



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**NÜKLEER REAKSİYONLARDA HİPER
ÇEKİRDEK İZOTOP DAĞILIMLARININ
ARAŞTIRILMASI**

Öğrencinin Adı SOYADI
Filiz AYRANCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fizik Anabilim Dalını

Ağustos-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Filiz AYRANCI tarafından hazırlanan “Nükleer Reaksiyonlarda Hiper çekirdek İzotop Dağılımların Araştırılması” adlı tez çalışması 26/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Aslı KARAKAŞ

Danışman

Prof. Dr. Nihal BÜYÜKÇİZMECİ

Üye

Prof. Dr. Ömer DERELİ

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



İmza

Filiz AYRANCI

Tarih:26.08.2019

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**NÜKLEER REAKSİYONLARDA HİPER ÇEKİRDEK İZOTOP
DAĞILIMLARININ ARAŞTIRILMASI**

Filiz AYRANCI

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Nihal BÜYÜKÇİZMECİ

2019, 50 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Nihal BÜYÜKÇİZMECİ
Prof. Dr. Aslı KARAKAŞ
Prof. Dr. Ömer DERELİ

Bu tez çalışmasında nükleer reaksiyonlardaki çekirdek ve hiper çekirdeklerin izotopik dağılımlarını araştırdık. Çünkü relativistik hadron ve yarı-yanal ağır iyon çarpışmalarındaki uyarılmış ağır çekirdek kalıntıları FAIR VE NICA’da planlanan yeni teknolojiler kullanılarak belirlenebilir. Son deneyler hem yarı-yanal hem de merkezi çarpışmalarda hiper çekirdeklerin gözlemlendiğini doğrulamaktadır. Nükleon-nükleon etkileşimi, elastik saçılma verilerinden iyi bilinmektedir. Literatürde hiperon-nükleon ve hiperon-hiperon etkileşimleri hakkında yeterli bilgi yoktur. Çünkü hiperonların yarı ömrü çok kısadır ve deneylerde gözlenen ürün sayıları çok düşüktür. Bir hiperon atom çekirdeğinin derinliklerine ulaşabilir. Hiperonların acayıplık sayısına sahip olmaları nedeniyle nükleonlar tarafından Pauli dışarlama etkisine maruz kalmazlar. Bu nedenle, hiperonlar atom çekirdeklerinin iç bölgelerini hassasiyetle araştırmak için kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: hiperon, hiper çekirdek, istatistik çok katlı parçalanma modeli, izotop dağılımı,

ABSTRACT

MS THESIS

**INVESTIGATION OF ISOTOPIC DISTRIBUTIONS OF HYPERNUCLEI
IN NUCLEAR REACTIONS**

Filiz AYRANCI

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY**

**THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN DEPARTMENT OF PHYSICS**

Advisor: Prof. Dr. Nihal BÜYÜKÇİZMECİ

2019, 50 Pages

Jury

Prof. Dr. Nihal BÜYÜKÇİZMECİ

Prof. Dr. Aşlı KARAKAŞ

Prof. Dr. Ömer DERELİ

In this study, we have investigated the isotopic distributions of nuclei and hyper nuclei in nuclear reactions. Because the excited heavy hyper residues in relativistic hadron and peripheral heavy-ion collisions can be detected by using new technologies which are planned at FAIR and NICA. Recent experiments have confirmed observations of hyper nuclei in both peripheral and central collisions. Nucleon-nucleon interaction is well known from elastic scattering data. There are not enough information about the hyperon-nucleon and hyperon-hyperon interactions in the literature. Because hyperons have very short life times and yields are very low in experiments. A hyperon can be put deep inside an atomic nucleus. There is no Pauli blocking by the nucleons for hyperons due to their strangeness number. That is why hyperons can be used as a sensitive probe of the nuclear interior of atomic nuclei.

Keywords: hyperon, hyper nucleus, Statistical Multifragmentation Model, isotope distribution

ÖNSÖZ

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans tezi olarak sunulmuştur.

Bu tezin hazırlanmasında bilgi ve tecrübeleri ile bu konuda çalışmamı öneren ve teşvik eden danışman hocam Sayın Prof. Dr. Nihal BÜYÜKÇİZMECİ' ye sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Bugüne kadar maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Filiz AYRANCI

KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Maddelerin İçeriği Nedir?	1
1.1.1. Hiperonlar Acayip Baryonlar.....	3
1.1.1.1. Hiperonların Acayıplığı Nasıldır?.....	4
2.HİPERÇEKİRDEK NEDİR?	6
2.1. Acayip Hiper çekirdeklerin Keşfi	6
2.1. 1. Λ İçin Ortalama Ömür	11
2.1. 1.1. ${}^3_{\Lambda}H$ Hiper çekirdeğinin Ömür Hesabı.....	12
3. NORMAL NÜKLEER MADDE GENELLEŞTİRİLMİŞ İSTATİSTİK PARÇALANMA MODELİ	14
4.KAYNAK ARAŞTIRMASI	18
5. MATERYAL VE YÖNTEM	21
5.1. Hiper Madde ve Hiper çekirdeklere Ayrışma.....	20
5. 2. Sıcak Hiper Parçacıkların Yeniden Uyarılmaları.....	21
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	24
6.1. Parçacıkların Kütle ve İzotop Kompozisyonu	24
7. SONUÇLAR	30
ÖZGEÇMİŞ	32
KAYNAKLAR	33

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Açıklama

Λ	Lambda
ρ	Rho
τ	Tau
Σ	Sigma
Ω	Omega
π^-	Pion
K^-	Kaon
ν	Nu
4He	Helyum-4
3He	Helyum-3
^{12}C	Karbon-12
^{20}Ne	Neon-20

Kısaltmalar

PS	Piko saniye
NS	Nano saniye
TOF	Time of Flight
PMT	Photomultiplier Tube
GSI	Helmholtz Centre for heavy Ion Research
FAIR	Facility for Antiproton and Ion Research
CERN	European Organization for Nuclear Research
BNL	Brookhaven National Laboratory
KEK	The High Energy Accelerator Research Organization
NICA	Nuclotron-Based Ion Collider Facility
JLAB	Thomas Jefferson National Accelerator Facility

1. GİRİŞ

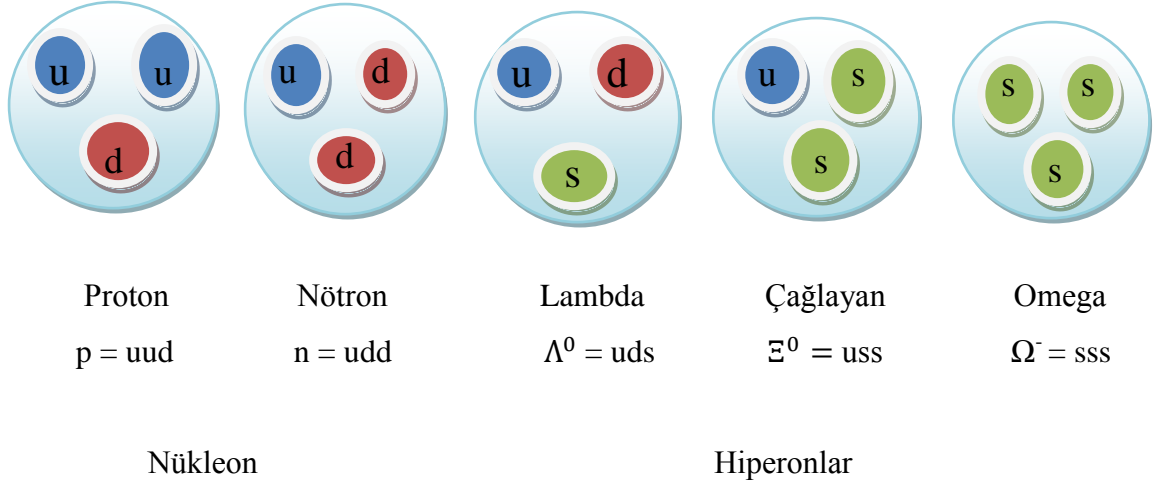
Hiper çekirdekler, yüksek enerjili etkileşimlerde üretilen hiperonların (Σ , Ξ , Ω) çekirdekler tarafından yakalanması ile oluşur. Tipik reaksiyon sürelerine göre çok daha uzun süre var olurlar. Nükleer ortamda bulunan 'acayip kuark'a sahip olan baryonları araştırmak, düşük enerjilerdeki güçlü üç-kuark etkileşimini, çok parçacıklı sistemler çerçevesinde açıklayabilmenin tek olası imkânını sağlamaktadır. Aynı zamanda hiper çekirdekler, hiperon-nükleon ve hiperon-hiperon etkileşimini çalışmak için de bir araç olarak görülebilir. Hiper çekirdeklerin oluşmasına yol açan reaksiyonları ve hiper çekirdeklerin yapısını incelemek, nükleer fiziğin yeni araştırma alanlarından biridir. Çünkü geleneksel nükleer çalışmaları geliştirmek için tamamlayıcı metotlar sunar ve parçacık fiziği ve nükleer astrofiziği çalışmak için yeni ufuklar açar (Yamamoto ve Bando, 1990; Schaffner ve ark., 1993a; Hashimoto ve Tamura, 2006; Gal ve Millener, 2012; Buyukcizmeci ve ark., 2013b; Hell ve Weise, 2014),

1.1. Maddelerin İçeriği Nedir?

Kuark, temel parçacık ve maddenin temel bileşenlerinden biridir. Kuarklar bir araya gelerek hadronlar olarak bilinen bileşik parçacıkları oluştururlar. Bunların en kararlı olanları atom çekirdeğinin bileşenleri proton ve nötrondur. Altı farklı türde kuark vardır. Bunlar Şekil 1.1'deki gibi sınıflandırılmaktadır.



Şekil 1.1 Kuark çeşitleri

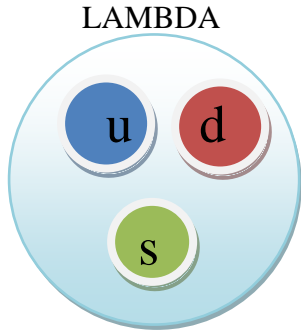


Şekil 1. 2. Nükleon ve örnek olarak verilen hiperonların kuark içeriklerinin şematik gösterimi

Nükleonlar ve hiperonlar baryonlar olarak da adlandırılır. Şekil 1.2.’ de görüldüğü gibi proton içinde iki yukarı bir aşağı kuark bulunurken, nötron içinde bir yukarı iki aşağı kuark olmak üzere 3 kuark, lambda ve sigma sıfır hiperonunda ise bir yukarı bir aşağı ve bir acayip kuark buna karşılık omega hiperonunda üç acayip kuark ve çağlayan sıfır hiperonunda ise bir yukarı iki acayip kuark bulunur. Her bir baryonun anti-parçacığı yani anti-baryonu vardır. Anti-baryonlar içerisinde quarklarda artık anti-quarklardır. Baryon-baryon etkileşmesinin anlaşılması için nükleonlar (N) ve hiperonlar (Y) arasındaki etkileşmenin incelenmesi gerekmektedir, bu tür bir çalışma temel olarak nükleer sistem içerisinde s kuarkı içeren hiper çekirdeklerin incelenmesi ile mümkündür. Baryon-baryon arasında meydana gelen etkileşmelerin incelenmesi, deneysel olarak bir bombardıman parçacığı (demet) ve hedef üzerinde meydana gelen reaksiyonların incelenmesi ile mümkündür. Yapılan bu tür deneysel çalışmalar bize yalnızca nükleonlar arasında meydana gelen etkileşmeler hakkında bilgi vermektedir. Hiperon-nükleon (YN) veya hiperon-hiperon (YY) arasındaki etkileşmelerin deneysel olarak çalışılması için gerekli olan hiperon hedefi yapmak hiperonların çok kısa olan yarı ömrü (~ 200 ps) nedeniyle mümkün değildir. Fakat hiper çekirdeklerin, yani en az bir hiperon ($Y=\Lambda, \Sigma, \Xi, \Omega$) tarafından meydana gelen bir sistemin, kullanılması ile YN ve YY arasındaki etkileşmelerin deneysel olarak çalışılabilmektedir.

1.1.1. Hiperonlar: Acayip Baryonlar

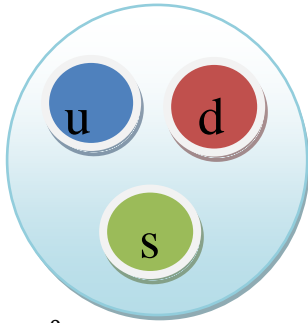
Şekil 1.3.'de Lambda, Sigma, Çağlayan ve Omega hiperonlarının kuark içeriklerini acayıplık sayılarını, yüklerini ve kütlelerini detaylı olarak gösterdik.



$$m(\Lambda^0) = 1115.683 \pm 0.006 \text{ MeV}$$

$$S = -1$$

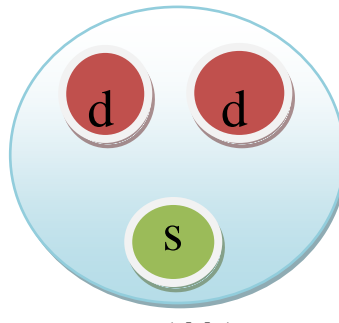
SİGMA



$$\Sigma^0 = (uds)$$

$$m(\Sigma^0) = 1192.642 \pm 0.024 \text{ MeV}$$

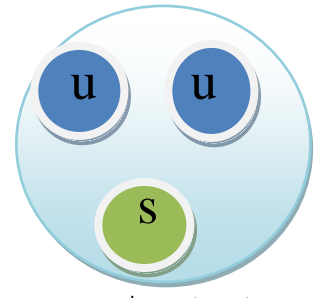
$$S = -1$$



$$\Sigma^- = (dds)$$

$$m(\Sigma^-) = 1197.449 \pm 0.030 \text{ MeV}$$

$$S = -1$$

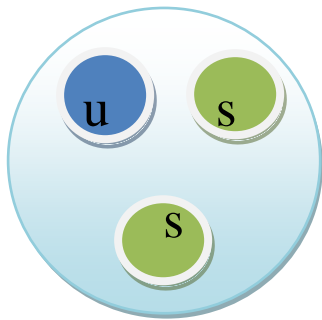


$$\Sigma^+ = (uus)$$

$$m(\Sigma^+) = 1189.37 \pm 0.07 \text{ MeV}$$

$$S = -1$$

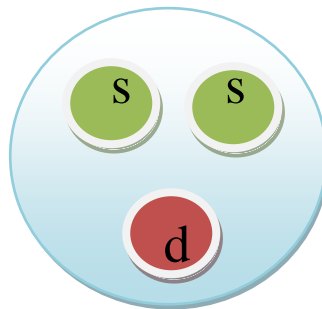
ÇAĞLAYAN



$$\Xi^0 = (uss)$$

$$m(\Xi^0) = 1314.86 \pm 0.2 \text{ MeV}$$

$$S = -2$$

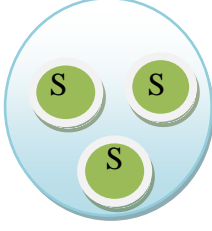


$$\Xi^- = (ssd)$$

$$m(\Xi^-) = 1321.71 \pm 0.07 \text{ MeV}$$

$$S = -2$$

OMEGA



$$m(\Omega)^- = 1672.45 \pm 0.29 \text{ MeV}$$

$$S = -3$$

$$\Omega^- = (sss)$$

Qark	Sembol	Yük (e)	Acayıplik (s)
YUKARI	u	2/3	0
AŞAĞI	d	-1/3	0
ACAYİP	s	-1/3	-1
TILSIM	c	2/3	0
ALT	b	-1/3	0
ÜST	t	2/3	0

Şekil 1.3. Lambda, Sigma, Çağlayan ve Omega hiperonların kuark içeriklerinin şematik gösterimi

1.1.1.1. Hiperonların Acayıplığı Nasıldır?

Ağır iyon hızlandırıcılarındaki CERN veya Dubna'daki deneylerde oluşan reaksiyonlardan Lambda hiperonunun üretildiği örnek bir reaksiyon aşağıdaki gibidir ve reaksiyona giren ve çıkan parçacıkların acayıplik sayıları korunmak zorundadır. Aşağıda iki reaksiyon örneği verilmiştir. İlk reaksiyonda yük ve acayıplik sayısı korunmaktadır.

$$\pi^- + p \rightarrow K^+ + \Lambda^0 + \pi^- \quad (\text{tesir kesiti milibarn mertebesindedir.})$$

$$(\bar{u}d) + (uud) \rightarrow (u\bar{s}) + (uds) + (\bar{u}d) \quad \text{Acayıplik sayısı korunmak zorundadır.}$$

Aşağıdaki reaksiyon ise asla OLUŞAMAZ. Çünkü yük korunumu olmasına rağmen acayıplik sayısı korunumu yoktur.

$$\pi^- + p \neq K^- + \Lambda^0 + \pi^+ \quad (\text{Böyle bir reaksiyon OLUŞAMAZ!})$$

$$(\bar{u}d) + (uud) = (\bar{u}s) + (uds) + (\bar{u}d)$$

Bu tip etkileşmelerde Gell-Man & Pais tarafından acayıpliğin korunması gerektiği deneysel olarak öne sürülmüştür. Bu buluşlarından dolayı Nobel Fizik ödülüne layık görülmüşlerdir.

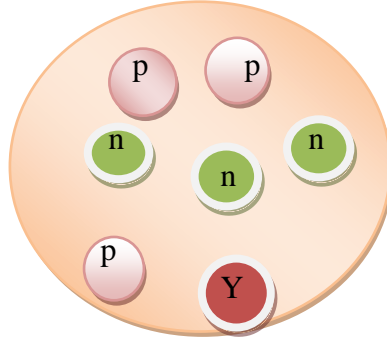
Ama aşağıda gösterilen zayıf etkileşmelerde acayıplik korunmaz. Zayıf etkileşme yapan parçacıkların yarı ömürleri 10^{-10} sn'dir.

$$\Lambda^0(uds) \rightarrow \pi^-(ud) + p(uud)$$

$$K^0(uds) \rightarrow \pi^+(u\bar{d}) + \pi^-(\bar{u}d)$$

2. HİPERÇEKİRDEK NEDİR?

Bir çekirdek içerisinde nükleonların (n, p) yanı sıra hiperon içeren çekirdeklere hiper çekirdekler denir. Yani hiper çekirdekler, nükleon ile birlikte yüksek enerji reaksiyonları sonucu oluşan ve en az bir hiperon (Λ , Ω , Ξ , Σ) tarafından meydana gelen parçacıklardır.



Gösterim:

$$\begin{matrix} A \\ Y \\ Z \end{matrix}$$

Y=Hiperon

$$A = N_n + N_p + N_y$$

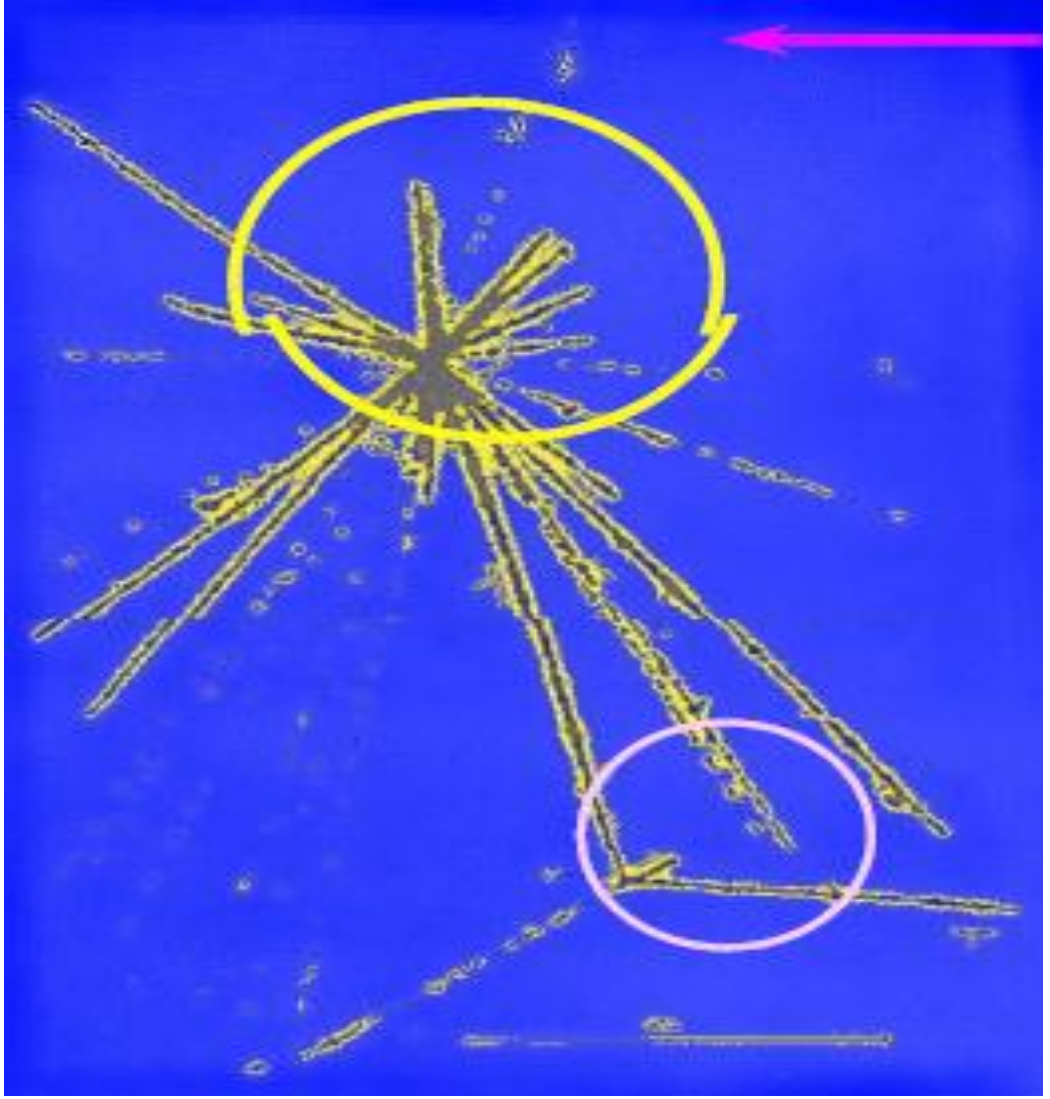
$$Z = Z_p + (N_y \cdot q_y)$$

Şekil 2.1. Bir hiper çekirdeğin içeriğinin şematik tasviri.

Hiper çekirdekler yukarıdaki gibi sembolize edilmektedir. Burada Z elementin adını (atom numarasını), A baryon numarasını ve Y ise hiperon sayısını gösterir. Örneğin ${}^{15}_{\Lambda}N$ hiper çekirdeği 7 tane proton, 7 tane nötron ve bir Λ parçacığından oluştuğunu ifade eder. Hiper çekirdeklerin incelenmesi hem nükleer hem de hadron fiziği alanında çalışmalar yapılmasına olanak sağlar, ayrıca yüksek yoğunlukta oluştuğu için astrofizikte özellikle nötron yıldızlarının (Schaffer ve ark., 1980) oluşumu hakkında bilgi edinmemize olanak sağlar.

2.1. Acayip Hiper çekirdeklerin Keşfi

İlk hiper çekirdek yeryüzünde kozmik ışınların çarptığı fotoğrafik emülsiyon şeklinde gözlenen reaksiyonda ortaya çıkmıştır. 1953 yılındaki M. Danysz ile J.Pniewski (Danysz, 1953) bu keşifleriyle Nobel ödülü almışlardır.

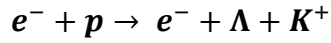


Şekil 2.2. Hiper çekirdeğin ilk gözleendiği reaksiyonun fotoğraf emülsiyonunun şematik gösterimi(Danysz, 1953).

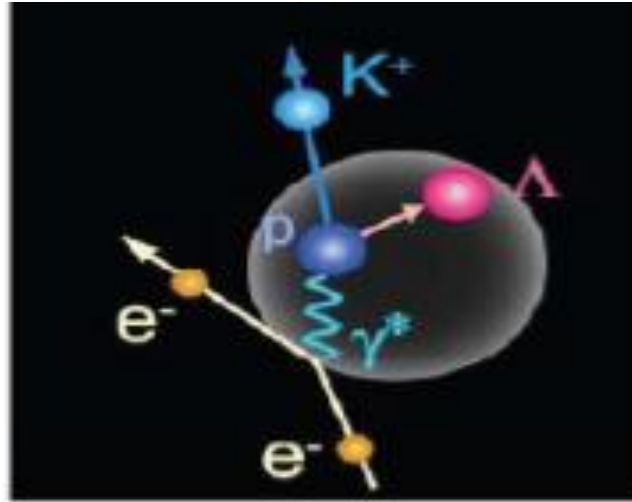
Şekilde kırmızı okla gösterilen ışın kozmik ışınlardan gelen yüksek enerjili protonu temsil etmektedir. Bu yüksek enerjili proton fotoğraf emülsiyonundaki bir çekirdeğe çarpıp bu çekirdeği birçok parçacığa parçalıyor. Sarı halka içerisindeki yıldız şeklinde görülen çizgiler, açığa çıkan parçaların fotoğraf filminde oluşturdukları çizgileri gösteriyor. Kısa bir yol kat ettikten sonra parçacıklar enerjilerini yitirerek yok olurlar. Bu reaksiyon sonucu açığa çıkan parçacıklardan birisi ilk kez gözlenmiş ve çok kısa bir sürede yok olmuştur. Bunun gibi nükleer parçacıklara hiper çekirdek ya da hiper parçacıklar denir.

Günümüze kadar 62 tane hiper çekirdek gözlenmiştir. Hiperonları içeren hiper çekirdeklerden Λ^0 içeren 50 civarı, anti-Lambda içeren bir tane, iki Lambda içeren çekirdekten de beş tane, sigma+ bir kez, çağlayan- beş kez deneysel olarak gözlemlenmiştir.

Bir hiper çekirdeği üretebilmek için geleneksel yöntem nükleonun hiperona dönüşmesidir.



Yukardaki reaksiyonu oluşturabilmek için hadron ya da elektron ışınları kullanılır. Aşağıda bu reaksiyonun oluşumunun şematik gösterimini çizdik.

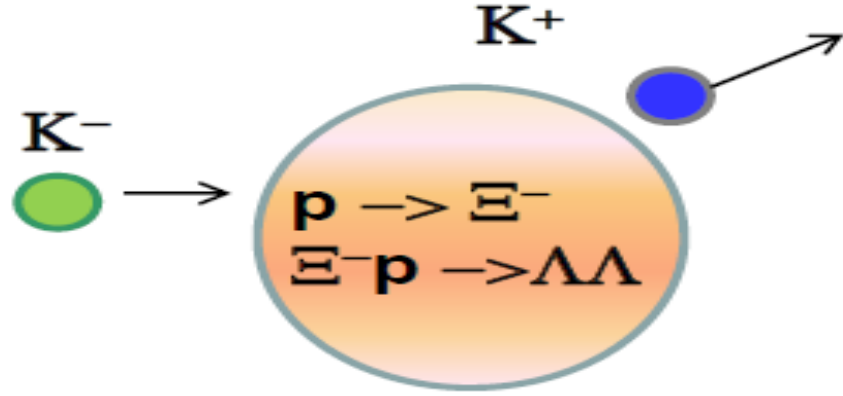


Şekil 2.3.Lambda üretimi için örnek reaksiyonun şematik gösterimi

Bu tür reaksiyonların avantajlarından birisi nükleer yapı çalışmalarını için iyi bir deneysel kaynak olmasıdır. Oluşan parçacıkların kütleleri spektroskopik belirlenebilir.

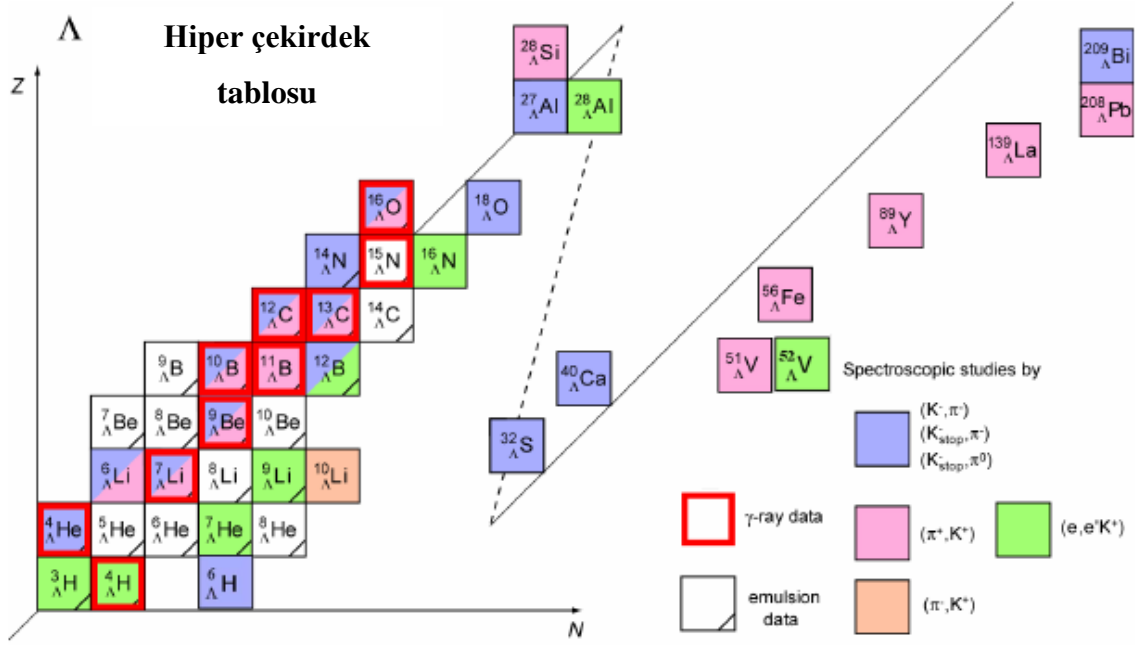
Bu tür reaksiyonların dezavantajından biri ise; sınırlı aralıktaki kütle ve yükteki çekirdekler için araştırmalar yapılabilir. Bu nedenle parçacıkların üretilebilme olasılığı düşüktür. Çoklu acayip çekirdekleri üretmek deneylerde çok zordur.

$\Lambda\Lambda$ iki aşamalı olarak üretilebilir. Şematik olarak nasıl üretileceğini aşağıda gösterdik. $\Lambda\Lambda\Lambda$ henüz deneysel olarak belirlenmemiştir.



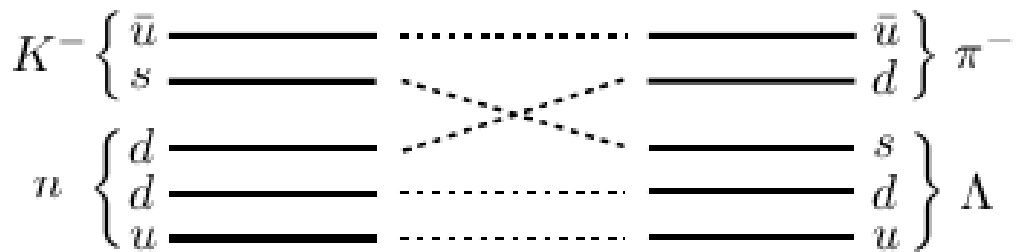
Şekil 2.4. $\Lambda\Lambda$ üretimi için örnek reaksiyonun şematik gösterimi

M.Danysz ile J.Pniewski'nin, hiper çekirdek keşfinden sonra, deneysel olarak,1970'li yıllardan bu yana CERN'de (Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi) (Bruckner, 1978)(K^-, π^-) reaksiyonları kullanılmıştır, daha sonra aynı reaksiyon ile Amerika'da bulunan Brookhaven National Laboratory (BNL) (Milner ve ark., 1985; Akel ve Shawis, 1991; Pile ve ark., 1991) daha sonra 1980'li yıllarda yine BNL'de ve Japonya'da bulunan (The High Energy Accelerator Research Organization) KEK araştırma merkezinde (Akel ve ark., 1991; Hashimoto ve ark., 1998; Hotchi ve ark., 2001) (p^+, K^+) reaksiyonu kullanılarak hiper çekirdekler araştırılmıştır. JLAB (Thomas Jefferson National Accelerator Facility) laboratuvarında elektromanyetik ($e, e'K^+$) üretim mekanizması (Hungerford, 1994) ile Λ -hiper çekirdek üretilmesinde yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerle elde edilen hiper çekirdekler aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Reaksiyon spektrometresi ile deneysel olarak elde edilen hiper çekirdek grafiği (Hashimoto and Tamura, 2006)

Hiper çekirdekleri farklı reaksiyon mekanizmaları ile elde etmek mümkündür. Bunlardan ilki 1970' li yıllarda K^- demeti kullanılarak yapılan ve $(K^- + n \rightarrow \Lambda + \pi^-)$ "strangeness exchange (acayıplık değişimi)" adı verilen reaksiyon türüdür. Şekil 2.6' da bu yöntem ile üretilen mekanizma gösterilmektedir. Bu yöntemde bir nötronun yer değişimi ile reaksiyon sonucu hiper çekirdek oluşumu gösterilmektedir.



Şekil 2.6.. (K^-, π^-) reaksiyonu ile Λ hiperonunun üretim mekanizması

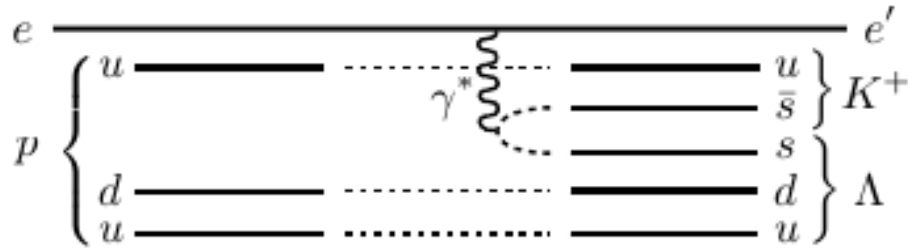
Bu reaksiyonda ağır olan Kaon'nun ilk kanalda yer alması sonucu momentum transferi küçüktür (~ 280 MeV), bununla birlikte differansiyel tesir kesiti büyüktür (Ejiri, 1994).

Hiper çekirdek üretiminde ikinci yöntem ise, (π, K^+) reaksiyonu kullanılarak oluşturulan ve “strangeness associated (acayıp ilişkili)” adı verilen reaksiyon türüdür. Şekil 2.7’de kuark modeli ile hiper çekirdek üretim mekanizması gösterilmektedir. Burada üretilmiş olan hiperona yüksek momentum transferi ($\sim 300-400$) MeV ‘dir. Yüksek momentum transferinden dolayı tesir kesiti “strangeness exchange (acayıplık değişimi)” metoduna göre küçüktür, bununla birlikte yüksek yoğunlukta pion demeti kullanılarak tesir kesit seviyesi arttırılabilir.



Şekil 2.7. (K^+, π^+) reaksiyonu ile Λ hiperonunun üretim mekanizması

Üçüncü yöntem ise $(e, e'K^+)$ reaksiyon mekanizmasıdır, Şekil 2.8’de kuark seviyelerini gösteren şemada bir protonun hiperona dönüşümü ile gerçekleşen bu mekanizma görülebilir. Bu reaksiyon $(e^- + p \rightarrow e' + \Lambda + K^+)$ momentum transferi ~ 350 MeV’ dir.



Şekil 2.8 $(e, e'K^+)$ reaksiyonu ile Λ hiperonunun üretim mekanizması

2.1. 1. Λ İçin Ortalama Ömür

İlk olarak Λ ’ nın ortalama ömür değerinin önceden yapılmış olan deneylerden 263 ± 2 ps olduğu bilinmektedir. Yapılan teoriksel ve deneysel çalışmalarda, ${}^3_\Lambda H$ hiper çekirdeğinin ortalama ömrünün Λ ‘nın ortalama ömrü kadar olduğu düşünülmekteydi. Yakın zamanda yapılan deneysel çalışmalarda ${}^3_\Lambda H$ hiper çekirdeğinin ortalama

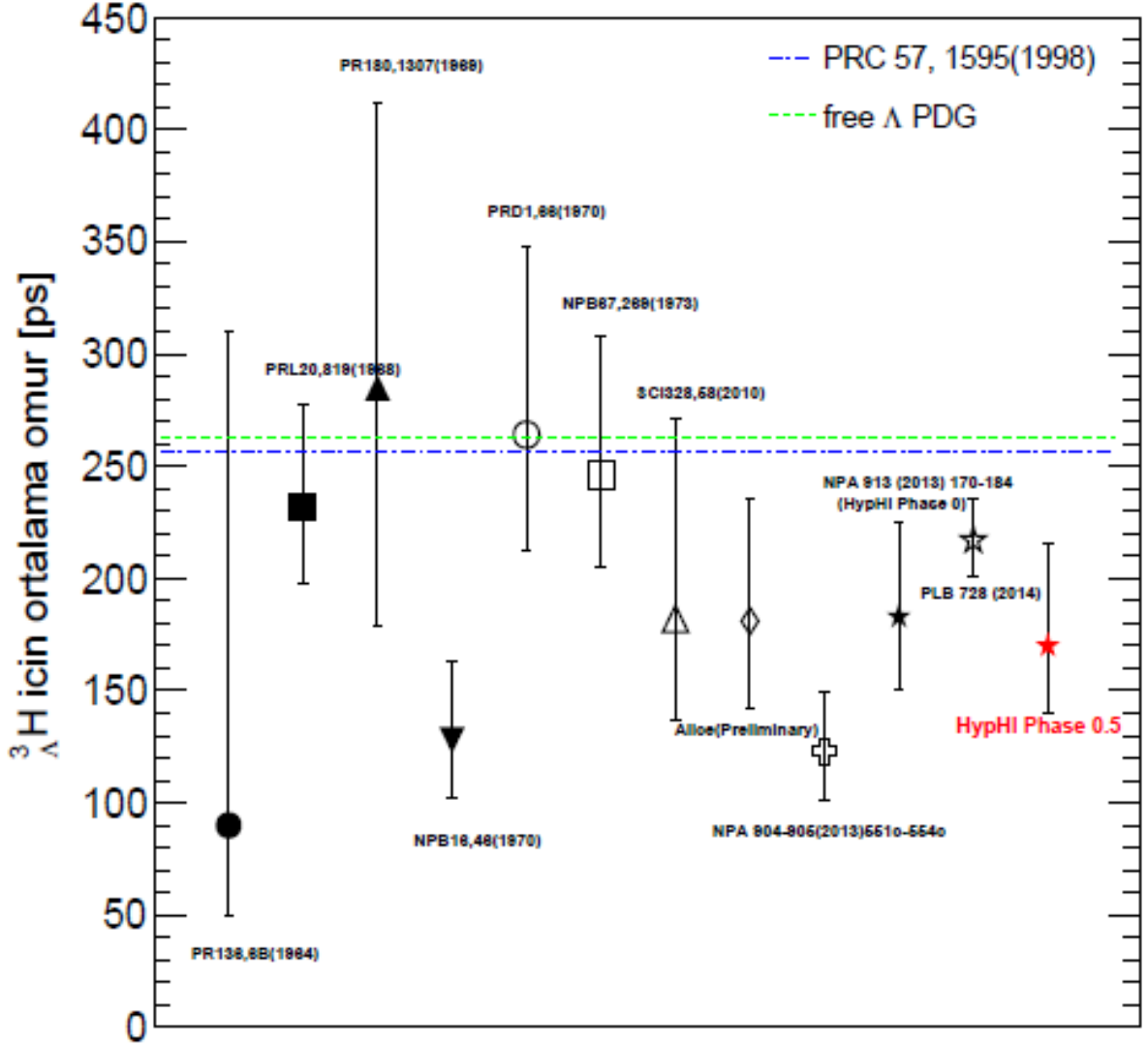
ömürünün (STARCollabration,2010; STARCollabraton,2013; (Rappold ve ark., 2013) daha kısa olduğu görülmektedir. Λ ortalama ömür değeri $263 \pm_{60}^{112}$ ps olarak ölçülmüştür.

2.1. 1.1. ${}^3_{\Lambda}H$ Hiper çekirdeğinin Ömür Hesabı

${}^3_{\Lambda}H$ hiper çekirdeğinin ömür hesabı için bilinen Λ ömür değeri ile alınan verinin analizinden ölçülen Λ ömür değeri kullanılarak ölçüm yapılmıştır. Ölçülen ömür değerinin bilinen değer ile kıyaslanması sonucu elde edilen faktör, veri ile elde edilen Λ' ya uygulanmıştır. Aynı şekilde bu faktör ${}^3_{\Lambda}H$ ömür değerinin bulunması için de kullanılan analizde uygulanmıştır. Λ' nin ömür hesabı için kullanılan metot, ${}^3_{\Lambda}H$ içinde uygulanmıştır. ${}^3_{\Lambda}H$ ortalama ömür değeri $170 \pm_{30}^{46ps}$ olarak ölçülmüştür.

Λ ve ${}^3_{\Lambda}H$ Hiper Çekirdekleri İçin Ortalama Ömür Değerleri

${}^3_{\Lambda}H$ Hiper çekirdeğinin ortalama ömür hesabının yapılması için Λ hiperonun bilinen değeri (263 ± 2 ps), kalibrasyon işlemi olarak kullanılmıştır. Yapılan kalibrasyon ile elde edilen Λ' nin ortalama ömür değeri $263 \pm_{60}^{112}$ ps olarak elde edilmiştir. Λ hiperonunun ortalama ömür değerinin bulunması için elde edilen faktör kullanılarak, ${}^3_{\Lambda}H$ hiper çekirdeği için ömür değeri ise $170 \pm_{30}^{46ps}$ olarak ölçülmüştür. Şekil 2.9' da verilen spektrumda, şu ana kadar yapılan farklı çalışmalarda ölçülen ${}^3_{\Lambda}H$ hiper çekirdeğinin ortalama ömür değerlerini göstermektedir. Mavi aralıklı çizgiler ile gösterilen ortalama ömür değeri, Λ' nin teoriksel olarak belirlenen ömür değerini ifade etmektedir (Kamada ve ark., 1998). Yeşil aralıklı çizgiler ise Λ hiperonu için ortalama ömür değerini göstermektedir (Amsler ve ark., 2008). Şekil 2.9' dan görüldüğü gibi yapılan ${}^3_{\Lambda}H$ ortalama ömür değeri özellikle son yıllarda yüksek teknoloji ile yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen değer ile uyum içerisindedir (Rappold ve ark., 2012); (STAR Collabration, 2010; STAR Collabration, 2013). Buna ek olarak HypHI kolabrasyonu tarafından, HypHI Phase 0 deneyi dahil olmak üzere şu ana kadar ${}^3_{\Lambda}H$ için elde edilen ortalama ömür değerlerinin hesaplanması ile ${}^3_{\Lambda}H$ için ortalama ömür değeri $217 \pm_{16}^{19}$ ps olarak elde edilmiştir (Rappold ve ark., 2014).



Şekil 2.9. ${}^3\Lambda H$ için dünya genelin de ölçülen ortalama ömür değerleri

Şekil 2.(5-9) ve bu şekillerin içerik açıklamaları hiper çekirdeklerin deneysel çalışmaları için bütünlüyci bilgi olarak “2 A GeV enerjili 20Ne demetinin 12C hedef üzerine bombardımanı ile gerçekleştirilen reaksiyon ile hafif hiper çekirdekler H-3(Lambda) ve H-4(Lambda) spektroskopisi” başlıklı Vakkas Bozkurt’un doktora tezinden (Bozkurt, 2015) alıntılanmıştır.

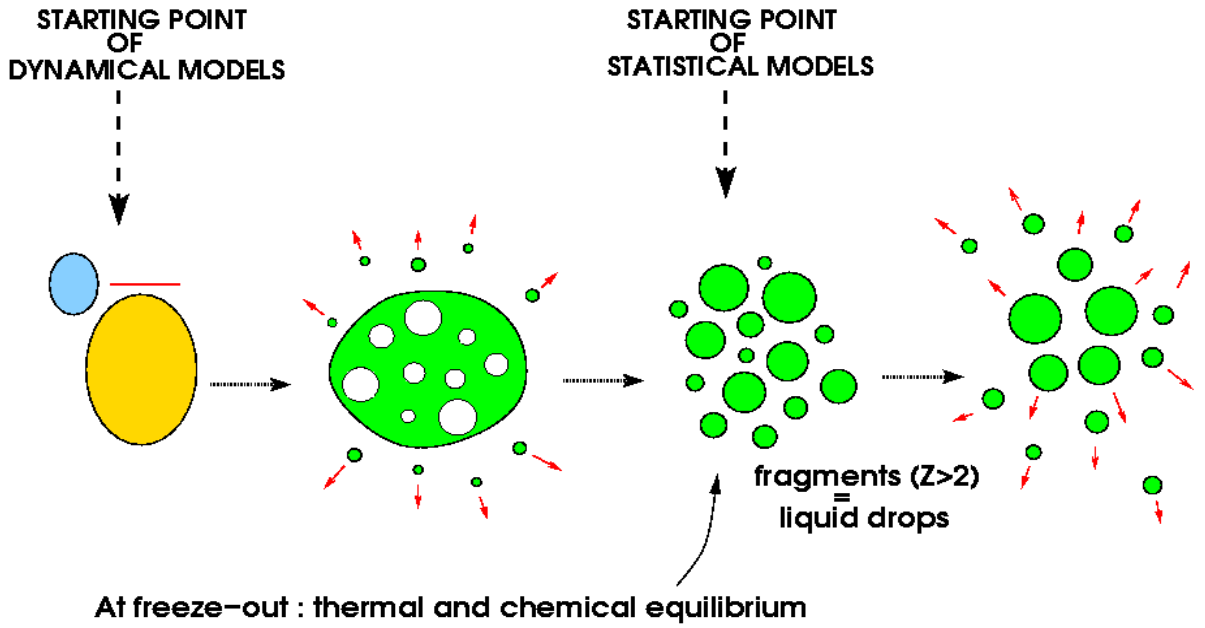
3. NORMAL NÜKLEER MADDE GENELLEŞTİRİLMİŞ İSTATİSTİK PARÇALANMA MODELİ

Uyarılmış bir çekirdek elde edebilmek için iki çekirdeği çarpıştırmak veya bir hadron ile bir çekirdeği bombardıman etmek gerekir. Bu etkileşimler sonucunda uyarılmış kararsız, sıcak ve yoğun bir atom çekirdeği yani nükleer madde oluşur. Bu nükleer madde kısa menzilli itici nükleon-nükleon etkileşimleri sonucunda genişlemeye başlar. Bu genişleme esnasında nükleer madde belirli bir noktada termodinamik dengeye ulaşır ve uyarma enerjisine bağlı olarak parçalanarak sıvı ve gaz fazındaki kütle numarası 4'den büyük nükleer damlacıkları ve $A \leq 4$ olan kabarcıklar oluşturur. Bu şekilde oluşan yüksek sıcaklık ve basınç altındaki maddenin davranışı sıvı-gaz faz geçişleri teorisi ile incelenebilir, nükleer maddenin hal denklemi belirlenerek olası sıvı-gaz faz geçişleri araştırılabilir. Böyle reaksiyonlar orta ve yüksek dereceli nükleer reaksiyonlardaki çok katlı parçalanma ile benzerlik gösterir.

Nükleer parçalanma için çok çeşitli modeller önerilmiştir. Modellerdeki çok çeşitlilik, çalışılan konunun ne kadar karmaşık olduğunu yansıtır. 80'li yıllardan buyana yapılan çalışmalar, hiçbir modelin orta ve yüksek enerjideki bir reaksiyonda çok uyarılmış nükleer sistemlerin bozunma, oluşum ve gelişiminin yeterliliğini tarifini tek başına vermediğini gösterir. Reaksiyonun seçilen bazı özelliklerini tanımlayan çeşitli yaklaşımları geliştirmek problemi çözmek için en uygun yol gözükmektedir. Buna göre her bir teorik modelin sonuçları ile deneysel sonuçlar sistematik olarak karşılaştırılmalıdır.

Günümüzde Copenhagen Modeli olarak adlandırılan SMM, (Bondorf ve ark., 1985; Botvina ve ark., 1985; Mishustin, 1985; Barenblatt ve Botvina, 1986; Barz ve ark., 1986; Botvina ve ark., 1987; Pshenichnov ve ark., 1999), (Sneppen, 1987; Sneppen ve Donangelo, 1989) nun kaynaklarında şekillendirilmiştir. Parçacıkların mikrokanonik, kanonik ve makrokanonik toplulukları için istatistik modelin genel formülasyonu yapılmıştır. Burada şekillenim uzayının özellikleri de çalışılmıştır. Tek bozunma kanalları ve temsili dağılım (partisyon) örnekleri için sayısal çözümler gerçekleştirilmiştir. Nükleer madde içindeki sıvı-gaz faz geçişi ile parçalanmanın ilişkisi gösterilerek parçalanmış sistemin termodinamik özellikleri çalışılmıştır. Reaksiyonun son aşamalarında Coulomb yayılması (Botvina ve ark., 1982) ve sıcak

parçacıkların yeniden uyarılmaları (de- excitation) (Sneppen, 1987) sayısal çözümlerle gerçekleştirilmiştir. Sonlu nükleer sistemler için uygun olan istatistiksel parçalanma modelleri, (Fai ve Randrup, 1983; Lopez ve Randrup, 1990),(Gross, 1984; Zhang ve ark., 1987; Gross, 1990) tarafından da geliştirilmiştir. Modelin böyle versiyonları; sayısal hesaplama metotları, bireysel parçacıkların tanımı ve istatistiksel topluluğun seçiminde farklılık gösterir. Yine de istatistik modeller farklılıklardan daha çok ortak özelliklere sahiptirler.



Şekil 3.1. Nükleer çok katlı parçalanmanın model şeması.

Bu model ağır iyon çarpışmaları sonucunda ya da çekirdeğin yüksek enerjili hafif parçacıklarla bombardıman edilmesi sonucunda bir çekirdeğin parçalanmasını en iyi şekilde açıklayan bir modeldir. Nükleer parçacıkların oluşum süreci orta derecede uyarılmış nükleer sistemin oluşumu aşaması, bireysel parçacıkların ayrışması ve sistemin genişlemesi aşaması, sıcak birincil parçacıkların yeniden uyarılması aşaması gibi çeşitli aşamalara ayrılabilir. Şekil 3.1'deki şemada gösterildiği gibi iki ağır iyon orta enerjilerde çarpıştığında ya da bir ağır iyon yüksek enerjili bir hadron ile uyarıldığında, sıcak ve sıkışmış bir nükleer madde oluşur. Daha sonra bu madde basınç nedeniyle dışarıya doğru genişleme sürecine girer. Bazı dinamik süreçlerin sonucu olarak V hacimli, E_0 uyarma enerjili, A_0 nükleon sayılı ve toplam yükü Z_0 olan uyarılmış

nükleer madde oluşur. Yüksek uyarma enerjisinin neden olduğu yüksek basınç yüzünden ve muhtemelen sıkışma yüzünden, nükleer madde genişler ve soğur. Bu genişleme süreci içerisinde nükleon parçacık yoğunluğundaki dalgalanmaların sonucu olarak nükleonlar gaz fazından sıvı fazına dönüşür. İrili ufaklı bu nükleer damlacıklar, p, n, d, t, ³He ve α gibi parçacıkları yayınlayarak $\rho_0/2 < \rho < \rho_0$ da gaz (bubble-kabarcık) faz oluşur. İç basınç yeterince büyük değilse sistem çatlama noktasına ulaşamaz ve biraz genişledikten sonra tekrar bir kabarcık oluşturacak şekilde sıkışır. Sistem, salınımlar yaparak uyarılma enerjisini salar ve buharlaşır ya da fisyonu uğrar. Bu yeterince uzun yaşam süreli duruma bileşik çekirdek denir. Standart bileşik çekirdek durumu sadece düşük uyarma enerjilerde geçerlidir. Çünkü bu durumda hafif parçacıkların buharlaşması ve fisyon kanalları baskındır. Bununla birlikte bu durum, çekirdek hızlı bir biçimde çok sayıda parçacıklara bozunduğundan yüksek uyarma enerjilerinde ($E^* \geq 2 - 3 \text{ MeV/nükleon}$) uygulanabilir değildir.

Çoğu deneyde (Botvina ve Gross, 1995; Botvina ve ark., 1995; Scharenberg ve ark., 2001), (Pienkowski ve ark., 2002), (Avdeyev ve ark., 1998; Bellaize ve ark., 2002; Botvina ve ark., 2006) görüldüğü gibi dengedeki bir kaynak bu durumda da oluşabilir ve istatistik modeller genelde parçacık oluşumunu tanımlamada çok başarılıdır.

Ara sistemin parçalanmasına kadar geçen genişleme süresi başlangıç şartlarına kuvvetli bir şekilde bağlıdır. Başlangıçta hızlı bir genişlemeye neden olan sıkışma durumunda, bu süre 50 fm/c civarındayken; genişleme normal nükleer yoğunluktan başladığında bu süre hadron-çekirdek veya yüzeysel ağır iyon reaksiyonları için birkaç 100 fm/c kadar uzun olabilir (hadron-çekirdek, merkezci olmayan çekirdek- çekirdek çarpışmaları sonucunda).

Genişleme sırasında sistemin farklı kısımları arasında şiddetli enerji, yük ve kütle değişimleri gerçekleşir. Bu nedenle, ayrışmadan hemen önce en azından parçal (partial) bir termodinamik denge kurulduğunu kabul edebiliriz. Parçacık oluşum süreci kararsız bir ortamda gerçekleşir, bu nedenle kargaşalı bir karakterdedir. Olaydan olaya parçacık bileşiminde büyük değişiklikler beklenebilir. Bu nedenle, tek bir olaydaki çeşitli tipteki parçacıklar üzerinde kimyasal bir denge göz önüne alınmaz. Kimyasal denge yalnızca her bir parçacık türünün ortalama çarpanı (çok katlılık, “multiplicity”) ile ilgili duruma karşılık gelecektir. Nükleer damlacıkların yüzeyleri arasındaki uzaklık nükleer kuvvetlerin menziline ulaştığında (2-3 fm) ayrışmanın olduğu kabul edilir. Daha sonra damlacıklar arasındaki kuvvetli etkileşimler kaybolur ve birincil (primary)

parçacıklar oluşur. Bu, donma (freeze-out) geçişi $\rho_0/2$ ile $\rho_0/10$ yoğunluk değerleri aralığında oluşur. Burada $\rho_0 \sim 0.15 \text{ fm}^{-3}$ dengedeki çekirdek yoğunluğudur.

Açık bozunma kanallarının sayısı, 2-8 MeV/nükleon uyarılma enerjisi aralığında çok fazladır. Bu durumda, parçacıkların son durumlarını tanımlamak için istatistiksel yaklaşımlar kullanmak daha uygun olur. Dinamik modellerde sistem oluşumunun son durumları verilen başlangıç şartlarından bulunurken, istatistiksel yaklaşımda tüm olası son durumlar seçilir ve bağıl olasılıkları hesaplanır. İstatistiksel fizik kurallarına uygun olarak, her bir bozunma kanalının olma olasılığı onun istatistiksel ağırlık fonksiyonu ile verilir. Bu durumda geriye kalan iş, bütün kanallar üzerinden toplam enerji, kütle numarası ve yük korunumu göz önüne alınarak, bu ağırlık fonksiyonunun hesaplanmasıdır. Başlangıçtan son duruma geçişi tanımlayan matris elemanlarındaki farklılık bu yaklaşımda ihmal edilir. Açık kanalların sayısı çok büyük olduğu zaman, bu yaklaşım iyi bir yaklaşımdır. Çünkü istatistiksel ağırlıklar birçok büyüklük mertebesinde kanaldan kanala değişir.

Sonuç olarak yukarıda tanımlanan ara sistemin ayrışması senaryosu şu kabulleri içerir: Kuvvetli etkileşmelerin etkin olduğu bir ρ_b yoğunluğundan genişleme ve parçalanma moduna geçiş çok şiddetli olur, sistemin termodinamik karakterlerini yansıtan sıcaklık T ve entropi S gibi fiziksel büyüklüklerin tanımlanması için gerekli olan bir termodinamik denge oluşmalıdır, farklı bozunma kanallarının olasılıklarının istatistiksel bir dağılımı olmalıdır.

4.KAYNAK ARAŞTIRMASI

Geleneksel olarak, hiper çekirdek fiziği spektroskopik bilgiye odaklanır ve bu bilgi oldukça az sayıda uyarılmış lepton-hadron reaksiyonlarından toplanabilir(Bando ve ark., 1990; Schaffner ve ark., 1993a; Hashimoto ve Tamura, 2006). Bu reaksiyonlar da doğrudan üretilen kaonlar genellikle taban durumu ve uyarılmış halde bulunan hiper çekirdekleri ayırmak için kullanılır. Bununla birlikte, rölativistik iyon çarpışmalarında ve çekirdeklere büyük miktarda enerjinin aktarıldığı diğer reaksiyonlarda, (Danysz ve ark., 1983) STAR collaboration, 2010, (Donigus ve Collaboration, 2013), hiper çekirdekler ile ilgili çok teşvik edici sonuçlar elde edilmiştir(Ablyazimov ve ark., 2017; Vassiliev ve ark., 2017),(CBM collaboration), (Saito ve ark., 2012) (HypHI collaboration). Birçok deneysel iş birliği; The PANDA Collaboration (2006), (Vassiliev ve ark., 2015; Vassiliev ve Lysenko, 2015). (CBM collaboration) (2015), (Saito ve ark., 2012) (HypHI collaboration),SuperFRS, GSI(FAIR) 'da R3B, ve Nükletron-tabanlı İyon Çarpıştırıcısı Tesisi NICA'daki MPD (NICA White paper) rölativistik hadronlar ve iyonlar tarafından tetiklenen reaksiyonlarda hiper çekirdekleri ve özelliklerini araştırmayı planlamaktadır. İzospin uzayındaki sınırlar, parçacıkların kararsız enerji seviyeleri, çoklu acayip çekirdekler ve hassas ömür ölçümleri, bu parçalanma reaksiyonlarının kendine özgü konularındandır.

Uzun zaman önce keşfedilen hiper çekirdeklerin, derin-inelastik reaksiyonlardaki parçalanma süreçlerinde oluşma ihtimalini özellikle vurgulanmıştır (Botvina ve ark., 2011). Daha önce (Botvina ve ark., 2013; Buyukcizmeci ve ark., 2013a) tarafından tartışıldığı gibi, yüksek enerjili hadronlar, leptonlar ve iyonlar tarafından başlatılan bu reaksiyonlarda, egzotik olanlar da dâhil olmak üzere üretilen (olağanüstü izospinli) hiper çekirdeklerin çok geniş bir dağılımı elde edilebilir. Bu dağılımlar, nükleer tabloya acailik bölümü ekleyerek çekirdeklerin yapısını incelemeye yardımcı olabilir(Bando ve ark., 1990; Schaffner ve ark., 1993b; Hashimoto ve Tamura, 2006; Iono ve ark., 2006), İkiden fazla hiperon içeren karmaşık çoklu-hiper-nükleer sistemler çekirdek-çekirdek çarpışmalarında üretilebilir ve bu $|s| = 2$ 'nin ötesine geçmek için akla yatkın tek yöntem olabilir. Hem yanal relativistik ağır-iyon çarpışmaları hem de uyarılmış-hadron reaksiyonlarıyla ilgili olan 'normal nükleer reaksiyonlar' araştırılarak bu çalışmalarda önemli teorik ilerleme kaydedildi (Rudy ve ark., 1995; Botvina ve ark., 2015; Gaitanos ve Kaskulov, 2015; Botvina ve ark., 2017b; Botvina ve ark., 2016).

tarafından uyarılmış bileşik çekirdekten hafif parçacıkların buharlaşması ve bileşik çekirdeğin fisyonu gibi iki çok popüler nükleer reaksiyon modeli, uyarılmış hiper çekirdeklerin bozunmasını tanımlamak için genelleştirilmiştir. Daha önce (Armstrong ve ark., 1993; Buyukcizmeci ve ark., 2013b) referanslarında analiz edilen çoklu parçalama süreçlerine yol açan yüksek uyarma enerjili durumlara ek olarak, düşük uyarma enerjili durumlar için özellikleri de incelemişlerdir. Böylece, hiper çekirdeklerin oluşumu için birçok yeni olasılık ortaya çıkmaktadır. Hiper çekirdeklere yönelik, özellikle de GSI/FAIR ve diğer hızlandırıcılarda, yapılan yeni deneyler bu tür üretim mekanizmaları kullanılarak yönlendirilebilir.

Nükleer fiziğin kapsamı günümüzde temel parçacıklar, kuark ve gluonlardan süpernova patlamaları gibi en devasa kozmik olaylara kadar uzanır. Kozmik patlamaların kalıntıları nötron yıldızlarıdır. Çok yüksek nükleer yoğunluklu bir çekirdeğe veya düşük nükleer yoğunluklarda bir kabuksu yapıya sahip olabilen böyle yıldızlı maddeler nükleer fiziğin tüm özelliklerini içerir. İki güneş kütlesi nötron yıldızlarının son gözlemleri (Demorest ve ark., 2010; Antoniadis, 2013) yüksek yoğunluklarda hadronik maddenin hal denkleminin geçerliliğini sınırlamaktadır. Fakat böyle dikkate değer gözlemler bile nötron yıldızlarının içerik oluşumları hakkında kesin bir açıklama getirmemektedir. Bu sınırlı bilgi, baryonik sistemlerdeki baryon-baryon ve çok-cisim etkileşimlerinin, çoklu karışımlar gibi temel kuark-gluon dinamikleri ile ilişkilerine değinilmediğini ve eksikliği yansıtır. Üç çeşitli (three-flavor) nükleer hal denkleminin detaylı çalışmaları nötron yıldızlarının yapısını anlamak ve temel Kuantum Kromodinamik (KKD) teorileri geliştirmek için zorunlu olacaktır.

Aslında hiper çekirdeklerin araştırılması, nükleer astrofizik ve parçacık fiziği çalışmalarında yeni ufuklar vadeden ve geleneksel nükleer çalışmalarını geliştirmek için tamamlayıcı metotlar sağlayan nükleer fiziğin hızla gelişen alanlarından biridir (Bando ve ark., 1990; Schaffner ve ark., 1993a; Greiner, 1996; Hashimoto ve Tamura, 2006; Schaffner-Bielich, 2008), Special issue on Progress in Strangeness Nuclear Physics 2012,(Buyukcizmeci ve ark., 2013b) (Hell ve Weise, 2014).Yüksek yoğunluk ve düşük sıcaklıklarda nükleer hal denklemini için temel düzeltmeler üçlü baryon etkileşimlerinin özelliklerinden elde edilebilir (Gal, 1996; Nishizaki ve ark., 2001; Lonardoni ve ark., 2013; Yamamoto, 2013)

Şu anda, hiper nükleer fizikteki çalışmalar sınırlı sayıda reaksiyonun incelenmesi ve hala spektroskopik bilgi edinilmesi üzerine odaklıdır. Kaonları da içeren birkaç parçacığın oluşumuna neden olan yüksek enerjili hadronlar ve leptonlarla uyarılmış böyle reaksiyonlarla taban ve düşük uyarılmış durumlardaki hiper çekirdekler incelenebilmektedir. Bu durumda , $\rho_0 \approx 0.15 \text{ fm}^{-3}$ nükleer doyma yoğunluğu civarında baryon yoğunluklu hiper sistemler oluşur. Bu nedenle daha önceki teorik çalışmaların çoğunluğu soğuk hiper çekirdeklerin yapısının hesaplanması üzerine odaklanmıştır.

Ancak yine de, PANDA (The PANDA collaboration), FAIR için FOPI/CBM ve Super-FRS (Rappold ve ark., 2013), RHIC’de STAR (The STAR collaboration 2010), LHC’de ALICE (Donigus ve Collaboration, 2013), NICA’da MPD (NICA white paper) gibi pek çok deneysel işbirliği grupları hadron ve ağır iyon reaksiyonlarında hiper çekirdeklerin özelliklerini araştırmayı planladılar veya çalışmaya başladılar. İzospin uzayındaki sınırlar, parçacık kararsız haller, çoklu acayip çekirdekler ve yarı ömür belirleme ölçümleri böyle parçalanma reaksiyonlarının araştırma konularıdır.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Sıcak ve uyarılmış hipermaddenin ayrışması, Bölüm 3’de genel tanımlaması yapılan SMM’in hiper çekirdekler için geliştirilmiş versiyonu olan hiper SMM ile tanımlanır. Bu hesaplama yöntemini de aşağıdaki gibi açıklayalım:

5.1. Hiper Madde ve Hiper çekirdeklere Ayrışma

Başlangıç olarak istatistiksel yaklaşımla aşağıda belirtilen hesaplamaları yaptık. Hiper maddenin ayrışmasını tasvir etmek için tasarlanan hiper SMM (Botvina ve Pochodzalla, 2007) Hesaplamalar için büyük kanonik, kanonik ve mikro kanonik istatistiksel topluluklar kullanılabilir. $H_0=0$, hiperonsuz SMM hesaplamalarına karşılık gelmektedir. $H_0>0$ durumunda SMM modeli hiper çekirdekler hiper-SMM modeline dönüşür.

SMM içinde parçacıkların bağlanma enerjileri sıvı damlası yaklaşımı ile hesaplanır. $A<4$ olan hafif nükleer parçacıklar literatürdeki deneysel bağlanma enerjileri ve spinleri dikkate alınarak gaz parçacıklar kabul edilir. $A=4$ olan parçacıklar da gaz parçacıklar kabul edilir.

Ancak, $E_x=AT^2/\epsilon_0$ (ϵ_0 seviye yoğunluk parametresi) ile hesaplanan ${}^4He, {}^4_{\Lambda}He, {}^4_{\Lambda}H$ gibi bazı uyarılmış durumlar dikkate alınır. $A>4$ parçacıklar sıcak sıvı damlaları olarak kabul edilir. Donma hacminde hipermaddenin nükleer sıvı-gaz fazın aynı anda varoluşunu dikkate alabiliriz.(Botvina ve Pochodzalla, 2007) tarafından böyle parçacıkların iç serbest enerjileri, hacim F^{hacim} , yüzey $F^{yüzey}$, simetri $F^{simetri}$, Coulomb $F^{Coulomb}$ ve hiper F^{hiper} enerji terimlerinin toplamı

$$F_{AZH}(T, V) = F_A^{hacim} + F_A^{yüzey} + F_{AZH}^{simetri} + F_{AZ}^C + F_{AH}^{hiper} \quad (1)$$

olarak ifade edilmiştir. H Lambda sayısını göstermektedir. İlk üç terim standart sıvı damlası yaklaşımından yazılmıştır (Bondorf ve ark., 1995).

$$F_A^{hacim} = \left(-\omega_0 - \frac{T^2}{\epsilon_0} \right)$$

$$F_A^{yüzey} = \beta_0 \left(\frac{T_c^2 - T^2}{T_c^2 + T^2} \right)^{5/4} A^{2/3}$$

$$F_{AZH}^{simetri} = \gamma \frac{(A - H - 2Z)^2}{(A - H)}$$

Burada, $\omega_0=16$ MeV, $\beta_0 = 18$ MeV, $T_c = 18$ MeV and $\gamma = 25$ MeV deneylerden çıkarılmış model parametreleri olup nükleer çok katlı parçalanma için iyi bir şekilde tanımlamaktadır. Denklem 1'deki dördüncü terim Wigner-Seitz yaklaşımına göre parçacıkların Coulomb etkileşimini ifade eder (Bondorf ve ark., 1995). Hiper parçacıkların serbest enerjisi ise:

$$F_{AH}^{hiper} = \left(\frac{H}{A} \right) (-10.68A + 21.27A^{2/3}) \quad (2)$$

ile tanımlanmıştır. Bu serbest enerji eşitliği, tek tip (Lambda veya sigma) hiperon içeren sistemler için geçerli olan sonuçları gösterebilir. Hiper maddenin ayrışması sonucu oluşan hiper çekirdekler ve onların bağlı ürünleri arasındaki ilişki madde içinde hiperon etkileşimi hakkında bilgi edinmemizi sağlayacaktır. Maddenin hal denklemi parçacıklar arasındaki etkileşime ve ayrışmalarına da bağlıdır. Bununla ilgili öncü çalışmalar (Botvina ve Pochodzalla, 2007; Buyukcizmeci ve ark., 2013b) tarafından zaten başlatılmıştı. Bu tez çalışmasında, hiper Maddenin ayrışmasında parçacıkların izotop ürünlerini detaylı olarak inceleyerek hiper parçacıkların özellikleri hakkında bilgi edinmeye çalıştık.

Ayrışma sonlu sistemlerde faz geçişleri gibi de düşünülebilir. Faz geçişlerinde kiritik üstel çarpanlar gibi (Scharenberg ve ark., 2001) bazı parametreleri incelenmesiyle maddenin hiperon içeriğinin süresi nasıl etkilendiğini ve nötron yıldızları için gerçek sonsuz madde durumuyla bağlantının nasıl kurulabileceği gösterilebilir. Proton ve nötron kararsızlık eğrilerinin ötesindeki hiper parçacıklar bu araştırmamızda çok önem taşımaktadır. Hiper-SMM Monte Carlo kodu ile gelecekte yapılması planlanan deneylerin verileri ile karşılaştırmaları dikkate alarak her bir olay için ayrışma olayı

tasvir edilmiştir. Her bir hesaplama için standart olarak 100.000 olay üzerinden hesaplamalar yaptık.

5. 2. Sıcak Hiper Parçacıkların Yeniden Uyarılmaları

Hafifçe uyarılmış nükleer artık çekirdeklerle, birincil sıcak parçacıkların yeniden uyarılmaları yanal reaksiyonların ana süreçlerinden biridir. Standart SMM ((Bondorf ve ark., 1995) hafif parçacıkların Fermi ayrışması, buharlaşma, ağır parçacıkların fisyonu gibi her tür yeniden uyarılma süreçlerini içermektedir ve hiper-SMM modeli (Botvina ve Pochodzalla, 2007; Buyukcizmeci ve ark., 2013a) için bu süreçlerden buharlaşma ve ağır parçacıkların fisyonunu içeren model kısımlarını hiperonları dahil ederek (Buyukcizmeci ve ark, 2016) tarafından genişletilmiştir.

İstatistiksel tanım zamanı açıkça içermemesine rağmen, birincil parçacıkların oluşum süreci ve ayrışma hacminde sistemin yayılma süresi $\tau_{exp} \sim R/Cs \sim 50-100$ fm/c civarında tahmin edilmektedir. Son ayrışma durumunun oluşumu daha uzun bir zaman ölçeği ile karakterize edilir. Bu aşamada parçacıklar karşılıklı Coulomb alanının etkisi altında hareket ederler. Sıcak parçacıkların yeniden uyarılmaları da bu aşamada gerçekleşir. Böyle süreçler, hafif parçacıkların artmasına ve parçacık enerjilerinin yeniden dağılımına neden olur. Özellikle birincil sıcak parçacıklar ve bunların parçacık yayınlamak dönüştüğü soğuk parçacıklar bu süreçlerin bir sonucudur. Standart SMM (Bondorf ve ark., 1995; Eren ve ark., 2013) içinde bu süreçlerin normal ve uyarılmış çekirdekler için nasıl incelendiği literatürdeki çalışmalarda mevcuttur.

Rölativistik ağır iyon çarpışmalarındaki normal çoklu parçalanma sürecinin tanımını için başarıyla uygulanmış istatistiksel çoklu parçalanma modeli (SMM) (Geissel ve ark., 2003; Gaitanos ve ark., 2009; Gal ve Pochodzalla, 2012; Eren ve ark., 2013) ,(Botvina ve ark., 2015) 'de hiper çekirdekler için genişletilmiştir.

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

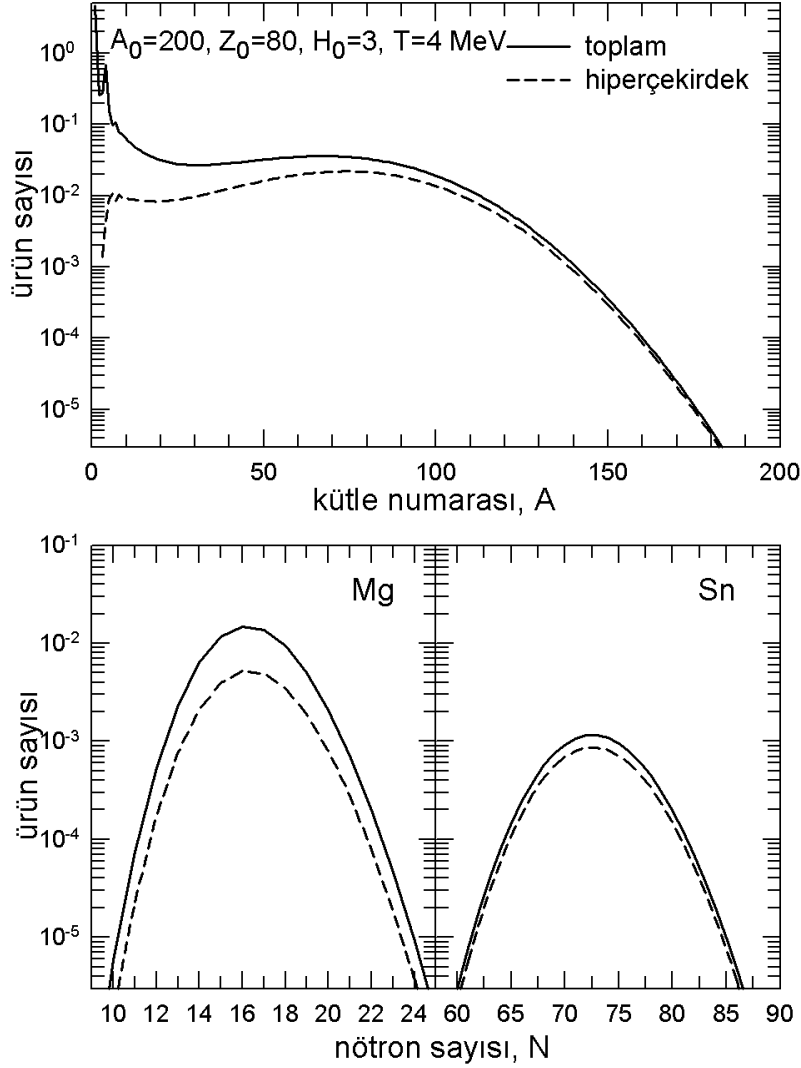
Bu bölümde araştırmalarımız için yaptığımız hesaplama sonuçlarımızı tartışacağız.

6.1. Parçacıkların Kütle ve İzotop Kompozisyonu

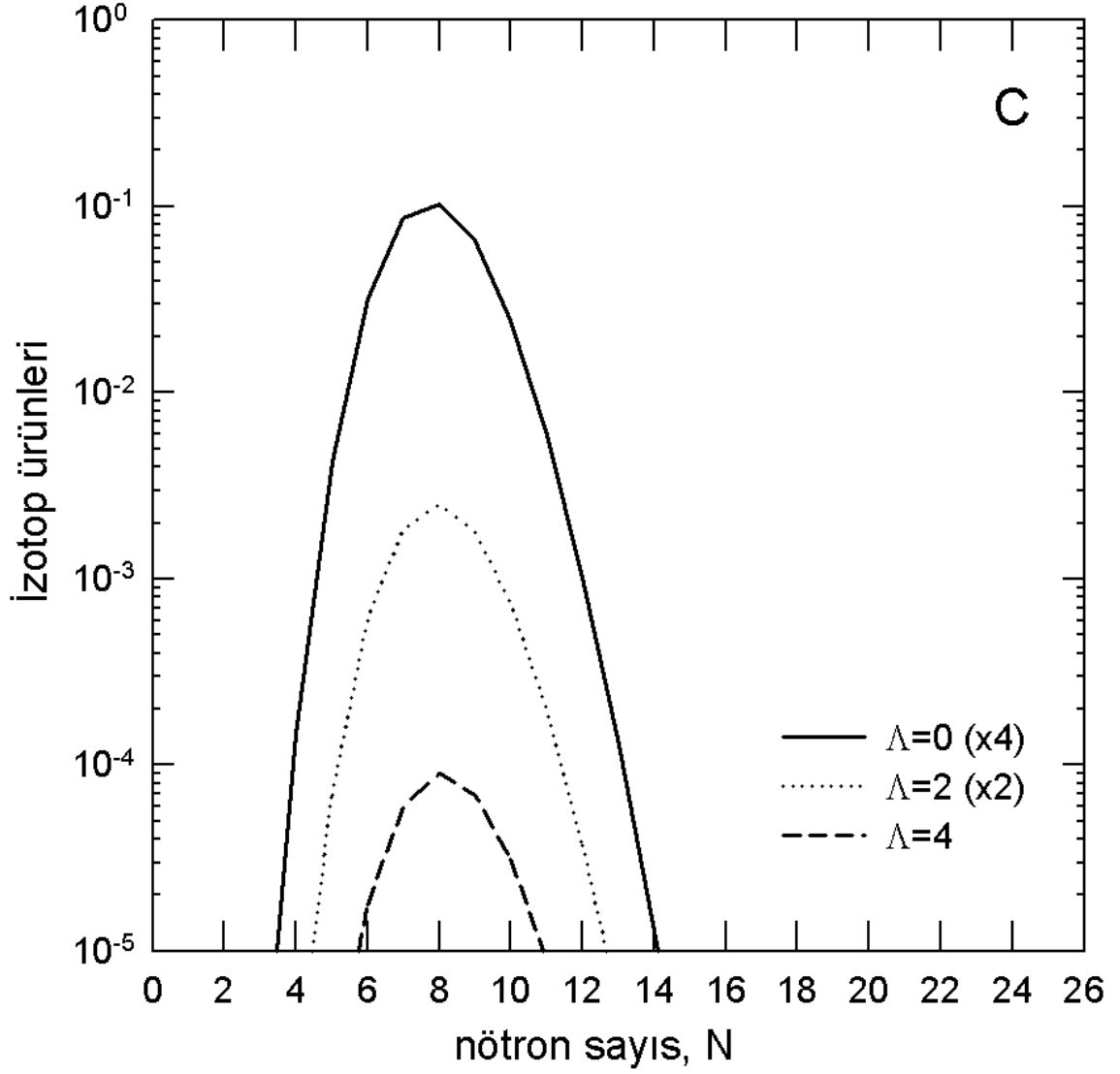
Başlangıç olarak, kütle numarası $A_0=200$ ve atom numarası $Z_0=80$ ve içerdiği Lambda hiperon sayısı $H_0=3$ olan bir hiper çekirdeği seçtik. Böyle bir sistem ihmal edilemez bir olasılık ile göreceli ağır iyon çarpışmalarının ilk dinamik aşamasından sonra üretilebilir (Botvina ve ark., 2017a). Bu hiper çekirdeğin $T=4$ MeV sıcaklıkta normal nükleer madde yoğunluğunun üçte biri yoğunlukta bir sisteme parçalanmasını 100.000 olay üzerinden hiper-SMM kodunu kullanarak hesaplayarak kütle dağılım grafiğini Şekil 6.1 üst panelde gösterdik. Böylece, hipermadde için hesapladığımız sonuçları genelleştirmek için, 3 absorbe edilmiş λ hiperonu olan bir sistem için parçalanma hesaplarının sonuçlarını gösterdik. Büyük ve küçük parçacıkların bir arada bulunduğu bölgeyi keşfetmek için, sonlu sistemlerde sıvı-gaz faz geçişini tanımlayan ve çoklu parçalanma reaksiyonlarında da gözlemlenen $T=3-5$ MeV gibi sıcaklık aralığında bulunan $T=4$ MeV sıcaklığı için hesaplamalar yaptık (Bondorf ve ark., 1995). Nötron kararlılık çizgisine yakın sistemlerden örnek vermek istediğimiz için, büyük, kararlı ve izospin içeriği 0.4 olan $A_0=200$, $Z_0=80$ olan bir çekirdeği ele aldık. Şekil 6.1.'de hiper çekirdek ve toplam çekirdek ürünleri için ürün sayısının kütle numarası A 'ya göre değişimi görülebilir. Sürekli çizgi parçalanma sonucunda açığa çıkan normal ve hiper çekirdeklerin dağılımını göstermektedir. Kesikli çizgi de çok katlı parçalanma sonucunda açığa çıkan hiper çekirdeklerin dağılımını göstermektedir. Hiper çekirdeklerin ortaya çıkma olasılığı normal çekirdeklerin oluşma olasılığına göre çok daha düşük olduğu gösterilmiştir. Orta kütleli parçacıkların sayısındaki değişimden, normal bir çekirdeğin parçalanması sonucu ortaya çıkan orta kütleli parçacık sayısının hiper çekirdek parçalanması sonucu açığa çıkanlardan fazla olduğu görülmektedir. Yani, bu parçacık ürünleri, çekirdeklerin bilinmeyen özellikleri hakkında bilgi edinmek için kullanılabilir.

Şekil 6.1 deki iki alt panel, çok katlı parçalanma sonucunda açığa çıkan ve yalnızca bir Lambda hiperonun yakalamış hiper çekirdeklerin ve normal çekirdekleri dağılımlarında Mg ve Sn elementlerinin izotop dağılımlarını göstermektedir. Sıcaklık değeri $T=4$ MeV olarak kabul edilmiştir. Bu durumda; hiperonlar, büyük bağlanma

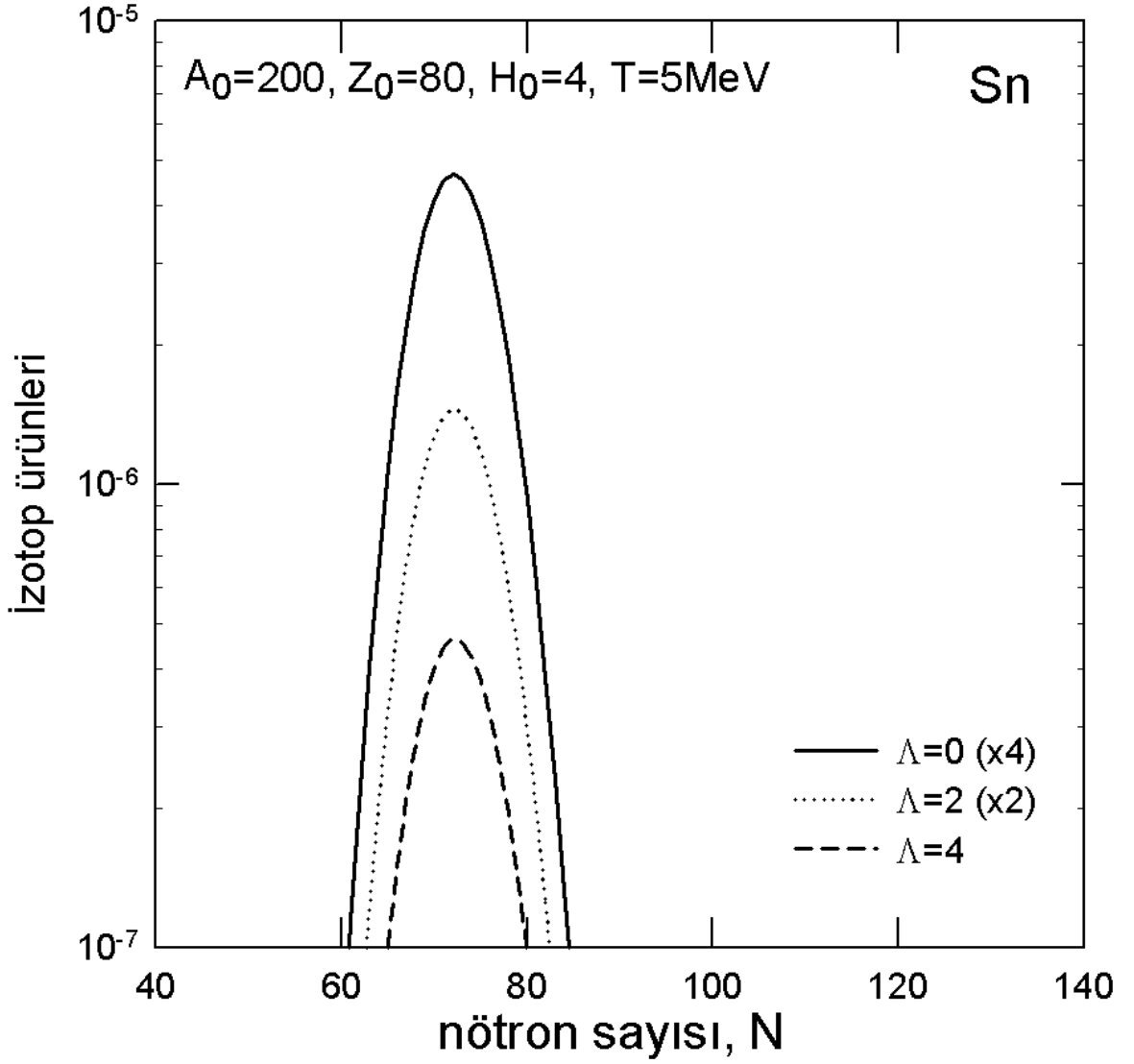
enerjileri nedeniyle çoğunlukla ağır çekirdekler tarafından tutulur ve en hafif hiper çekirdeğin ürün değeri düşüktür. Deneylede elde edilmesini umduğumuz gibi, üretilen parçacıklar için çok geniş bir kütle ve izotop dağılımı görülebilir.



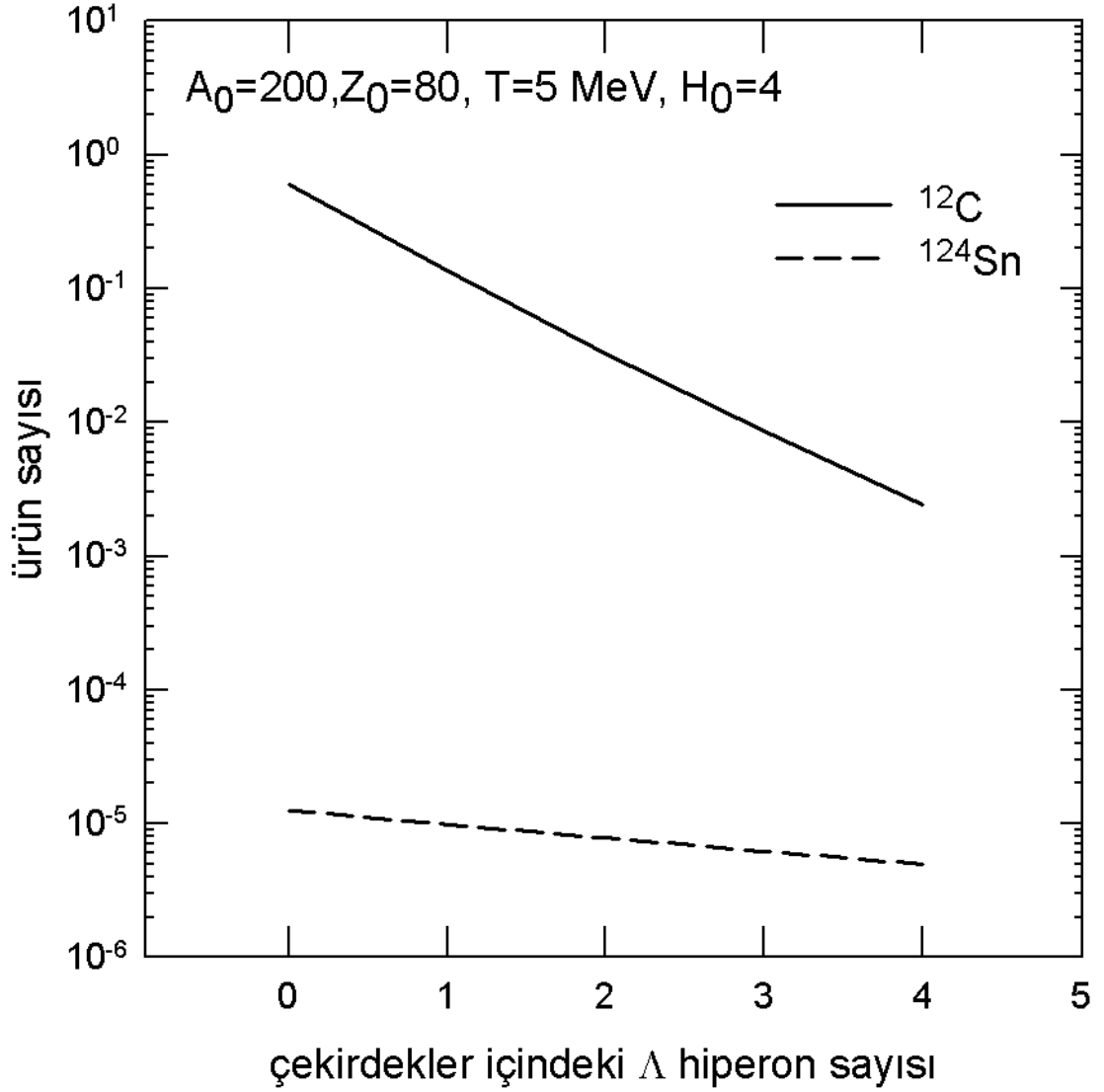
Şekil 6.1. Uyarılmış bir hipernükleer sistemin parçalanmasından sonra oluşan bütün parçacıklar (sürekli çizgiler) ve hiper parçacıklar (kesikli çizgiler, Λ hiperonlu) başlangıç kütle (baryon) numarası $A_0=200$, yük $Z_0=80$, sıcaklık $T=4$ MeV ve üç Λ hiperonu ($H_0=3$) içeren bir sistem için gösterilmiştir. Üst panel, kütle numaralarına karşılık parçacık ürünlerini, alt paneller, nötron numaralarına karşılık Magnezyum (Mg, $Z=12$) ve Kalay (Sn, $Z=50$) elementlerinin izotop ürünlerini göstermektedir.



Şekil 6.2. Uyarılmış bir hipernükleer sistemin parçalanmasından sonra oluşan Carbon çekirdeğinin izotopik dağılımında $\Lambda=0$ normal çekirdekler (sürekli çizgiler) ve 2Λ hiperonlu (noktalı çizgiler) ve 4Λ hiperonlu çekirdekler (kesikli çizgiler) başlangıç kütle (baryon) numarası $A_0=200$, yük $Z_0=80$, sıcaklık $T=5$ MeV ve 4Λ hiperonu ($H_0=4$) içeren bir sistem için gösterilmiştir. Değerlerin üstüste binmesini engellemek için sürekli çizgi değerleri x4 ve noktalı çizgi değerleri x2 katı değerler olarak çizilmiştir.



Şekil 6.3. Uyarılmış bir hipernükleer sistemin parçalanmasından sonra oluşan Sn kalay çekirdeğinin izotopik dağılımında $\Lambda=0$ normal çekirdekler (sürekli çizgiler) ve 2Λ hiperonlu (noktalı çizgiler) ve 4Λ hiperonlu çekirdekler (kesikli çizgiler) başlangıç kütle (baryon) numarası $A_0=200$, yük $Z_0=80$, sıcaklık $T=5$ MeV ve 4Λ hiperonu ($H_0=4$) içeren bir sistem için gösterilmiştir. Değerlerin üstüste binmesini engellemek için sürekli çizgi değerleri x4 ve noktalı çizgi değerleri x2 katı değerler olarak çizilmiştir.



Şekil 6.4. Uyarılmış bir hipernükleer sistemin parçalanmasından sonra oluşan C (sürekli çizgi) ve Sn (kesikli çizgi) çekirdeğinin izotop ürün çekirdek değerlerinin içindeki Lambda hiperon sayısına göre dağılım grafiği başlangıç kütle (baryon) numarası $A_0=200$, yük $Z_0=80$, sıcaklık $T=5$ MeV ve 4Λ hiperonu ($H_0=4$) içeren bir sistem için gösterilmiştir.

Şekil 6.2 ve 6.3'de C ve Sn izotoplarının dağılımlarını hesaplamış olduk. Uyarılmış bir hipernükleer sistemin parçalanmasından sonra oluşan C ve Sn çekirdeğinin izotopik dağılımında $\Lambda=0$ normal çekirdekler (sürekli çizgiler) ve 2Λ hiperonlu (noktalı çizgiler) ve 4Λ hiperonlu çekirdekler (kesikli çizgiler) başlangıç kütle (baryon) numarası $A_0=200$, yük $Z_0=80$, sıcaklık $T=5$ MeV ve 4Λ hiperonu ($H_0=4$) içeren bir sistem için gösterilmiştir. Değerlerin üstüste binmesini engellemek için sürekli çizgi değerleri x4 ve noktalı çizgi değerleri x2 katı değerler olarak çizilmiştir. Çekirdek

içindeki Lambda hiperon sayısının artışı ile izotop ürün değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bu azalma nötron bakımından zengin ve ağır bir element olan Sn için çok daha belirgin bulunmuştur. Bu değişimi daha belirgin gösterebilmek için Şekil 6.4 ile uyarılmış bir hipernükleer sistemin parçalanmasından sonra oluşan C (sürekli çizgi) ve Sn (kesikli çizgi) çekirdeğinin izotop ürün çekirdek değerlerinin içindeki Lambda hiperon sayısına göre dağılım grafiği başlangıç kütle (baryon) numarası $A_0=200$, yük $Z_0=80$, sıcaklık $T=5$ MeV ve 4Λ hiperonu ($H_0=4$) içeren bir sistem için gösterdik. Kütle ve izotop dağılımlarını araştırmak için yaptığımız teorik hesaplamalar öncü çalışmalar olup, ilerde FAIR ve NICA gibi projeler kapsamında gerçekleştirilebilecek deneylerin sonuçlarını tahmin edebilmek için, istenilen herhangi bir çekirdeğin reaksiyonu için tekrarlanabilir ve deneysel verilerin elde edilmesi durumunda kolaylıkla karşılaştırılabilir. Bu haliyle teorik hesaplamalarımız sonucu elde ettiğimiz bulgular gelecek deney önerilerine rehberlik edebilir görüşünderiz.

7. SONUÇLAR

Hadron ve lepton kaynaklı reaksiyonlardaki hedef çekirdeklere yönelik özel gereksinimler nedeniyle geleneksel hipernükleer yöntemler sadece az sayıda izotop ele alabilir. Ayrıca, üretilen tüm parçacıkları kinetik enerjileriyle birlikte ölçmek için dedektör geliştirmek çok karmaşık ve pahalıdır. Bütün bu etkenler, bağlanma enerjileri de dahil olmak üzere ölçülen hiper çekirdek sayısını arttırmak için engel oluşturur. Hiper çekirdeğe ilişkin deneysel bilgi çok sınırlıdır, bu nedenle, deneysel ölçümler için yeni reaksiyonlar dahil ederek bilinen hiper çekirdek sayısını arttırmaya acil bir ihtiyaç vardır.

Derin inelastik parçalanma ve çoklu parçalanma reaksiyonları hem tuhaflık hem de büyük parçacıkların üretimine yol açtığı için bu anlamda çok umut vericidir. Yanal rölativistik iyon-iyon ve hadron-iyon çarpışmaları yeterli tesir kesitine sahip her tür hiper çekirdeği üretir. Bu tür hiper çekirdekler kimyasal denge şartları altında 'gelen' ve 'hedef' gözlemci(spectator) çekirdek bölgesi içerisinde üretilebilir. Bu durumda hipernükleer çalışmaları genişletebilir ve önerilen çift oran yöntemi kullanılabilir. Sadece hiper çekirdeğin tanımlanması gerekir ve son zamanlarda garip parçacıkları araştırmaya yönelik iyon deneylerinde gösterildiği gibi, bunu gerçekleştirmenin etkili yolları vardır. Hiper çekirdeklerin $\Delta E_{A_1 A_2}^{bh}$ hiperon bağlanma enerjisi farkının hiper çekirdek ürünlerinden yararlanarak deneysel olarak çıkarılması, hipernükleer çalışmaları sürdürmenin yeni ve pratik bir yoludur. Bu yöntemin geleneksel hipernükleer yöntemlere göre avantajı, üretilen parçacıkların tüm parametrelerinin (bozunma ürünleri ile birlikte) kesin olarak belirlenmesinin gerekmediğidir. Bu amaç için sadece bağlı ölçümler gereklidir. Bu nedenle, hiper çekirdeklerin karşılaştırılması için benzer zayıf bozunma zincirleri ve ürünleri kullanılabilir. Örneğin, büyük hiper izotop çiftlerini ele alırsak, bunların mezonik olmayan bir kanalda zayıf bozunuma uğradığını, çarpışma noktasından uzakta bulunan ürünlerden vertex tekniği ile bulabiliriz. Ancak hiper çekirdeğin yapısı ile ilişkin ayrıntılı bilgi, rasyonel ölçümlerle elde edilebilir.

Maddedeki hiperon etkileşimi üzerindeki izospin etkisinin (hiperon bağlanma enerjilerinde açığa çıkması) doğrudan deneysel verilerden elde edilmesi mümkün olacaktır. Çoklu-tuhaf (multi-strange) ve nötron-zengin nükleer sistemlerin ölçümleri, nötron yıldızlarındaki hiperon maddesinin problemini açıklamak için önemli olacaktır (Aumann, 2007; Schaffner-Bielich, 2008; Togashi, 2016), çünkü bu ölçümler tuhaflığa

ve izospine bağlı olarak hiper-madde özellikleri hakkında bilgi verebilir. FAIR (Darmstadt), NICA (Dubna) gibi orta-seviye enerjili yeni nesil iyon hızlandırıcıları bu araştırmaları mümkün kılacaktır. Parçacık tespiti için yeni ve gelişmiş deneysel tesislerin yakında hazır olacak olması umut vericidir (Aumann, 2007; Scheidenberger, 2014).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Filiz Ayrancı
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : 02.12.1987
Telefon : 05534543853
e-mail : flzyrnc@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Pendik Lisesi, Pendik, İstanbul	2003
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi Akşehir M.Y.O Turizm ve Seyahat Acenteciliği İşlt., Akşehir, Konya	2009
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik, Selçuklu, Konya	2013
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı	2019

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2012	Gelişim Dershaneleri	Fizik Öğretmeni
2013	Çözüm Dergisi Dershaneleri	Fizik Öğretmeni
2014	Hasan Akbıyık Orta Okulu	Matematik Öğretmeni
2015	Özel Boğaziçi Koleji Anadolu Lisesi	Fizik Öğretmeni
2019	Doğa Koleji	Fizik Öğretmeni

UZMANLIK ALANI Teorik Nükleer Fizik, bilgisayar programlama, fortran programlama, bilimsel grafik çizimi.

YABANCI DİLLER İngilizce

YAYINLAR Nihal Büyükçizmeci ve Filiz Ayrancı “Computation of isotopic distributions of hypernuclei in nuclear reactions via Monte Carlo method”, Abstract book, pg. 400, International Conference on Mathematics and Mathematics Education (ICMME 2019), Selçuk University, Konya, July 11-13, 2019, Poster olarak sunulmuştur ve özet kitapçığında basılmıştır.

KAYNAKLAR

Ablyazimov, T., Abuhoza, A., Adak, R. P., Adamczyk, M., Agarwal, K., Aggarwal, M. M., Ahammed, Z., Ahmad, F., Ahmad, N., Ahmad, S., Akindinov, A., Akishin, P., Akishina, E., Akishina, T., Akishina, V., Akram, A., Al-Turany, M., Alekseev, I., Alexandrov, E., Alexandrov, I., Amar-Youcef, S., Andelic, M., Andreeva, O., Andrei, C., Andronic, A., Anisimov, Y., Appelshauser, H., Argintaru, D., Atkin, E., Avdeev, S., Averbeck, R., Azmi, M. D., Baban, V., Bach, M., Badura, E., Bahr, S., Balog, T., Balzer, M., Bao, E., Baranova, N., Barczyk, T., Bartos, D., Bashir, S., Baszczyk, M., Batenkov, O., Baublis, V., Baznat, M., Becker, J., Becker, K. H., Belogurov, S., Belyakov, D., Bendarouach, J., Berceanu, I., Bercuci, A., Berdnikov, A., Berdnikov, Y., Berendes, R., Berezin, G., Bergmann, C., Bertini, D., Bertini, O., Sliu, C. B., Bezshyyko, O., Bhaduri, P. P., Bhasin, A., Bhati, A. K., Bhattacharjee, B., Bhattacharyya, A., Bhattacharyya, T. K., Biswas, S., Blank, T., Blau, D., Blinov, V., Blume, C., Bocharov, Y., Book, J., Breitner, T., Bruning, U., Brzychczyk, J., Bubak, A., Busching, H., Bus, T., Butuzov, V., Bychkov, A., Byszuk, A., Cai, X., Calin, M., Cao, P., Caragheorgheopol, G., Carevic, I., Catanescu, V., Chakrabarti, A., Chattopadhyay, S., Chaus, A., Chen, H. F., Chen, L. Y., Cheng, J. P., Chepurnov, V., Cherif, H., Chernogorov, A., Ciobanu, M. I., Claus, G., Constantin, F., Csanad, M., D'Ascenzo, N., Das, S., Das, S., de Cuveland, J., Debnath, B., Dementiev, D., Deng, W. D., Deng, Z., Deppe, H., Deppner, I., Derenovskaya, O., Deveaux, C. A., Deveaux, M., Dey, K., Dey, M., Dillenseger, P., Doerbyrn, V., Doering, D., Dong, S., Dorokhov, A., Dreschmann, M., Drozd, A., Dubey, A. K., Dubnichka, S., Dubnichkova, Z., Durr, M., Dutka, L., Dzelalija, M., Elsha, V. V., Emschermann, D., Engel, H., Eremin, V., Sanu, T. E., Eschke, J., Eschweiler, D., Fan, H. H., Fan, X. M., Farooq, M., Fateev, O., Feng, S. Q., Figuli, S. P. D., Filozova, I., Finogeev, D., Fischer, P., Flemming, H., Fortsch, J., Frankenfeld, U., Friese, V., Friske, E., Frohlich, I., Fruhauf, J., Gajda, J., Galatyuk, T., Gangopadhyay, G., Chavez, C. G., Gebelein, J., Ghosh, P., Ghosh, S. K., Glassel, S., Goffe, M., Golinka-Bezshyyko, L., Golovatyuk, V., Golovnya, S., Golovtsov, V., Golubeva, M., Golubkov, D., Ramirez, A. G., Gorbunov, S., Gupta, A., Gusakov, Y., Han, D., Hartmann, H., He, S., Hehner, J., Heine, N., Herghelegiu, A., Herrmann, N., Hess, B., Heuser, J. M., Himmi, A., Hohne, C., Holzmann, R., Hu, D. D., Huang, G. M., Huang, X. J., Hutter, D., Ierusalimov, A., Ilgenfritz, E. M., Irfan, M., Ivanischev, D., Ivanov, M., Ivanov, P., Ivanov, V., Ivanov, V., Ivanov, V., Ivashkin, A., Jaaskelainen, K., Jahan, H., Jain, V., Jakovlev, V., Janson, T., Jiang, D., Jipa, A., Kadenko, I., Kahler, P., Kampfer, B., Kalinin, V., Kallunkathariyil, J., Kampert, K. H., Kaptur, E., Karabowicz, R., Karavichev, O., Karavicheva, T., Karmanov, D., Karnaukhov, V., Karpechev, E., Kasinski, K., Kasprowicz, G., Kaur, M., Kazantsev, A., Kebschull, U., Kekelidze, G., Khan, M. M., Khan, S. A., Khanzadeev, A., Khasanov, F., Khvorostukhin, A., Kirakosyan, V., Kirejczyk, M., Kiryakov, A., Kis, M., Kisel, I., Kisel, P., Kiselev, S., Kiss, T., Klaus, P., Kleczek, R., Klein-Bosing, C., Kleipa, V., Klochkov, V., Kmon, P., Koch, K., Kochenda, L., Koczon, P., Koenig, W., Kohn, M., Kolb, B. W., Kolosova, A., Komkov, B., Korolev, M., Korolko, I., Kotte, R., Kovalchuk, A., Kowalski, S., Koziel, M., Kozlov, G., Kozlov, V., Kramarenko, V., Kravtsov, P., Krebs, E., Kreidl, C., Kres, I., Kresan, D., Kretschmar, G., Krieger, M., Kryanev, A. V., Kryshen, E.,

Kuc, M., Kucewicz, W., Kucher, V., Kudin, L., Kugler, A., Kumar, A., Kumar, A., Kumar, L., Kunkel, J., Kurepin, A., Kurepin, N., Kurilkin, A., Kurilkin, P., Kushpil, V., Kuznetsov, S., Kyva, V., Ladygin, V., Lara, C., Larionov, P., Garcia, A. L., Lavrik, E., Lazanu, I., Lebedev, A., Lebedev, S., Lebedeva, E., Lehnert, J., Lehrbach, J., Leifels, Y., Lemke, F., Li, C., Li, Q. Y., Li, X., Li, Y. J., Lindenstruth, V., Linnik, B., Liu, F., Lobanov, I., Lobanova, E., Lochner, S., Loizeau, P. A., Lone, S. A., Martinez, J. A. L., Luo, X. F., Lymanets, A., Lyu, P. F., Maevskaya, A., Mahajan, S., Mahapatra, D. P., Mahmoud, T., Maj, P., Majka, Z., Malakhov, A., Malankin, E., Malkevich, D., Malyatina, O., Malygina, H., Mandal, M. M., Mandal, S., Manko, V., Manz, S., Garcia, A. M. M., Markert, J., Masciocchi, S., Matulewicz, T., Meder, L., Merkin, M., Mialkovski, V., Michel, J., Miftakhov, N., Mik, L., Mikhailov, K., Mikhaylov, V., Milanovic, B., Militsija, V., Miskowiec, D., Momot, I., Morhardt, T., Morozov, S., Muller, W. F. J., Muntz, C., Mukherjee, S., Castillo, C. E. M., Murin, Y., Najman, R., Nandi, C., Nandy, E., Naumann, L., Nayak, T., Nedosekin, A., Negi, V. S., Niebur, W., Nikulin, V., Normanov, D., Oancea, A., Oh, K., Onishchuk, Y., Ososkov, G., Otfinowski, P., Ovcharenko, E., Pal, S., Panasenko, I., Panda, N. R., Parzhitskiy, S., Patel, V., Pauly, C., Penschuck, M., Peshekhonov, D., Peshekhonov, V., Petracek, V., Petri, M., Petri, M., Petrovici, A., Petrovici, M., Petrovskiy, A., Petukhov, O., Pfeifer, D., Piasecki, K., Pieper, J., Pietraszko, J., Planeta, R., Plotnikov, V., Plujko, V., Pluta, J., Pop, A., Pospisil, V., Pozniak, K., Prakash, A., Prasad, S. K., Prokudin, M., Pshenichnov, I., Pugach, M., Pugatch, V., Querchfeld, S., Rabtsun, S., Radulescu, L., Raha, S., Rami, F., Raniwala, R., Raniwala, S., Raportirenko, A., Rautenberg, J., Rauza, J., Ray, R., Razin, S., Reichelt, P., Reinecke, S., Reinefeld, A., Reshetin, A., Ristea, C., Ristea, O., Rodriguez, A. R., Roether, F., Romaniuk, R., Rost, A., Rostchin, E., Rostovtseva, I., Roy, A., Roy, A., Rozynek, J., Ryabov, Y., Sadovsky, A., Sahoo, R., Sahu, P. K., Sahu, S. K., Saini, J., Samanta, S., Sambyal, S. S., Samsonov, V., Rosado, J. S., Sander, O., Sarangi, S., Satlawa, T., Sau, S., Saveliev, V., Schatral, S., Schiaua, C., Schintke, F., Schmidt, C. J., Schmidt, H. R., Schmidt, K., Scholten, J., Schweda, K., Seck, F., Seddiki, S., Selyuzhenkov, I., Semennikov, A., Senger, A., Senger, P., Shabanov, A., Shabunov, A., Shao, M., Sheremetiev, A. D., Shi, S. S., Shumeiko, N., Shumikhin, V., Sibiryak, I., Sikora, B., Simakov, A., Simon, C., Simons, C., Singaraju, R. N., Singh, A. K., Singh, B. K., Singh, C. P., Singhal, V., Singla, M., Sitzmann, P., Siwek-Wilczynska, K., Skoda, L., Skwira-Chalot, I., Som, I., Song, G. F., Song, J., Sosin, Z., Soyk, D., Staszal, P., Strikhanov, M., Strothauer, S., Stroth, J., Sturm, C., Sultanov, R., Sun, Y. J., Svirida, D., Svoboda, O., Szabo, A., Szczygiel, R., Talukdar, R., Tang, Z. B., Tanha, M., Tarasiuk, J., Tarassenkova, O., Tarzila, M. G., Teklishyn, M., Tischler, T., Tlusty, P., Tolyhi, T., Toia, A., Topil'skaya, N., Trager, M., Tripathy, S., Tsakov, I., Tsyupa, Y., Turowiecki, A., Turturas, N. G., Uhlig, F., Usenko, E., Valin, I., Varga, D., Vassiliev, I., Vasylyev, O., Verbitskaya, E., Verhoeven, W., Veshikov, A., Visinka, R., Viyogi, Y. P., Volkov, S., Volochniuk, A., Vorobiev, A., Voronin, A., Voronin, A., Vovchenko, V., Vznuzdaev, M., Wang, D., Wang, X. W., Wang, Y. P., Wang, Y., Weber, M., Wendisch, C., Wessels, J. P., Wiebusch, M., Wiechula, J., Wielanek, D., Wieloch, A., Wilms, A., Winckler, N., Winter, M., Wisniewski, K., Wolf, G., Won, S., Wu, K. J., Wustefeld, J., Xiang, C. Z., Xu, N., Yang, J. F., Yang, R. X., Yin, Z. B., Yoo, I. K., Yuldashev, B., Yushmanov, I., Zabolotny, W., Zaitsev, Y., Zamiatin, N. I., Zanevsky, Y., Zhalov, M., Zhang,

Y. F., Zhang, Y., Zhao, L., Zheng, J. J., Zheng, S., Zhou, D. C., Zhou, J., Zhu, X. L., Zinchenko, A., Zipper, W., Zoladz, M., Zrelow, P., Zryuev, V., Zumbbruch, P. ve Zyzak, M., 2017, Challenges in QCD matter physics -The scientific programme of the Compressed Baryonic Matter experiment at FAIR, *European Physical Journal A*, 53 (3).

Akel, S., Defrance, G. ve Nguyen, Q. S., 1991, Limit Response in Cyclic Plasticity, *Anisotropy and Localization of Plastic Deformation*, 431-434.

Akel, S. R. ve Shawis, R. N., 1991, Megacystis-Megacolon-Hypoperistalsis - a Variant of Megacystis-Intestinal Hypoperistalsis Syndrome, *Pediatric Surgery International*, 6 (2), 150-152.

Amsler, C., Doser, M., Antonelli, M., Asner, D. A., Babu, K. S., Baer, H., Band, H. R., Barnett, R. M., Bergren, E., Beringer, J., Bernardi, G., Bertl, V., Bichsel, H., Biebel, O., Bloch, P., Blucher, E., Blusk, S., Cahn, R. N., Carena, M., Caso, C., Ceccucci, A., Chakraborty, D., Chen, M. C., Chivukula, R. S., Cowan, G., Dahl, O., D'Ambrosio, G., Damour, T., de Gouvea, A., DeGrand, T., Dobrescu, B., Drees, A., Edwards, D. A., Eidelman, S., Elvira, V. D., Erler, J., Ezhela, V. V., Feng, J. L., Fetscher, W., Fields, B. D., Foster, B., Gaiser, T. K., Garren, L., Gerber, H. J., Gerbier, G., Gherghetta, T., Giudice, G. F., Goodman, A., Grab, C., Gritsan, A. V., Grivaz, J. F., Groom, D. E., Grunewald, M., Gurtu, A., Gutsche, T., Haber, H. E., Hagiwara, K., Hagmann, C., Hayes, K. G., Hernandez-Rey, J. J., Hikasa, K., Hincliff, I., Hocker, A., Huston, J., Igo-Kemenes, P., Jackson, J. D., Johnson, K. F., Junk, T., Karlen, D., Kayser, B., Kirkby, D., Klein, S. R., Knowles, I. G., Kolda, C., Kowalewski, R. V., Kreitz, P., Krusche, B., Kuyanov, Y. V., Kwon, Y., Lahav, O., Langacker, P., Liddle, A., Ligeti, Z., Lin, C. J., Liss, T. M., Littenberg, L., Liu, J. C., Lugovsky, K. S., Lugovsky, S. B., Mahlke, H., Mangano, M. L., Mannel, T., Manohar, A. V., Marciano, W. J., Martin, A. D., Masoni, A., Milstead, M., Miquel, R., Moenig, K., Murayama, H., Nakamura, K., Narain, M., Nason, P., Navas, S., Nevski, P., Nir, Y., Olive, K. A., Pape, L., Patrignani, C., Peacock, J. A., Piepke, A., Punzi, G., Quadt, A., Raby, S., Raffelt, G., Rateliff, B. N., Renk, B., Richardson, P., Roesler, S., Rolli, S., Romaniouk, A., Rosenberg, L. J., Rosner, J. L., Sachrajda, C. T., Sakai, Y., Sarkar, S., Sauli, F., Schneider, O., Scott, D., Seligman, W. G., Shaevitz, M. H., Sjostrand, T., Smith, J. G., Smoot, G. F., Spanier, S., Spieler, H., Stahl, A., Stanev, T., Stone, S. L., Surniyoshi, T., Tanabashi, M., Terning, J., Titov, M., Tkachenko, N. P., Tornqvist, N. A., Tovey, D., Trilling, G. H., Trippe, T. G., Valencia, G., van Bibber, K., Vincter, M. G., Vogel, P., Ward, D. R., Watari, T., Vebber, B. R., Weiglein, G., Wells, J. D., Whalley, M., Wheeler, A., Wohl, C. G., Wolfenstein, L., Womersley, J., Woody, C. L., Workman, R. L., Yamamoto, A., Yao, W. M., Zenin, O. V., Zhang, J., Zhu, R. Y., Zyla, P. A. ve Grp, P. D., 2008, Review of particle physics, *Physics Letters B*, 667 (1-5), 1-+.

Antoniadis, I., 2013, Mass hierarchy and string phenomenology in the LHC era, *Discrete 2012 - Third Symposium on Prospects in the Physics of Discrete Symmetries*, 447.

- Armstrong, T. A., Bocquet, J. P., Ericsson, G., Johansson, T., Krogulski, T., Lewis, R. A., Malek, F., Maurel, M., Monnard, E., Mougey, J., Nifenecker, H., Passaneau, J., Perrin, P., Polikanov, S. M., Reycampagnolle, M., Ristori, C., Smith, G. A. ve Tibell, G., 1993, Fission of Heavy Hypernuclei Formed in Antiproton Annihilation, *Physical Review C*, 47 (5), 1957-1969.
- Aumann, T., 2007, Prospects of nuclear structure at the future GSI accelerators, *Progress in Particle and Nuclear Physics Vol 59, No 1*, 59 (1), 3-21.
- Avdeyev, S. P., Karnaukhov, V. A., Kuznetsov, W. D., Petrov, L. A., Rodionov, V. K., Zubkevich, A. S., Oeschler, H., Bochkarev, O. V., Chulkov, L. V., Kuzmin, E. A., Budzanovski, A., Karcz, W., Janicki, M., Norbeck, E., Botvina, A. S., Friedman, W. A., Norenberg, W. ve Papp, G., 1998, Thermal multifragmentation in p+Au interactions at 2.16, 3.6 and 8.1 GeV incident energies, *European Physical Journal A*, 3 (1), 75-83.
- Bando, H., Motoba, T. ve Zofka, J., 1990, Production, Structure and Decay of Hypernuclei, *International Journal of Modern Physics A*, 5 (21), 4021-4198.
- Barenblatt, G. I. ve Botvina, L. R., 1986, Similarity Methods in the Mechanics and Physics of Fracture, *Soviet Materials Science*, 22 (1), 52-57.
- Barz, H. W., Bondorf, J. P., Schulz, H., Andronenko, L. N., Kotov, A. A., Vaishnene, L. A. ve Neubert, W., 1986, Onset of Multifragmentation Dominance at 1 GeV Proton-Induced Nuclear-Reaction for Target Nuclei with a Less-Than-or-Equal-to 160, *Nuclear Physics A*, 460 (4), 714-722.
- Bellaize, N., Lopez, O., Wieleczko, J. P., Cussol, D., Auger, G., Bacri, C. O., Bocage, F., Borderie, B., Bougault, R., Bouriquet, B., Brou, R., Buchet, P., Buta, A. M., Charvet, J. L., Chbihi, A., Colin, J., Dayras, R., De Cesare, N., Demeyer, A., Dore, D., Durand, D., Frankland, J. D., Galichet, E., Genouin-Duhamel, E., Gerlic, E., Guiot, B., Guinet, D., Hudan, S., Lanzalone, G., Lautesse, P., Lavaud, F., Laville, J. L., Lecolley, J. F., Legrain, R., Le Neindre, N., Manduci, L., Marie, J., Nalpas, L., Normand, J., Parlog, M., Pawlowski, P., Plagnol, E., Rivet, M. F., Rosato, E., Roy, R., Saint-Lauren, F., Steckmeyer, J. C., Tabacaru, G., Tamain, B., van Lauwe, E., Tassan-Got, L., Vient, E., Vigilante, M. ve Volant, C., 2002, Multifragmentation process for different mass asymmetry in the entrance channel around the Fermi energy, *Nuclear Physics A*, 709, 367-391.
- Bondorf, J. P., Donangelo, R., Mishustin, I. N., Pethick, C. J., Schulz, H. ve Sneppen, K., 1985, Statistical Multifragmentation of Nuclei .1. Formulation of the Model, *Nuclear Physics A*, 443 (2), 321-347.
- Bondorf, J. P., Botvina, A. S., Iljinov, A. S., Mishustin, I. N. ve Sneppen, K., 1995, Statistical Multifragmentation of Nuclei, *Physics Reports-Review Section of Physics Letters*, 257 (3), 133-221.
- Botvina, A. S., Ilinov, A. S. ve Mishustin, I. N., 1985, Multifragmentation of Nuclei by High-Energy Protons, *Jetp Letters*, 42 (11), 572-576.

- Botvina, A. S., Iljinov, A. S., Mishustin, I. N., Bondorf, J. P., Donangelo, R. ve Sneppen, K., 1987, Statistical Simulation of the Break-up of Highly Excited Nuclei, *Nuclear Physics A*, 475 (4), 663-686.
- Botvina, A. S. ve Gross, D. H. E., 1995, The Effect of Large Angular Momenta on Multifragmentation of Hot Nuclei, *Nuclear Physics A*, 592 (2), 257-270.
- Botvina, A. S., Larionov, A. B. ve Mishustin, I. N., 1995, Formation and Breakup of Highly Excited Nuclear Systems in Intermediate-Energy Heavy-Ion Collisions, *Physics of Atomic Nuclei*, 58 (10), 1703-1712.
- Botvina, A. S., Buyukcizmeci, N., Erdogan, M., Lukasik, J., Mishustin, I. N., Ogul, R. ve Trautmann, W., 2006, Modification of surface energy in nuclear multifragmentation, *Physical Review C*, 74 (4).
- Botvina, A. S. ve Pochodzalla, J., 2007, Production of hypernuclei in multifragmentation of nuclear spectator matter, *Physical Review C*, 76 (2).
- Botvina, A. S., Gudima, K. K., Steinheimer, J., Bleicher, M. ve Mishustin, I. N., 2011, Production of spectator hypermatter in relativistic heavy-ion collisions, *Physical Review C*, 84 (6).
- Botvina, A. S., Gudima, K. K. ve Pochodzalla, J., 2013, Production of hypernuclei in peripheral relativistic ion collisions, *Physical Review C*, 88 (5).
- Botvina, A. S., Steinheimer, J., Bratkovskaya, E., Bleicher, M. ve Pochodzalla, J., 2015, Formation of hypermatter and hypernuclei within transport models in relativistic ion collisions, *Physics Letters B*, 742, 7-14.
- Botvina, A. S., Buyukcizmeci, N., Ergun, A., Ogul, R., Bleicher, M. ve Pochodzalla, J., 2016, Formation of hypernuclei in evaporation and fission processes, *Physical Review C*, 94 (5).
- Botvina, A. S., Gudima, K. K., Steinheimer, J., Bleicher, M. ve Pochodzalla, J., 2017a, Formation of hypernuclei in heavy-ion collisions around the threshold energies, *Physical Review C*, 95 (1).
- Botvina, L. R., Klevtsov, G. V., Kozlov, P. M. ve Stepanov, G. A., 1982, Connection between Phase-Transformations in Austenitic Steels and Amplitude of Stress Intensity Coefficients, *Fizika Metallov I Metallovedenie*, 54 (3), 507-511.
- Botvina, L. R., Soldatenkov, A. P., Tyutin, M. R., Demina, Y. A., Levin, V. P. ve Petersen, T. B., 2017b, On Interrelation of Damage Accumulation in Structural Steels and Physical Parameters Estimated by Methods of Acoustic Emission and Metal Magnetic Memory, *Russian Metallurgy* (1), 10-17.
- Bozkurt, V., 2015,
H-3 (Λ) and H-4 (Λ) spectroscopy by reaction of 2 A GeV energy ^{20}Ne beam by bombardment on ^{12}C target.

- Bruckner, A., 1978, Cysat, Renward - Collectanea Chronica Lucernensi Et Helvetiae .1. City and Canton of Luzern - Church History - German - Schmid, J., *Schweizerische Zeitschrift Fur Geschichte*, 28 (3), 396-396.
- Buyukcizmeci, N., Botvina, A. S., Mishustin, I. N., Ogul, R., Hempel, M., Schaffner-Bielich, J., Thielemann, F. K., Furusawa, S., Sumiyoshi, K., Yamada, S. ve Suzuki, H., 2013a, A comparative study of statistical models for nuclear equation of state of stellar matter, *Nuclear Physics A*, 907, 13-54.
- Buyukcizmeci, N., Botvina, A. S., Pochodzalla, J. ve Bleicher, M., 2013b, Mechanisms for the production of hypernuclei beyond the neutron and proton drip lines, *Physical Review C*, 88 (1).
- Buyukcizmeci, N., Botvina, A. S., Pochodzalla, J. ve Bleicher, M., 2016, Mechanisms for the production of hypernuclei beyond the neutron and proton drip lines (vol 88, 014611, 2013), *Physical Review C*, 93 (1).
- Danysz, M., Pniewski, J., 1953, Delayed disintegration of a heavy nuclear fragment:.
- Danysz, W., Plaznik, A., Pucilowski, O., Plewako, M., Obersztyn, M. ve Kostowski, W., 1983, Behavioral-Studies in Spontaneously Hypertensive Rats, *Behavioral and Neural Biology*, 39 (1), 22-29.
- Demorest, P. B., Pennucci, T., Ransom, S. M., Roberts, M. S. E. ve Hessels, J. W. T., 2010, A two-solar-mass neutron star measured using Shapiro delay, *Nature*, 467 (7319), 1081-1083.
- Donigus, B. ve Collaboration, A., 2013, (Anti-)matter and hyper-matter production at the LHC with ALICE, *Nuclear Physics A*, 904, 547c-550c.
- Ejiri, H., 1994, Hypernuclear Structure, *Nuclear Physics A*, 574 (1-2), C311-C330.
- Eren, N., Buyukcizmeci, N., Ogul, R. ve Botvina, A. S., 2013, Mass distribution in the disintegration of heavy nuclei, *European Physical Journal A*, 49 (4).
- Fai, G. ve Randrup, J., 1983, Statistical Simulation of Complete Events in Energetic Nuclear Collisions, *Nuclear Physics A*, 404 (3), 551-577.
- Gaitanos, T., Lenske, H. ve Mosel, U., 2009, Formation of hypernuclei in high energy reactions within a covariant transport model, *Physics Letters B*, 675 (3-4), 297-304.
- Gaitanos, T. ve Kaskulov, M., 2015, Toward relativistic mean-field description of (N)over-bar-nucleus reactions, *Nuclear Physics A*, 940, 181-193.
- Gal, A., 1996, Strong interactions in hadronic atoms, *Hyperfine Interactions*, 103 (1-4), 213-225.
- Gal, A. ve Millener, D. J., 2012, Consistency of Lambda Lambda hypernuclear events, *Hyperfine Interactions*, 210 (1-3), 77-82.

- Gal, A. ve Pochodzalla, J., 2012, Special Issue on PROGRESS IN STRANGENESS NUCLEAR PHYSICS Foreword, *Nuclear Physics A*, 881, 1-2.
- Geissel, H., Weick, H., Winkler, M., Munzenberg, G., Chichkine, V., Yavor, M., Aumann, T., Behr, K. H., Bohmer, M., Brunle, A., Burkard, K., Benlliure, J., Cortina-Gil, D., Chulkov, L., Dael, A., Ducret, J. E., Emling, H., Franczak, B., Friese, J., Gastineau, B., Gerl, J., Gernhauser, R., Hellstrom, M., Jonson, B., Kojouharova, J., Kulesa, R., Kindler, B., Kurz, N., Lommel, B., Mittig, W., Moritz, G., Muhle, C., Nolen, J. A., Nyman, G., Rousell-Chomaz, P., Scheidenberger, C., Schmidt, K. H., Schrieder, G., Sherrill, B. M., Simon, H., Summerer, K., Tahir, N. A., Vysotsky, V., Wollnik, H. ve Zeller, A. F., 2003, The Super-FRS project at GSI, *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B-Beam Interactions with Materials and Atoms*, 204, 71-85.
- Greiner, A., 1996, "Der Hauptmann von Kopenick" - Or Kopenickiads from a police viewpoint, *Kriminalistik*, 50 (11), 741-744.
- Gross, D. H. E., 1990, Statistical Decay of Very Hot Nuclei - the Production of Large Clusters, *Reports on Progress in Physics*, 53 (5), 605-658.
- Gross, M., 1984, Methods of Etiological Diagnosis of Hearing Disorders in Children, *Laryngologie Rhinologie Otologie Vereinigt Mit Monatsschrift Fur Ohrenheilkunde*, 63 (3), 136-138.
- Hashimoto, O., Ajimura, S., Aoki, K., Bhang, H., Endo, T., Fujii, Y., Hotchi, H., Hungerford, E., Kim, J. H., Kim, Y. D., Kishimoto, T., Koshino, K., Kubota, K., Maeda, K., Nagae, T., Noumi, H., Ohta, Y., Omata, K., Outa, H., Park, H., Saito, Y., Saito, T., Sato, Y., Sekimoto, M., Shibata, T., Takahashi, T., Tamagawa, T., Tamura, H., Tang, L., Tanita, H. ve Youn, M., 1998, Structure of light Lambda hypernuclei and the Lambda N interaction, *Nuclear Physics A*, 629 (1-2), 405c-411c.
- Hashimoto, O. ve Tamura, H., 2006, Spectroscopy of Lambda hypernuclei, *Progress in Particle and Nuclear Physics*, Vol 57, No 2, 57 (2), 564-653.
- Hell, T. ve Weise, W., 2014, Dense baryonic matter: Constraints from recent neutron star observations, *Physical Review C*, 90 (4).
- Hotchi, H., Nagae, T., Outa, H., Noumi, H., Sekimoto, M., Fukuda, T., Bhang, H., Kim, Y. D., Kim, J. H., Park, H., Tanida, K., Hashimoto, O., Tamura, H., Takahashi, T., Sato, Y., Endo, T., Satoh, S., Nishida, J., Miyoshi, T., Saitoh, T., Kishimoto, T., Sakaguchi, A., Ajimura, S., Shimizu, Y., Mori, T., Minami, S., Sumihama, M., Sawafta, R. ve Tang, L., 2001, Spectroscopy of medium-heavy Lambda hypernuclei via the (π^+, K^+) reaction, *Physical Review C*, 64 (4).
- Hungerford, E. V., 1994, Experimental Considerations in Electromagnetic Production of Hypernuclei, *Progress of Theoretical Physics Supplement* (117), 135-149.

- Iono, D., Tamura, Y., Nakanishi, K., Kawabe, R., Kohno, K., Okuda, T., Yamada, K., Hatsukade, B. ve Sameshima, M., 2006, CO (3-2) and CO (2-1) detections in a $z=1.3$ hyper-luminous starburst galaxy, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 58 (6), 957-963.
- Kamada, K., Ueda, M., Nagao, H., Tawa, K., Sugino, T., Shimizu, Y. ve Ohta, K., 1998, Effect of heavy atom on the second hyperpolarizability of tetrahydrofuran homologs investigated by ab initio molecular orbital method, *International Journal of Quantum Chemistry*, 70 (4-5), 737-743.
- Lonardoni, D., Pederiva, F. ve Gandolfi, S., 2013, Auxiliary Field Diffusion Monte Carlo study of the hyperon-nucleon interaction in Lambda-hypernuclei, *Nuclear Physics A*, 914, 243-247.
- Lopez, J. A. ve Randrup, J., 1990, Theory of Nuclear Multifragmentation .2. Posttransition Dynamics, *Nuclear Physics A*, 512 (2), 345-364.
- Milner, C., Barlett, M., Hoffmann, G. W., Bart, S., Chrien, R. E., Pile, P., Barnes, P. D., Franklin, G. B., Grace, R., Plendl, H. S., Amann, J. F., Bhatia, T. S., Kozlowski, T., Peng, J. C., Silbar, R. R., Thiessen, H. A., Glashauser, C., McGill, J. A., Hackenburg, R., Hungerford, E. V. ve Stearns, R. L., 1985, Observation of Lambda-Hypernuclei in the Reaction C-12(Pit,Kt)Lambda-C-12, *Physical Review Letters*, 54 (12), 1237-1240.
- Mishustin, A. I., 1985, Determination of Gibbs Free-Energies of the Cation Transfer between Solvents by the Method of Their Nucleus Quadrupole Relaxation - Lithium Cations in Acetate Ethers, *Zhurnal Fizicheskoi Khimii*, 59 (4), 1021-1023.
- Nishizaki, S., Yamamoto, Y. ve Takatsuka, T., 2001, Effective YN and YY interactions and hyperon-mixing in neutron star matter - Y equivalent to Lambda case, *Progress of Theoretical Physics*, 105 (4), 607-626.
- Pienkowski, L., Kwiatkowski, K., Lefort, T., Hsi, W. C., Beaulieu, L., Viola, V. E., Botvina, A., Korteling, R. G., Laforest, R., Martin, E., Ramakrishnan, E., Rowland, D., Ruangma, A., Winchester, E., Yennello, S. J., Back, B., Breuer, H., Gushue, S. ve Reimsberg, L. P., 2002, Breakup time scale studied in the 8 GeV/c pi(-)+Au-197 reaction, *Physical Review C*, 65 (6).
- Pile, P. H., Bart, S., Chrien, R. E., Millener, D. J., Sutter, R. J., Tsoupas, N., Peng, J. C., Mishra, C. S., Hungerford, E. V., Kishimoto, T., Tang, L. G., Vonwitsch, W., Xu, Z., Maeda, K., Gill, D., Mccrady, R., Quinn, B., Seydoux, J., Sleight, J. W., Stearns, R. L., Plendl, H., Rafatian, A. ve Reidy, J., 1991, Study of Hypernuclei by Associated Production, *Physical Review Letters*, 66 (20), 2585-2588.
- Pshenichnov, I. A., Mishustin, I. N., Bondorf, J. P., Botvina, A. S. ve Iljinov, A. S., 1999, Particle emission following Coulomb excitation in ultrarelativistic heavy-ion collisions, *Physical Review C*, 60 (4).

- Rappold, A. G., Cascio, W. E., Kilaru, V. J., Stone, S. L., Neas, L. M., Devlin, R. B. ve Diaz-Sanchez, D., 2012, Cardio-respiratory outcomes associated with exposure to wildfire smoke are modified by measures of community health, *Environmental Health*, 11.
- Rappold, A. G., Fann, N. L., Crooks, J., Huang, J., Cascio, W. E., Devlin, R. B. ve Diaz-Sanchez, D., 2014, Forecast-Based Interventions Can Reduce the Health and Economic Burden of Wildfires, *Environmental Science & Technology*, 48 (18), 10571-10579.
- Rappold, C., Kim, E., Nakajima, D., Saito, T. R., Bertini, O., Bianchin, S., Bozkurt, V., Kavatsyuk, M., Ma, Y., Maas, F., Minami, S., Ozel-Tashenov, B., Yoshida, K., Achenbach, P., Ajimura, S., Aumann, T., Gayoso, C. A., Bhang, H. C., Caesar, C., Erturk, S., Fukuda, T., Gokuzum, B., Guliev, E., Hiraiwa, T., Hoffmann, J., Ickert, G., Ketenci, Z. S., Khanefit, D., Kim, M., Kim, S., Koch, K., Kurz, N., Le Fevre, A., Mizoi, Y., Moritsu, M., Nagae, T., Nungesser, L., Okamura, A., Ott, W., Pochodzalla, J., Sakaguchi, A., Sako, M., Schmidt, C. J., Sekimoto, M., Simon, H., Sugimura, H., Takahashi, T., Tambave, G. J., Tamura, H., Trautmann, W., Voltz, S., Yokota, N. ve Yoon, C. J., 2013, Hypernuclear spectroscopy of products from Li-6 projectiles on a carbon target at 2 A GeV, *Nuclear Physics A*, 913, 170-184.
- Rudy, Z., Cassing, W., Demski, T., Jarczyk, L., Kamys, B., Kulesa, P., Schult, O. W. B. ve Strzalkowski, A., 1995, Lambda-Hypernucleus Formation in Proton-Nucleus Reactions, *Zeitschrift Fur Physik a-Hadrons and Nuclei*, 351 (2), 217-224.
- Saito, M., Karasuyama, H. ve Minegishi, Y., 2012, A Molecular Mechanism Underlying Atopic Dermatitis in Hyper-Ige Syndrome, *Journal of Clinical Immunology*, 32, 182-182.
- Schaffer, M. J., Chu, C. ve Maya, I., 1980, The Lambda = 1 Ohte Configuration, *Bulletin of the American Physical Society*, 25 (8), 1027-1027.
- Schaffner-Bielich, J., 2008, Hypernuclear physics for neutron stars, *Nuclear Physics A*, 804, 309-321.
- Schaffner, J., Dover, C. B., Gal, A., Greiner, C. ve Stocker, H., 1993a, Strange Hadronic Matter, *Physical Review Letters*, 71 (9), 1328-1331.
- Schaffner, J., Dumitru, A., Jahns, A., Winckelmann, L., Mattiello, R., Schonfeld, T., Greiner, C., Berenguer, M., Sorge, H. ve Stocker, H., 1993b, Strangelets in Heavy-Ion Physics, *Progress in Particle and Nuclear Physics*, Vol 30, 30, 327-351.
- Scharenberg, R. P., Srivastava, B. K., Albergo, S., Bieser, F., Brady, F. P., Caccia, Z., Cebra, D. A., Chacon, A. D., Chance, J. L., Choi, Y., Costa, S., Elliott, J. B., Gilkes, M. L., Hauger, J. A., Hirsch, A. S., Hjort, E. L., Insolia, A., Justice, M., Keane, D., Kintner, J. C., Lindenstruth, V., Lisa, M. A., Matis, H. S., McMahan, M., McParland, C., Muller, W. F. J., Olson, D. L., Partlan, M. D., Porile, N. T.,

- Potenza, R., Rai, G., Rasmussen, J., Ritter, H. G., Romanski, J., Romero, J. L., Russo, G. V., Sann, H., Scott, A., Shao, Y., Symons, T. J. M., Tincknell, M., Tuve, C., Wang, S., Warren, P., Wieman, H. H., Wienold, T., Wolf, K. ve Collaboration, E., 2001, Comparison of 1A GeV Au-197+C data with thermodynamics: The nature of the phase transition in nuclear multifragmentation, *Physical Review C*, 64 (5).
- Scheidenberger, C., 2014, Nuclear structure and reaction studies with exotic nuclei at the FRS-ESR, *Inpc 2013 - International Nuclear Physics Conference, Vol. 1*, 66.
- Sneppen, K., 1987, Partitioning of a 2 Component Particle System and the Isotope Distribution in Nuclear Fragmentation, *Nuclear Physics A*, 470 (1), 213-229.
- Sneppen, K. ve Donangelo, R., 1989, Coarse Graining of Microscopic Variables in the Minimal Information Approach, *Physical Review C*, 39 (1), 263-264.
- Togashi, H., 2016, Differential and Cooperative Cell Adhesion Regulates Cellular Pattern in Sensory Epithelia, *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 4.
- Vassiliev, O. N., Grosshans, D. R. ve Mohan, R., 2017, A new formalism for modelling parameters alpha and beta of the linear-quadratic model of cell survival for hadron therapy, *Physics in Medicine and Biology*, 62 (20), 8041-8059.
- Vassiliev, V., Granovskiy, A. ve Lomakin, N., 2015, Impact of Turbine Blade Internal Cooling on Aerodynamic Loss, *Asme Turbo Expo: Turbine Technical Conference and Exposition, 2015, Vol 2a*.
- Vassiliev, V. P. ve Lysenko, V. A., 2015, Thermodynamic assessment of the Cu-In-Pb system, *Journal of Alloys and Compounds*, 629, 326-331.
- Yamamoto, T., 2013, Monte Carlo method with complex-valued weights for frequency domain analyses of neutron noise, *Annals of Nuclear Energy*, 58, 72-79.
- Yamamoto, Y. ve Bando, H., 1990, Hypernuclear Properties Derived from the Nijmegen Soft-Core Obe Potential, *Progress of Theoretical Physics*, 83 (2), 254-264.
- Zhang, X. H., Bao, N., Yuan, C. G. ve Zeng, Q. C., 1987, Studies on the Sensitivity of Dynamic Frame of a General-Circulation Model to Initial Conditions, *Scientia Sinica Series B-Chemical Biological Agricultural Medical & Earth Sciences*, 30 (7), 739-750.