{24}Mg (Magnezyum)	$^{24}\text{Mg} (^3\text{He},p) ^{26}\text{Al}$	5-30 MeV

Elementler için TALYS 1.8 kod programında kullandığımız enerji aralıkları yukarıda verilmiştir. Bu verilen enerji aralıkları ile tez çalışmamızda kullanılan elementlerin nükleer tesir kesitleri başarılı bir şekilde hesaplanmıştır ve deneysel değerler ile karşılaştırılıp yorumlanmıştır.

İncelenen çekirdeklerde elde edilen sonuçlara göre teorik hesaplamamız ve EXFOR kütüphanesinden alınan deneysel tesir kesitleri biçim olarak uyumlu çıkmıştır. Hesaplama yaptığımız çekirdeklerin enerji aralığına göre yorum yapılacaktır; biçim olarak uyumlu çıkması reaksiyon açısından bileşik çekirdek reaksiyon olduğu söylenebilir. Bu hesaplamaların ileride yapılması mümkün olmayan deneyler için mali açıdan ve zaman açısından yarar sağlaması düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akça, S., Tel, E., Kara, A. ve Aydın, A. (2013). Nükleer Tıpta Kullanılan $^{61,64,67}\text{Cu}$ Radyoizotoplarının Üretiminin (p,a) Reaksiyon Tesir Kesiti. Ulusal Proton Hızlandırıcıları Çalıştayı, TAEK.
- Alver, Ş. (2018). ^{235}U , ^{238}U , ^{237}Np ve ^{239}Pu Çekirdeklerinin (α ,f) Tesir Kesitlerinin Seviye Yoğunluk Parametresine Bağlılığının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Arya, A. P. (1999). Çekirdek Fiziğinin Esasları. Çeviri Editörü: Yusuf Şahin, Bakanlar Medya, Erzurum.
- Aydın, A. (1997). ^{40}Ar (p,p) ^{40}Ar esnek saçılmasının 22.6, 27.5, 30.0 ve 36.7 MeV proton enerjilerinde optiksel model analizi. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Balçın, N. (2017). Nükleer Tıpta Kullanılan ^{60}Cu , ^{61}Cu , ^{62}Cu , ^{64}Cu , ^{67}Cu Radyoizotoplarının Uyarılma Fonksiyonlarının TALYS 1.6 İle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Bilgin, H. (2018). ^{46}Ti , ^{45}Sc ve ^{51}V 'de 50 MeV'a Kadar Alfa Parçacıkları Tarafından İndüklenen Nükleer Reaksiyonların Uyarılma Fonksiyonlarının incelenmesi. International Conference Series, Tesnat 2018, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Bryant, E. A., Cochran, D. R. F., Knight, J. D. (1963). Excitation Functions of Reactions of 7- to 24-MeV He^3 Ions with ^{63}Cu and ^{65}Cu . *Phy. Review*, **4**:1512-1522
- Cage, M. E., Clough, D. L., Cole, A. J., England, J. B. A., Pyle, G. J., Rolph, P. M., Watson, L. H., Worledge, D. H. (1972). The elastic scattering of 33 MeV ^3He particles from $^{58,60,62,64}\text{Ni}$, $^{63,65}\text{Cu}$ and $^{64,66,68}\text{Zn}$. *Nuclear Physics*, **A183** :449- 471

- Çevre, S. (2016). Nükleer Tıpta Kullanılan ^{111}In , ^{86}Y , ^{68}Ge Elementlerinin radyoizotoplarının TALYS 1.8 ile İncelenmesi. Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Crisler, D. F., Eldridge, H. B., Kunselman, R., Zaidins, C. S. (1972). Reactions Induced by He^3 Ions on Zn^{64} . *Phy. Review C*, 2:419-430
- Fitoussi, C., Duprat, J., Tatischeff, V., Kiener J., Naulin F., Raisbeck, G., Assunção, M., Bourgeois, C., Chabot, M., Coc, A., Engrand, C., Gounelle, M., Hammache, F., Lefebvre, A., Porquet, M. G., Scarpaci, J. A., De Séréville, N., Thibaud, J. P., Yiu F. (2008). Measurement of The $^{24}\text{Mg}(\text{He},\text{p})^{26}\text{Al}$ Cross Section: Implication For ^{26}Al Production In The Early Solar System. *Phy. Review C*, 4:044613.
- Hahn, R. L., Ricci, E. (1966). Interactions of ^3He Particles with ^9Be , ^{12}C , ^{16}O , and ^{19}F . *Phy. Review*, 3:650-659.
- Koning A., Hilaire, S. and Goriely, S. (2015). TALYS 1.8 Nuclear Research and Consultancy Group (NRG), The Netherlands.
- Krane, K. S. (2002). Introductory Nuclear Physics, (Çeviri Editörü: B. Şarer), Nükleer Fizik. Palme yayıncılık, Ankara.
- Martin, J. E. (2013). Radyasyon ve Radyasyondan Korunma Fiziği. Palme yayıncılık, Ankara.
- Nagame, Y., Nakahara, H., Furukawa M. (1989). Excitation functions for alpha and ^3He particles induced reactions on zinc. *Radiochimica Acta*, 1:5-12
- Özdoğan, H., Çapalı, V., Doğan, S. S., Kaplan, A. (2014). ^{27}Al , ^{54}Fe , ^{58}Ni ve ^{90}Zr Hedef Çekirdekleri İçin 10–30 MeV Enerji Aralığında (γ,p) Reaksiyon Tesir Kesiti Hesaplamaları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 2:107-112.

Tamkaş, M. (2013). $C^{12} (p, \gamma) N^{13}$ Reaksiyonunun Tesir Kesiti Ölçümleri. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Taşdöven, K. (2017). Osmium İzotopları (Os-186, Os-188, Os-189, Os-190, Os-192) için reaksiyon tesir kesitleri incelenmesi. International Conference Series, Tesnat 2017, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Yalçın, Ş. L. (2013). Radyasyonun madde ile etkileşmesi. Ders Notu, İstanbul Üniversitesi, Fizik Bölümü, İstanbul.

Yeğin, R. (2016). Zayıf bağlı çekirdeklerin elastik saçılmasının optik model yaklaşımıyla incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yozgat.

Yılmaz, M. (1998). Çekirdek Fiziği. Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Yayınları, Balıkesir.

İnternet Kaynakları

- 1) <http://www.nukleer.web>, 01.02.2017
- 2) <http://Wikipedia.Org> 01.03.2016
- 3) <https://www.dersimiz.com>, 01.05.2018
- 4) <https://www-nds.iaea.org/exfor/exfor.htm>, 07.07.2018
- 5) <https://www.muhendisbeyinler.net>, 05.04.2018
- 6) <http://akademikfizik.blogspot.com.tr/> 01.05.2018
- 7) <http://ulakbim.tubitak.gov.tr/>, 15.03.2017
- 8) <http://www.ilkkimbuldu.com>, 06.04.2018

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hatice BİLGİN
Doğum Yeri ve Tarihi : Ödemiş / 21.01.1993
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 0(531)567 30 26 / haticee.bilginn@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Prof. Dr. Muzaffer Kula Lisesi (2007-2011)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi- Eğitim Fakültesi- Fen Bilgisi Öğretmenliği Bölümü (2012-2016)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı (2016-2018)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Milli Eğitim Bakanlığı Öğretmenlik / 2018

Seminer ve Kurslar :

BLC - British Language Center / İngilizce / A1- A2- B1-B2 / Afyonkarahisar
LINUX, GEANT4, MNCP Programları Kursu / Samsun
Nükleer tıp semineri (TESNAT-2017) / Adana
LINUX, GEANT4, MNCP Programları Kursu / Antalya

Yayınları (SCI ve diğer):

- Bilgin, H., Sarpün, İ.H., Demir, B. (2017). Calculation Of Cross Sections Of Some Elements Of Excitation Functions Of ($^3\text{He},p$) Reactions, poster sunum, Adana.
- Bilgin, H., Sarpün, İ.H., Aydın A. (2017). Calculation Of Excitation Functions of ^{53}Cr and ^{54}Fe With (α,p) Reactions, poster sunum, Bodrum, Muğla.
- Bilgin, H., Sarpün, İ.H., Aydın A. (2018). Excitation Functions Of Nuclear Reactions Induced By Alpha Particles Up To 50 Mev On ^{46}Ti , ^{45}Sc And ^{51}V , sözlü sunum, Alanya.