

**⁸⁻¹⁷B İZOTOPLARININ HALO ÇEKİRDEK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Tahir SERT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2006
ANKARA**

Tahir SERT tarafından hazırlanan “⁸⁻¹⁷B İZOTOPLARININ HALO ÇEKİRDEK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Eyyüp TEL
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Fizik Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Başar ŞARER

Üye : Prof. Dr. Güneş TANIR

Üye : Yrd. Doç. Dr. Eyyüp TEL

Üye : Doç Dr. Şemsettin ALTINDAL

Üye : Doç. Dr. Şeref OKUDUCU

Tarih : 20.06.2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Tahir SERT

**⁸⁻¹⁷B İZOTOPLARININ HALO ÇEKİRDEK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Tahir SERT

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2006**

ÖZET

Son yıllarda çok sayıda β kararlılık vadisinin uzağında çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda halo çekirdeklerin keşfi olağanüstü şaşırtıcı ve ilginç olmuştur. Halo çekirdek olayının ilk keşfi Tanihata ve arkadaşlarının öncülüğünde bin dokuz yüz seksenli yılların ortasında başladı. Bu deneylerde toplam etkileşme tesir kesiti σ_I , hafif nötron zengini, değişik hedef çekirdek izotoplarının etkileşmeleri için ölçülerek belirlendi. σ_I , gelen çekirdek demetinin yoğunluğunun, hedef çekirdeğe vurduktan ve vurmadan önceki şiddetinin değişmesinden belirlenir. Li izotoplarının zincirindeki ^{11}Li için σ_I , şaşırtıcı bir biçimde artmakta, He izotoplarında, madde yarıçapındaki bu artış ^6He ve ^8He 'de de görülmektedir. Halo çekirdeklerin elektrik ve magnetik momentlerinin ölçümleri CERN'de, ISOLDE deneyi adı altında odaklanarak çalışılmaktadır.

Taşma sınırı yanındaki çekirdekler, belli şartlar altında, kütle dağılımları nükleer korun dışına uzaklaşacak şekilde genişleyen nötron veya proton haloları oluşturmaktadır. Bu çekirdeklerde son nüklonların ayrılma enerjileri çok küçük olduğundan, kor dışında geniş bir alana uzanan haloların ortalama yarıçap (rms) değerleri kor ve kütle yarıçapından daha büyük olmaktadır. Bu

halo etkisi, halo çekirdeklerin β -bozunum ihtimallerinin artmasında ve logft değerlerinin küçülmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, halo çekirdek özelliği gösteren ^{8-17}B izotoplarının taban durumu özellikleri incelendi. ^{8-17}B halo çekirdek izotoplarının özellikleri, Skryme yoğunluk dağılımı, etkin nükleon-nükleon etkileşmeleri kullanılarak çalışıldı. Skryme kuvvet parametreleri tanımlandı. Skryme kuvvet parametreleri kullanılarak nötron, proton ve yük yarıçapları (rms) hesaplandı. Deneysel değerlerle, hesaplanan teorik sonuçlar karşılaştırılarak tartışıldı.

Bilim Kodu : 202.1.108
Anahtar Kelimeler : Halo çekirdek, nötron halo, proton halo, nükleer yarıçap
Sayfa Adedi : 31
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Eyyüp TEL

INVESTIGATION THE PROPERTIES OF ^{8-17}B ISOTOPES**HALO NUCLEI****(M.Sc. Thesis)****Tahir SERT****GAZİ UNIVERSITY****INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY****June 2006****ABSTRACT**

Much effort has been dedicated in recent years to the study of nuclei away from the valley of beta stability. A very interesting and puzzling phenomenon was discovery of halo nuclei. The discovery and the interpretation of the phenomenon of halo nuclei was initiated in the mid-eighties by the pioneering work of Tanihata and coworkers. In these experiments the total interaction cross section σ_I was determined for the interaction of light neutron-rich isotopes with various targets. σ_I was deduced from the change of intensity of a beam of exotic nuclei before and after hitting a target. The surprisingly step rise of σ_I for ^{11}Li in the chain of the Li-isotopes, and less pronounced, for ^6He and ^8He for the He-isotopes, was therefore interpreted as due to a pronounced increase of the nuclear matter radius. Experiments performed at the on-lines mass separator ISOLDE at CERN focused on the electric and magnetic moments of halo nuclei.

The nuclei near the dripline, under certain circumstances, have been found to form a neutron or proton halo with a mass distribution that extends far outside the nuclear core. In this nuclei, since the separation energy of the last nucleon(s) becomes extremely small, the root mean square (rms) values of halos that extends far outside the core have been larger than core and matter radius of nuclei. This effect of the halo could have an important influence in that the

increasing of the β -decay probability and the reducing of the $\log ft$ values for halo nuclei.

In this study we investigated the properties of ^{8-17}B isotopes halo nuclei. The properties of ^{8-17}B isotopes are studied by using effective nucleon-nucleon interaction, dependent from Skryme densities. Skryme force interaction was described. Using the Skryme force parameters group the radiuses of neutron-neutron, proton and charge distributions (root-mean-squares) were calculated. The calculated theoretical results were compared with the experimental data.

Science Code : 202.1.108

Key Words : Halo nuclei, neutron halo, proton halo, nuclear radius

Page Number: 31

Adviser : Yrd.Doç.Dr. Eyyüp TEL

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca bu tezin ortaya konulmasında, her türlü yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmanım ve değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Eyyüp TEL'e, yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım değerli hocam Prof. Dr. Güneş TANIR'a, teze katkılarından dolayı sayın Doç.Dr.Şeref Okuducu'ya, ayrıca manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, büyük bir sabır ve anlayıő ile beni destekleyen çok değerli eőim ve aileme de teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1. Halo Çekirdekler.....	6
2.2. Nötron Halosu.....	9
2.3. Proton Halosu.....	13
2.4. Halo Çekirdeklerde Yarıçap	16
3. HESAPLAMALAR VE SONUÇLAR	19
3.1. Hartree – Fock Teorisi	19
3.2. Halo Çekirdeklerin Skreyme-Hartree-Fock Modeli İle Rms Yük Yarıçaplarının Hesaplanması.....	21
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	24
KAYNAKLAR.....	27
ÖZGEÇMİŞ.....	30

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Haloya aday bazı çekirdekler ve özellikleri	3
Çizelge 3.1. Hesaplamalarda kullanılan Skryme kuvvet parametreleri.....	20
Çizelge 3.2. ⁸ B izotopunun hesaplanan rms yük yarıçapları	21
Çizelge 3.3. ⁸⁻¹⁷ B izotoplarının SIII parametre grubu kullanılarak hesaplanan rms yük yarıçapları	22
Çizelge 3.4. ⁸ B, ¹⁷ B izotoplarının halo yarıçapları	22

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Halo çekirdeklerin keşfi	7
Şekil 2.2. Taşma sınırı yanındaki halo çekirdeklerin genel özellikleri	8
Şekil 2.3. Nötron Halosu.....	10
Şekil 2.4. Li çekirdeğinin izotoplarının yarıçapları.....	11
Şekil 2.5. ¹¹ Li izotopunun rms yarıçapı [r(fm)]-Yoğunluk değişimi	11
Şekil 2.6. Tek ve çift nötron halo çekirdekleri, proton halo çekirdekleri	12
Şekil 2.7. Proton Halosu	14
Şekil 2.8. Proton halosu çekirdeği ⁸ B'in r(fm)-Yoğunluk değişimi	14
Şekil 2.9. Proton ve nötronun yoğunluk dağılımının değişimi	15
Şekil 2.10. ¹¹ Li çekirdeğinin büyüklüğü ile ²⁰⁸ Pb çekirdeğinin büyüklüğünün kıyaslanması	17
Şekil 2.11. Taşma sınırı yanındaki çekirdeklerin yarıçaplarındaki ani değişim	18
Şekil 3.1. ⁸ B izotopunun proton yoğunluğunun yarıçapa [r(fm)] göre değişimi.....	23
Şekil 3.2. ¹⁷ B izotopunun nötron yoğunluğunun yarıçapa [r(fm)] göre değişimi.....	23

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
A	Kütle Numarası
fm	Fermi
ft	Kıyaslanabilir yarı ömür
<i>J_n</i>	Nükleonların toplam açısal momentumu
<i>l</i>	Yörünge Kuantum sayısı
N	Çekirdekteki nötron sayısı
P	Momentum
Q	Bir çekirdeğin bozunma enerjisi
R	yarıçap
R_n	nötronun rms yarıçapı.
R_p	protonun rms yarıçapı
R_{mer}	Mermi çekirdeğin yarıçapı
R_{hed}	Hedef çekirdeğin yarıçapı
S_n	Nötron ayrılma enerjisi
S_p	Proton ayrılma enerjisi
t_{1/2}	Ortalama yarı ömür
ρ(r)	Yoğunluk dağılımı
σ_I	Etkileşme tesir kesiti
π	Pi sayısı
Z	Çekirdekteki proton sayısı

Kısaltmalar**Açıklama****Bkz.**

Bakınız

HFS

Hartree Fock-Skryme

n

nötron

(n+k)

nötron+kor

(n+n+k)

(nötron+nötron+kor)

p

proton

R(HFS)

Hartree Fock Skryme yarıçapı

R_{n-p}

Nötron veya proton nükleonlarının rms yarıçapları

rms

Ortalama karakök değeri

SK-HAFO

HFS Bilgisayar Programı

1. GİRİŞ

Atom çekirdeği üzerindeki çalışmalar, son yıllarda, nötron ve protonların çekirdek oluşturacak mümkün kombinasyonları için önemli bir uğraş haline gelmiştir. Bu çalışmalarda daha çok β kararlılık vadisinin uzağında yapılmaktadır. Halo çekirdeklerin keşfi olağanüstü şaşırtıcı ve ilginç oldu. Bu keşif Tanihata ve arkadaşlarının öncülüğünde [Tanihata ve arkadaşları., 1985] bin dokuz yüz seksenli yılların ortasında başladı. Sonraları özellikle sıvı damlası modelinin baz alındığı araştırmaların yoğunluğu artmıştır. Sıvı damlası modeli iyi tanımlanmış bir yüzeye sahip olmasına rağmen deneysel çalışmalar, belirli çekirdeklere nötron veya protonlardan bazılarının bu damla yüzeyinin dışına çıktığını göstermektedir. Yüzeyden sızan nükleonların, çekirdekten belli uzaklıkta yoğunlaşmış hale şeklinde bir sis bulutu oluşturdukları bu durum halo olarak adlandırılmaktadır [Jonson, 1994, 1995; Sagawa, 1992; Baye ve ark., 1994]. Bilindiği gibi, benzer şekilde, elektronlar da çekirdek etrafında bir bulut oluşturacak atomları meydana getirirler. Halo'nun çok katı bir tanımı yoktur, ancak nötron veya proton fazlalığı olan çekirdeklere görülmektedir. Halo özelliği gösteren çekirdekler diğerlerinden boyutları, uyarılmaları ve etkileşimleri gibi özellikleriyle ayrılabilirler[Hashino ve ark., 1990; Bertsch ve ark., 1991; Poppelier ve ark., 1985 Sagawa ve ark., 1992].

Son yıllarda, halo özelliği olan pek çok çekirdek incelenmektedir. İlk incelenen ^{11}Li dir. ^{11}Li ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır[Ikeda, 1992; Tanihata, 1996; Suzuki ve ark., 1994; Koboyashi, 1993; Thompson ve ark., 1994]. ^6He , ^8He , ^{14}Be , ^{11}Li , ^{17}B gibi çekirdekler, üzerlerinde fazla durulan halo çekirdeklere dendir. Haloya aday bir çok çekirdek de çalışma aşamasındadır (Çizelge 1.1). Nötron veya proton fazlalığı olan çekirdekler üzerinde yapılan çalışmalar sonucu, nötron ve proton halosunun varlığı ortaya çıkmıştır[Hansen, 1993, Mueller ve ark., 1993; Tanihata ve ark., 1985; Sherr, 1996; Federov ve ark., 1994]. Nötron fazlalığı olan çekirdeklere nötron halosu, ^6He , ^8He , ^{14}Be , ^{11}Li , ^{11}Be gibi; proton fazlalığı olanlara da proton halosu,

^8B , ^9C , ^{17}F , ^{17}Ne , ^{12}N gibi, denir. Ancak proton halosu üzerinde yapılan çalışmalar nötron halosu kadar fazla değildir.

Halo çekirdeklerde kor dışındaki nükleon sayısı, o çekirdeğin kaç halolu olduğunu belirler. Örneğin, ^{11}Li izotopu, ^9Li kor olarak alındığında çift nötron halolu; ^{11}Be ise, ^{10}Be kor olarak alındığında tek nötron haloludur. ^6He , ^8He , ^{14}Be , ^{17}B gibi çekirdekler de son orbitallerinde çift nötrona sahip olduklarından çift nötron halolu çekirdeklerdendir. Bu çekirdekler üç-cisim konfigürasyonuna sahiptir($n+n+kor$) [Vinh Mau ve ark., 1996; Ren ve ark., 1996; Bertsch ve ark., 1991; Sakuragi ve ark., 1995]. Tek halolu çekirdekler ise iki cisim ($n+kor$) sistemi ile açıklanabilirler[Riisager ve ark., 1992; Nunes ve ark., 1996; Vinh Mau ve ark., 1995]. Tabii ki bu çift halolu çekirdek sistemi tek halolulara göre daha komplekstir.

Halo çekirdeklerde, kor dışında kalan son nükleon veya nükleonların ayrılma enerjileri oldukça küçüktür. Kararlı çekirdeklerdeki nükleon başına 6-8 MeV'lik bağlanma enerjisi ile kıyaslandığında, bu çekirdeklerin bağlanma enerjileri ~ 1 MeV den daha küçüktür(Çizelge 1.1). Nötron ayrılma enerjilerinin küçük olduğu böyle çekirdeklerde nötron yoğunluk dağılımı, geniş alanda uzun bir kuyruk şeklinde görülür. Bu durum çekirdekte yeni ve farklı özelliklerin nedenidir. Son nükleonların ayrılma enerjilerinin küçük olması çekirdeğin yarıçap değerlerinin büyük olmasına neden olmaktadır[Tanihata, 1985, 1988; Sato ve ark., 1985]. Örneğin ^{11}Li çekirdeğinin 1p orbitalindeki yarıçap değeri (Rms) $3,12\pm 0,3$ fm iken 2s orbitalindeki yarıçap değeri ise $3,05\pm 0,3$ fm dir. ^{11}Li in kor yarıçapı, (^9Li kor) $2,61\pm 0,1$ veya $2,5\pm 0,1$ fm iken nötron halosunun yarıçapı $4,8\pm 0,5$ fm olduğu Tanihata[1985] tarafından yapılan çalışmalarda gösterilmiştir ve kor yarıçapının hemen hemen iki katıdır.

Çizelge 1.1. Halo'ya aday bazı çekirdekler ve özellikleri[Chou ve ark., 1993; Tanihata, 1996]

Çekirdekler	S_n veya S_p	S_{2n} veya S_{2p} (MeV)	Orbital	Q (MeV)	$t_{1/2}$ san.
^6He	-	0,97	$(1P_{3/2})^2$	3,507	0,8067
^{11}Li	1,051	0,247	$(1P_{1/2}-2S_{1/2})^2$	20,675	0,0085
^{11}Be	0,503	-	$2S_{1/2}$	11,5061	13,81
^{14}Be	-	1,28	$(1P_{1/2}-2S_{1/2})^2$	16,22	0,00435
^8B	0,14	-	$1P_{3/2}$	17,978	0,770
^{17}B	-	2,45	$(1d_{5/2})^2$	-	-
^{19}B	-	0,87	$(1d_{5/2})^2$	-	-
^9C	-	1,299	$(1P_{3/2})^2$	16,497	0,1265
^{12}N	0,601	-	$1P_{1/2}$	17,338	0,011
^{17}Ne	0,96	1,50	$(1d_{5/2}-S_{1/2})^2$	14,536	0,1093

Halo çekirdeklerin rms yarıçaplarının büyüklüğü, bu çekirdeklerin β -bozunma hızlarının da daha büyük olması gerektiği sonucuna ulaşmamız demektir. β -bozunma olasılıklarının artması kıyaslanabilir yarı ömürlerinin (logft değerlerinin) azalması demektir. Ancak halo çekirdeklerin logft değerlerinin bulunması ile ilgili yapılan deneysel ve teorik çalışmalar arasında farklılıklar görülmektedir. Örneğin, ^{11}Li nötron halosu çekirdek için gözlenen logft değeri 4,9-5,16 [Chou ve ark., 1993]'dir. Oysa Nyman'ın ^{11}Li için hesapladığı logft değeri 5,59 [Nyman ve ark., 1990] civarındadır. Yine, proton halosu olan ^8B çekirdeği için gözlenen logft değeri 5,657 [Timofeyuk ve ark., 1996] iken hesaplanan değeri 6,23 'tür.

Bahsedildiği gibi nötron halosu ile ilgili ilk çalışmaların çoğu, üretmek ve izole etmek daha kolay olduğu için ^{11}Li ve ^{11}Be izotopu üzerinde yoğunlaşmıştır [Gibbs ve ark., 1991; Zhukov ve ark., 1995; Hussein ve ark., 1995].

^{11}Li 'in 3 protonu, 8 nötronu vardır. Nötron halosunun sürpriz varlığı bu çekirdeğin incelenmesiyle ortaya çıkmıştır. ^{11}Li ile ilgili ilk çalışmalar 1966 yılında Lawrence Berkeley laboratuvarında yapılmış ancak çalışmalar ile ilgili gerekli sonuçlar tam olarak alınamamıştır. Daha sonra Tanihata ve ark., [1985], ^{11}Li 'in büyüklüğünü ölçmek için çeşitli deneyler yapmış, ^{11}Li çekirdeğinin tesir kesitinin özellikle büyük ve son iki nötronun çok zayıf bir bağa sahip olduğunu, dolayısıyla nükleonların kor dışında geniş bir alana yayılabileceğini ileri sürmüştür. Bulunan bu sonuç şaşırtıcı olmuştur. Klasik fiziğin kanunlarına göre, bir bağlı parçacık korun kuvvetlerinin menzili içerisinde kalmalıdır. Fakat kuantum mekaniksel olarak haloların kor dışında bulunmalarını mümkün kılan tünel olayı vardır. Tanihata ^{11}Li ile ilgili dramatik sonuçlar da gözledi. Son iki nötronu çekirdekten koparmak için çok az enerjiye ihtiyaç vardır. Bu nükleonlar çok geniş bir alana yayılarak uzun süre orada kalır ve ince uzun bir halo oluştururlar. Büyüklükleri diğer çekirdeklere göre, ^{11}Li halosunun ortalama merkezden uzaklığı, bir çekirdek için normal uzaklıktan iki kat daha fazla (yaklaşık 5 fm) olduğu görülmüştür[Austin ve ark., 1995]. Ayrıca ^{11}Li üzerinde başka çalışmalar da yapılmış, ^9Li koru ile iki nötron arasındaki etkileşmelere, özellikle halonun kor üzerinde bir etkisinin olup olmadığını incelemişlerdir. İzotopun manyetik ve elektriksel özelliklerini ölçmüşler ve ^9Li çekirdeğinin özellikleri ile kıyaslamışlardır. Halo nötronları yük taşımadıkları için çiftlenim olarak spin ve magnetik momente sahip değildir. Bu sonuç, ^9Li koru ve iki nötron halosunun yaklaşık olarak birbirinden bağımsız nesnelere olduğunu desteklemiştir. Başka bir çalışmada ise, ^{11}Li çekirdeğinin her bir nükleonunun nasıl yerleştiğini bulmak için, açısal momentumun dağılımını test ettiler. Sonuçta kuantum mekaniksel olarak nükleonların hareketi, Heisenberg Belirsizlik İlkesi'nin özelliği ile açıklandı. Bu ilke, parçacıkların momentumlarının ve yer değiştirmelerinin aynı anda tam olarak ölçülemeyeceğini söyler. Ancak nükleonların dalga fonksiyonları sayesinde uzaydaki

dağılımlarının nasıl yapıldığını bulmak mümkündür. Yapılan bu çalışmalar, momentum dağılımının daraldığını ve ^{11}Li halosunun yarıçapının korun yarıçapından iki kat daha büyük olduğu sonucunu çıkarır.

Nötron halosunun yanısıra, zayıfça bağlı protonlar da nükleer haloları oluşturabilirler. Buna en iyi örnek ^8B izotopudur. ^8B bir tane çok zayıf bağlı proton içerir. Bu proton ^{11}Li deki nötronlardan daha küçük bağa sahiptir ve onun halosu daha da küreseldir. ^8B ile özellikle astrofizikçiler ilgilenmektedir. Çünkü güneşte, ^8B kolayca dedeksiyonu yapılabilen nötrinoları oluşturur. Fakat yine de ^8B in bozunumundan oluşan nötrinoların sayısı beklenenden çok küçüktür. Bu çekirdeğin yapısı tam olarak anlaşıldığında bu problemin çözümü için de bir ipucu elde edilmiş olur. Kısaca, halo çekirdeklerin anlaşılması ileride nükleer fizik ile ilgili daha sürpriz durumların ortaya çıkmasını sağlayabilir.

Bu çalışmada Hartree-Fock yaklaşımı kullanılarak Bor çekirdeğinin izotoplarının (^{8-17}B) HF-Skryme yarıçapları hesaplanmış, nötron ve proton halo çekirdekleri için hesaplanan HF-Skryme yarıçapları(rms), diğer çalışmaların teorik ve deneysel sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Halo Çekirdekler

Nükleer fizikçiler son yıllarda taşma sınırı bölgesindeki nötron ve proton fazlalığı olan çekirdekler üzerindeki çalışmalarını arttırmıştır. Kuantum mekaniksel tünelleme olayının bir sonucu olarak oluşan taşma sınırı yakınındaki çekirdeklerin halosu ile ilgili genel özellikler Şekil 2.2.'de görülmektedir. Şekil'de görüldüğü gibi, çekirdekteki nötron ve proton sayıları birbirine ne kadar yakınsa ($N \sim Z$) çekirdek de o kadar kararlı olur. Bu eşitliğin bozulduğu çekirdekler kararsızdırlar ve β - bozunumuyla daha kararlı başka çekirdeğe dönüşürler. Bu dönüşme süresi, milisaniye mertebesinde milyonlarca yıl mertebesine kadar uzanabilir. Şekilde kararlı çekirdekler sarı renkli, nötron fazlalığı olan kararsız çekirdek yeşil renkli ve proton zengini olan çekirdekler de mavi renkli karelerle gösterilmiştir. Büyük halo çekirdeklerin bulunduğu dış sınır da taşma sınırı olarak isimlendirilir. Şekil 2.2.'ye benzer şekilde, çekirdekteki nötron veya proton sayısını x-ekseni ve y-ekseni boyunca yerleştirilmiş bir grafik çizilirse, köşegen boyunca elde edilen doğrudan uzakta kalan bölgelerdeki çekirdeklerin yarı ömürleri daha küçüktür. Yani $N=Z$ köşegeninin altında ve üstünde belli uzaklıktaki çekirdekler hızlı bozunmaya uğrar ve kararlı çekirdekler bu sınırın arkasına geçemezler. Ancak nötron ve protonların bazıları bu sınırdan sızar ve taşma sınırı bölgesinde yer alır. Taşma sınırı, halo çekirdeklerin bulunduğu bu bölgelerin en dış sınırına denir. Bir çok egzotik çekirdek de bu taşma sınırı bölgesinde bulunur. Astrofizikçiler, daha düşük taşma sınırı boyunca yerleşen çekirdeklerin, nötron yıldızlarının kabuğunun içinde bulunduğunu söylemişlerdir [Austin ve ark., 1995].

Taşma sınırı yakınındaki halo çekirdeklerin kor dışında kalan nükleon veya nükleonların ayrılma enerjileri oldukça küçüktür. Kararlı çekirdekteki nükleon başına 6-8 MeV'lik bağlanma enerjisi ile kıyaslandığında, 1 MeV'den daha düşük enerjiye sahip halo çekirdeklerin nükleonlarının bağlanma enerjisi oldukça küçüktür. Zayıf

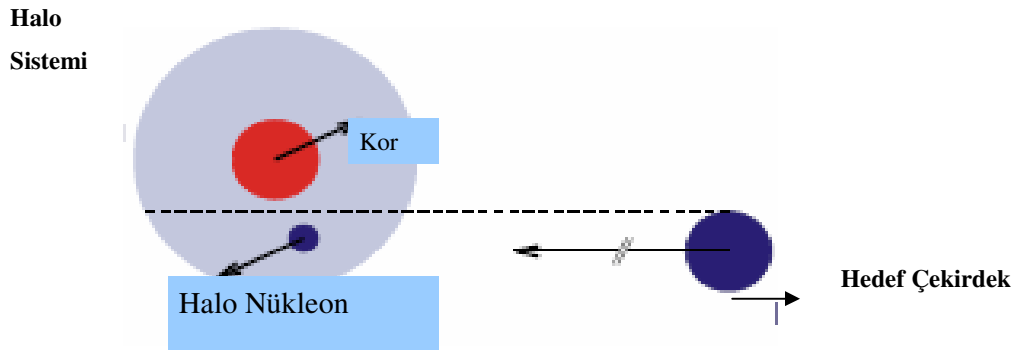
bağlı bu gibi çekirdeklerde, yoğunluk dağılımı geniş alanda uzun bir kuyruk şeklinde görülür ve etkileşimleri de kararlı çekirdeklerden daha kolaydır.

Son yıllarda daha çok β kararlılık vadisinin uzağında çalışmalar yapılmaktadır. Bu deneylerde toplam etkileşme tesir kesiti σ_I , hafif nötron zengini, değişik hedef çekirdek izotoplarının etkileşmeleri ölçülerek belirlendi. σ_I , egzotik çekirdek demetlerinin yoğunluğunun, hedef çekirdeğe vurduktan ve vurmadan önceki şiddetinin değişmesinden belirlenir. Mermi çekirdeğin (R_{mer}) hedef çekirdekle (R_{hed}) etkileşme tesir kesiti

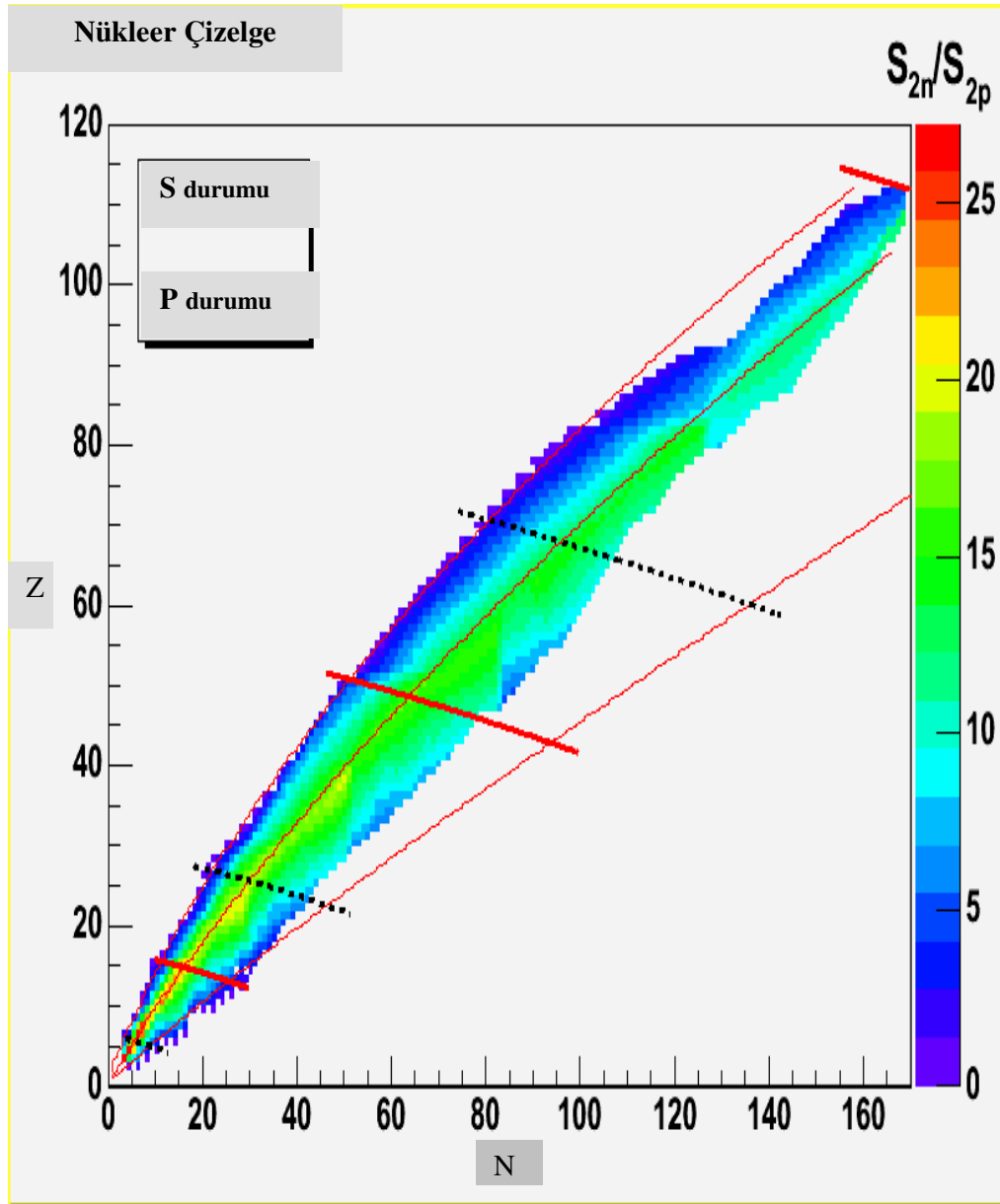
$$\sigma_I = \pi [R_{mer} + (R_{hed})]^2,$$

eşitliği kullanılarak basit geometrik tesir kesiti ile hesaplanabilir. Burada hedef çekirdek hareketli kabul edilerek ve reaksiyon dinamiği göz önüne alınarak deneysel değerlere daha yakın hesaplamalar yapılabilir (Şekil 2.1).

Li izotoplarının zincirindeki ^{11}Li için σ_I , şaşıtıcı bir biçimde artmakta, He izotoplarında, madde yarıçapındaki bu artış ^6He ve ^8He 'de görülmektedir. Halo çekirdeklerin elektrik ve magnetik momentlerinin ölçümleri CERN'de, ISOLDE deneyi adı altında odaklanarak çalışılmaktadır.



Şekil 2.1. Halo Çekirdeklerin Keşfi [Schwab ve ark., 1995; Lanske, 2001]



Şekil 2.2. Taşma sınırı yanındaki halo çekirdeklerin genel özellikleri.
 (Şekilde, çekirdekler küçük kareler ile gösterilmiştir. Çekirdekler, sahip oldukları protonların sayılarına göre dikey olarak ve nötronların sayılarına göre de yatay olarak yerleştirilmişlerdir[Austin ve ark., 1995].

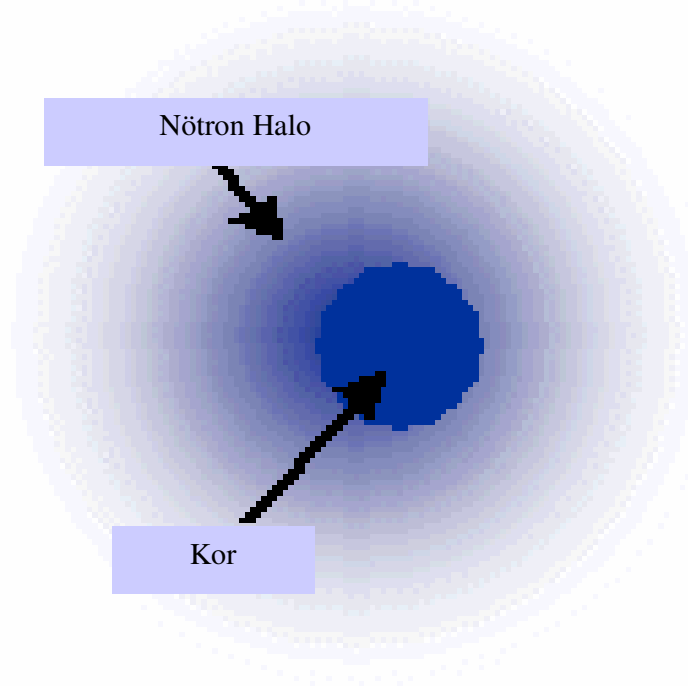
2.2. Nötron Halosu

Halo çekirdeklerle ilgili çalışmaların birçoğu nötron halosu üzerine yapılmıştır. Taşma sınırı bölgesinde yer alan, hafif, kararsız ve nötron fazlalığı olan çekirdekler, genellikle nötron halosu çekirdekler olarak göz önüne alınır. Nötron halosu durumunda olan çeşitli çekirdekler vardır ancak bahsedildiği gibi üzerinde en çok çalışılan çekirdek ^{11}Li ' dir. Nötron taşma sınırına yakın olan çekirdekler için, halo yapısının ilk belirtisi 1985 yılında Tanihata tarafından ^{11}Li izotopu üzerinde yapılan çalışmayla anlaşıldı. Kütle numarası 6, 8, 11 ve 14 olan izotopik çekirdeklerden ^6He , ^{11}Be , ^{14}Be , ^8He gibi çekirdekler de üzerinde çalışılan önemli nötron halosu çekirdeklerindedir. Ayrıca, taşma sınırı bölgesinde nötron haloya aday birçok çekirdek de bulunmaktadır (Bkz.Çizelge 1.1.).

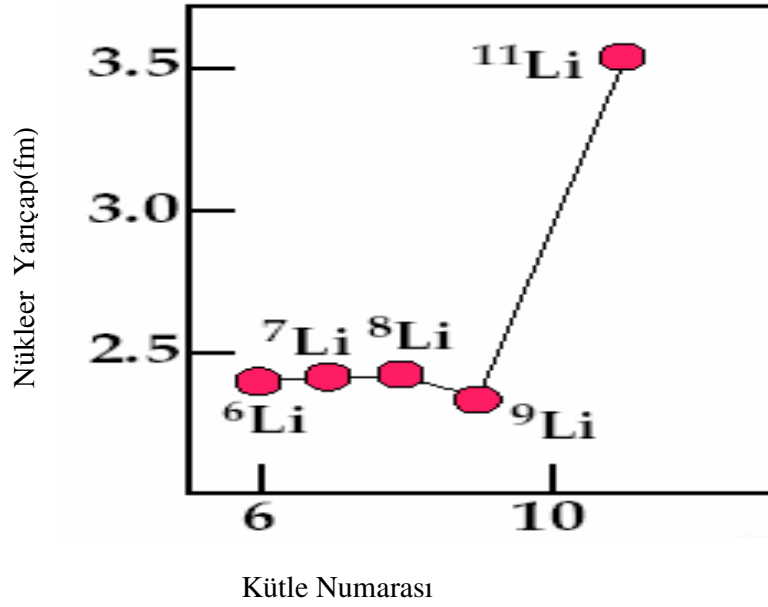
Halo çekirdekler, son yörüngesinde bulunan nükleon sayısına göre çift veya tek nötron halolu çekirdekler olmak üzere ikiye ayrılır. Mesela, ^{11}Li izotopu, ^9Li kor olarak alınırsa çift nötron halosu; ^{11}Be ise, kor olarak ^{10}Be alınırsa tek nötron halosu çekirdek olur. ^6He , ^8He , ^{14}Be , ^{17}B , gibi nötron fazlalığı olan çekirdekler de son orbitallerinde çift nötrona sahip olduklarından, çift nötron halosu çekirdeklerindedir. Bu çekirdekler nötron-nötron-kor ($n+n+k$) olmak üzere üç cisim konfigürasyonuna sahiptir. Tek nötron halosu çekirdekler de iki cisim konfigürasyonuna ($n+k$) sahiptir. Şekil 2.6.' da görüldüğü gibi, tek nötron halolu çekirdekler (^{11}Be , ^{19}C) ve çift nötron halolu çekirdekler (^6He , ^8He , ^{11}Li , ^{14}Be , ^{17}B) küçük kareler ile gösterilmiştir.

Bir proton ile nötron arasındaki en belirgin fark coulomb etkileşmesidir. Proton yüklü olduğu için, çekirdeğin yüzeyinde coulomb engeli meydana gelerek nükleonların dalga fonksiyonlarının genliğini azaltır. Dalga fonksiyonunu etkileyen etkenlerden biri de potansiyel ile oluşan merkezi engeldir. Merkezi potansiyel $l(l+1) / r^2$ ile orantılı olarak, halo nötronun yörüngesel açısal momentumuna bağlıdır.

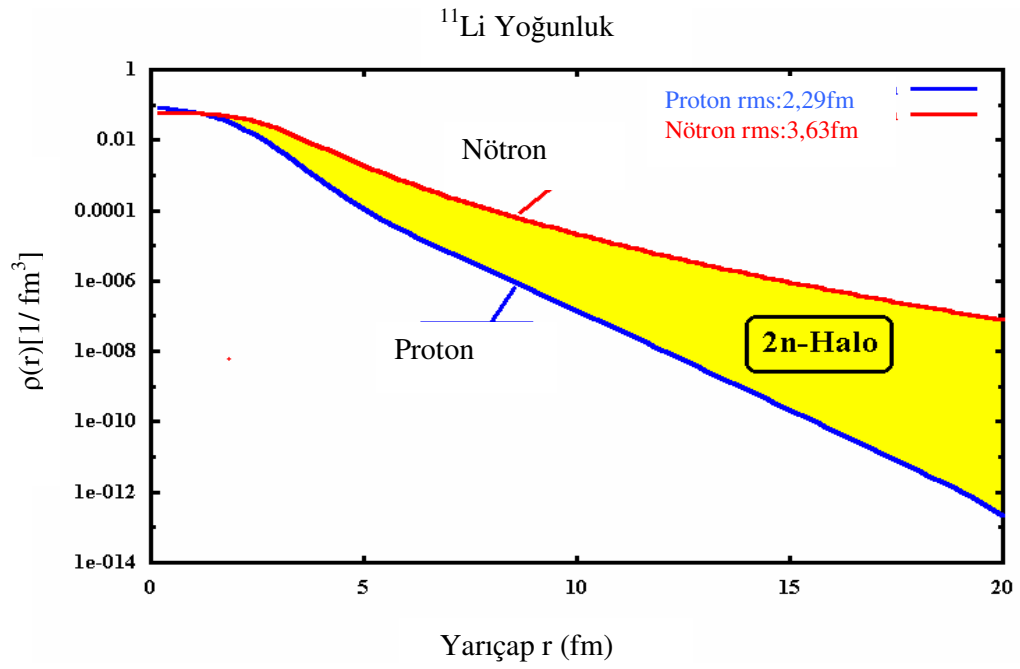
Farklı l değerleri için, nötron yoğunluk kuyruğunun (density tail) uzunluğu kıyaslanırsa, nükleonun bulunduğu büyük l orbitalleri için yoğunluk kuyruğu daha kısa olur. Tek nötron halosu olan ^{11}Be in tek nükleonu $2s_{1/2}$ orbitalinde olduğundan, merkezi potansiyel engelinin etkisi yoktur ve nükleonun dalga fonksiyonu geniş bir alanda uzun kuyruk oluşturur. Diğer yandan, ^{17}C çekirdeği de tek nötron haloya ve küçük ayrılma enerjisine sahip (0,729 MeV) olmasına rağmen, büyük bir nötron halosu değildir. Çünkü, son nötronunun tek parçacık orbitali $1d_{5/2}$ ($l=2$) olduğundan büyük bir merkezi engel meydana gelir. Karbon atomu ile çarpışma reaksiyonundaki tesir kesitinin de küçük olarak gözlenmesi, merkezi engelin büyüklüğü ile de orantılı olduğunu gösterir. Diğer iki nötron halolu çekirdekler (^6He , ^8He , ^{11}Li , ^{14}Be vs.) son nükleonların toplam açisal momentümları $J_n=0$ olacak şekilde eşlenirler ve nükleonların $l=0$, 1 veya 2 orbitallerinde bulunmasına rağmen, merkezi engelin büyüklüğü bu iki nötronun oluşum konfigürasyonuna kuvvetlice bağlıdır.



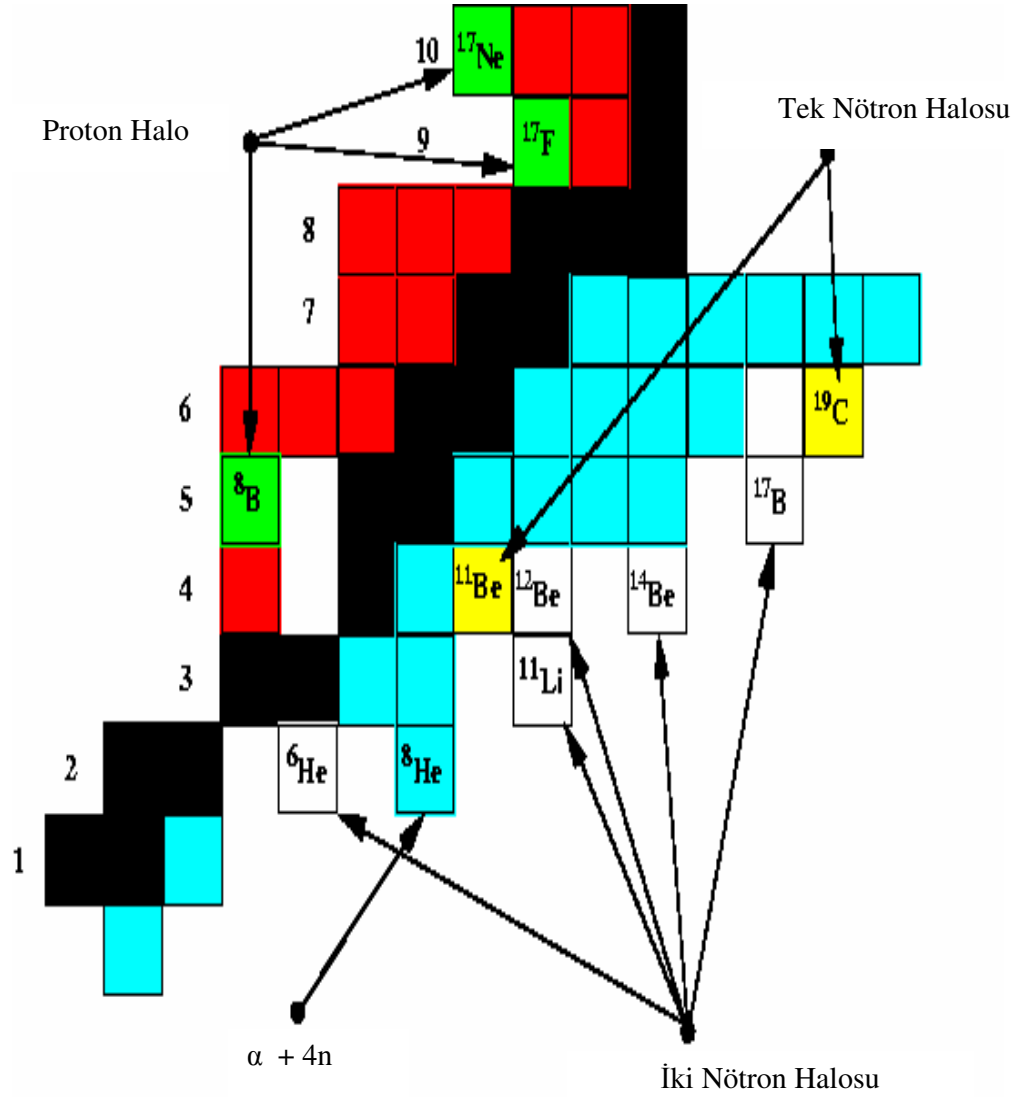
şekil 2.3. Nötron halosu [D.Lacroix., J.A.Scarpaci , 2000]



Şekil.2.4. Li çekirdeğinin izotoplarının yarıçapları [Tanihata ve ark. 1985]



Şekil 2.5. ¹¹Li izotopunun rms yarıçapı-yoğunluk değişimi [H.Lanske]



Şekil 2.6. Tek ve çift nötron halo çekirdekleri, proton halo çekirdekleri [I.Thompson, A.Richter, B.Jonson, 2001]

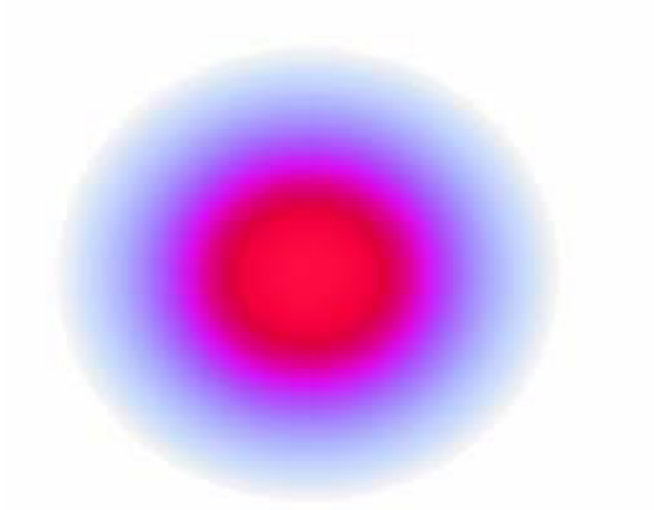
2.3. Proton Halosu

Taşma sınırı bölgesindeki zayıfça bağlı protonlar da nükleer haloları oluşturabilir. Bu bölgedeki proton fazlalığı olan çekirdeklere proton halosu çekirdekleri denir. Proton zengini olan ${}^9\text{C}$, ${}^{12}\text{N}$, ${}^{17}\text{F}$, ${}^{17}\text{Ne}$, ${}^8\text{B}$ gibi çekirdekler proton haloya aday çekirdeklerdendir (Bkz. Çizelge1.1).

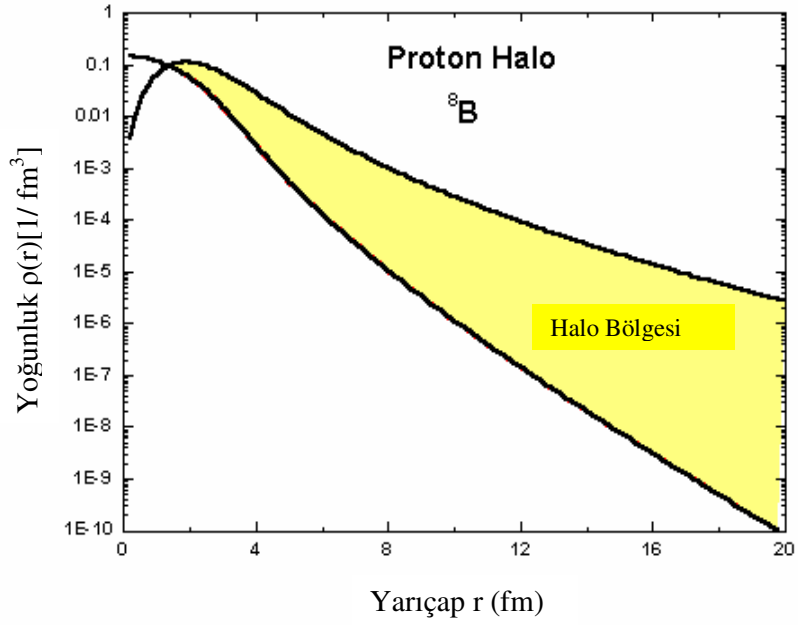
Nötron halosunda tanımlanan dalga fonksiyonunu etkileyen engel durumu, proton haloya aday çekirdekler için farklıdır. Şekil 2.9.'da, zayıf bağlı olan tek bir proton ve nötronun farklı orbitallerdeki, 2s, 1p, 1d yoğunluk dağılımının değişimi, coulomb etkileşmesinin ve merkezi potansiyelin etkisi açıkça görülmektedir. Örneğin 2s orbitalinde merkezi potansiyel olmadığından yoğunluk dağılımı en fazla olmuş ancak coulomb etkisinden dolayı da, proton halosunun yoğunluk dağılımı nötronunki kadar büyük değildir.

${}^{12}\text{N}$, ${}^{17}\text{F}$, ${}^8\text{B}$ gibi proton halosu çekirdeklerin son yörüngesinde zayıfça bağlı bir tek proton vardır. Bu nedenle coulomb engeli ve merkezi engelin ikisi de proton halosunu etkileyecektir. Bu nedenle Şekil 2.9.'da görüldüğü gibi, nükleon yoğunluk dağılımının kuyruğunun büyük olması beklenemez. Dolayısıyla bu da proton halosunun yüksek enerjide tesir kesit reaksiyonunun çok küçük veya etkisiz olduğunu gösterir. ${}^{17}\text{Ne}$ çekirdeği ise, $1d_{5/2}$ veya $2s_{1/2}$ son orbitalinde iki proton bulundurur. Bu çekirdekteki merkezi engelin çok küçük ve ${}^{17}\text{Ne}+\text{C}$ çarpışmasındaki tesir kesitinin büyük olmasından dolayı, proton haloya aday önemli bir çekirdek olarak incelenir [Towner ve ark., 1972; Borge ve ark., 1988].

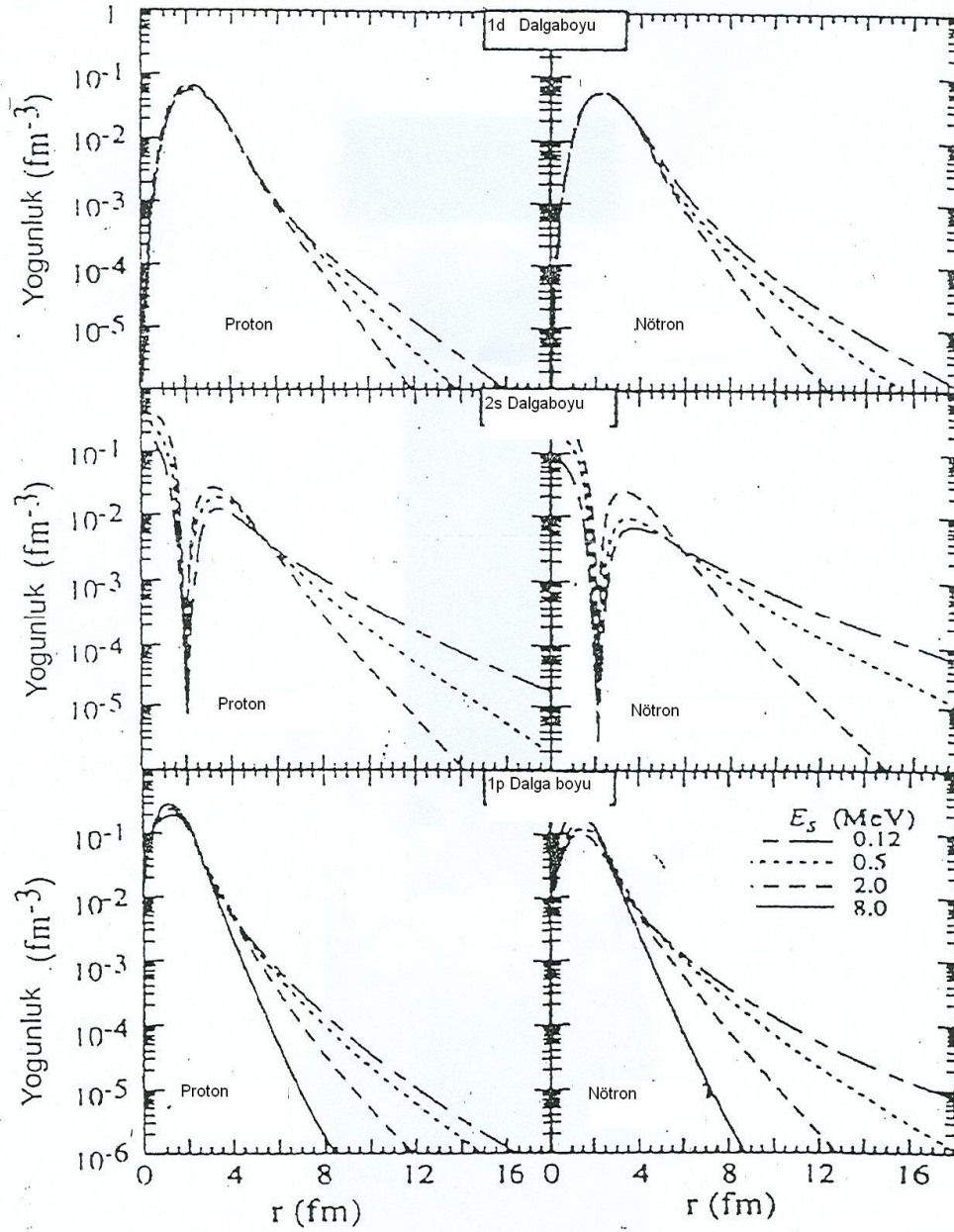
Genel olarak bütün haloya aday çekirdeklerin büyüklükleri engel etkilerine bağlı olduğu söylenebilir ve engel yüksekliği çekirdeğin yüzey bölgesindeki yoğunluk dağılımına bağlıdır. Sonuçta dalga fonksiyonu ne kadar uzun bir kuyruğa sahip ise, engel yüksekliği de o kadar küçük olur. Şekil 2.9.'da da görüldüğü gibi, 2s orbitali için merkezi potansiyel ve coulomb etkisinin engel yükseklikleri daha küçük olduğundan, dalga fonksiyonları da diğer 1p ve 1 d orbitallerine göre daha uzun bir bölgeye yayılmıştır.



Şekil 2.7. Proton Halo [W. Schwab et al., 1995]



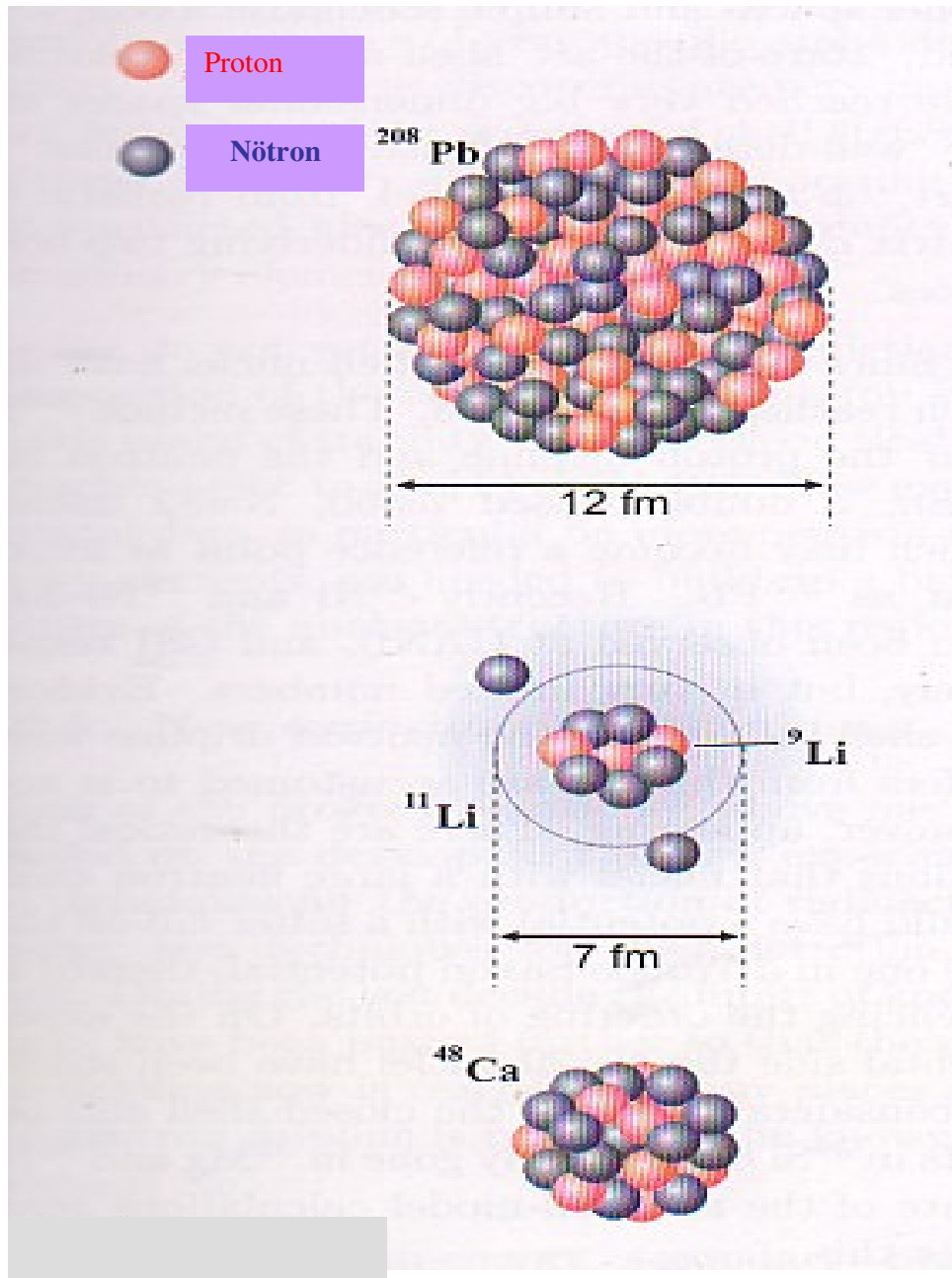
Şekil 2.8. Proton Halosu çekirdeği ${}^8\text{B}$ 'in r(fm)- Yoğunluk değişimi [Theory Uni.Giessen, 1995]



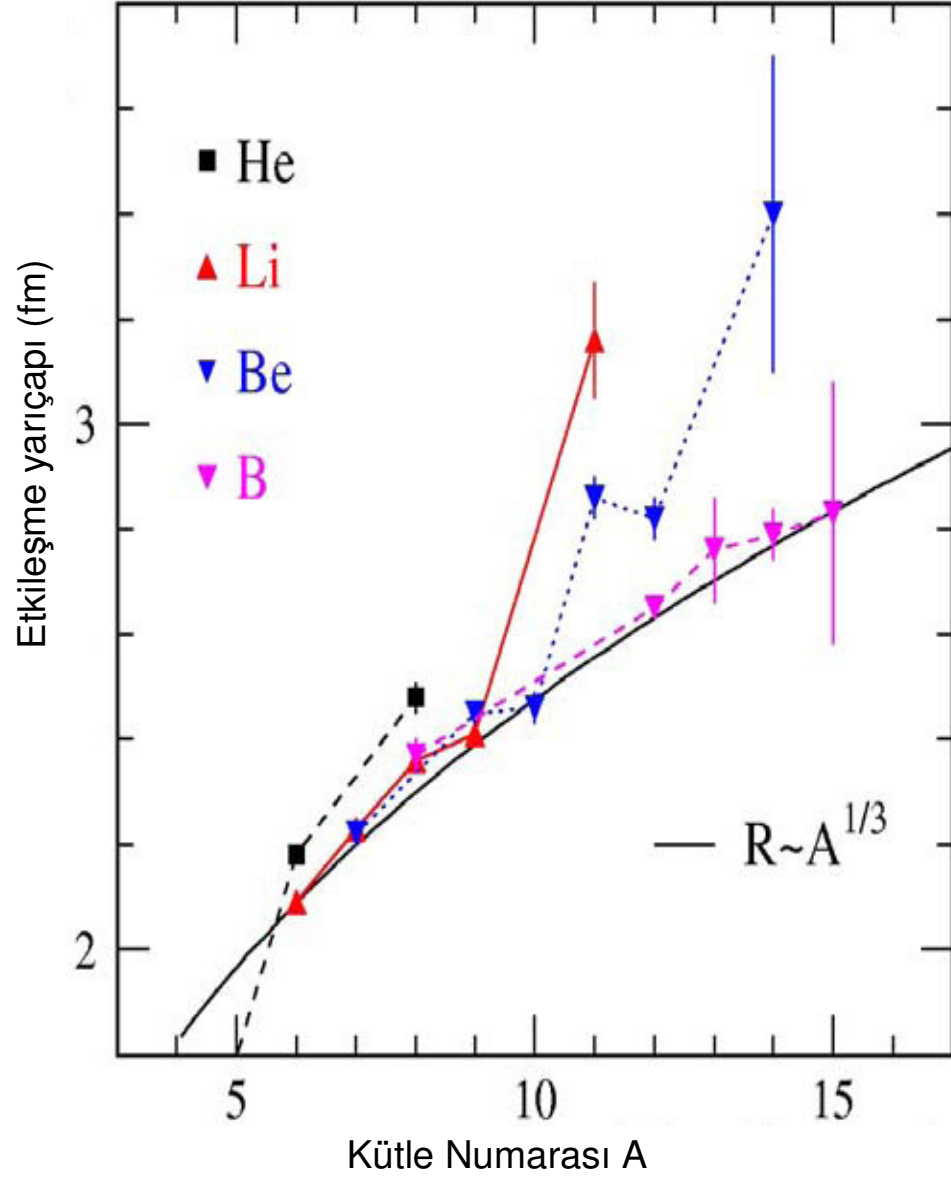
Şekil 2.9. Proton ve nötronun yoğunluk dağılımının değişimi. Halo nükleonları için Coulomb etkileşmesinin ve merkezi potansiyelin etkisi açık şekilde görülmektedir[Tanihata, 1996].

2.4. Halo Çekirdeklerde Yarıçap

Taşma sınırındaki çekirdekler, belli şartlar altında kütle dağılımları nükleer korun dışına uzaklaşacak şekilde genişleyen nötron veya proton halolarını oluştururlar. Bu durumda kor dışında geniş bir alana dağılan haloların ortalama yarıçap değerleri (rms) de, çekirdeklerin kor ve kütle yarıçapından daha büyük olur. Böylece halo çekirdeklerde son nükleonların ayrılma enerjileri küçük olduğu için, rms yarıçap değerleri de diğer kararlı çekirdeklere göre daha büyük olması gerekir. Örneğin ^{11}Li çekirdeğinin 1p orbitali için yarıçapı, $\text{rms}=3,12\pm 0,30$ fm ve 2s orbitali için de $\text{rms}=3,05\pm 0,30$ fm; ^9Li korunun $\text{rms}=2,61\pm 0,10$ fm ve $2,5\pm 0,10$ fm iken, halo rms yarıçapı da $\text{rms}=4,8\pm 0,5$ fm olarak ölçülmüştür[Tanihata, 1996]. Görüldüğü gibi, halo nötron dağılımının rms yarıçap değeri, kor yarıçap değerinden yaklaşık iki kat daha büyüktür. Şekil 2.2. den de görüleceği gibi, ^{11}Li çekirdeği, kor dışındaki iki nötron halosu yüzünden, aynı sayıda nükleona sahip kararlı bir çekirdek olan ^{11}B çekirdeğinden yaklaşık olarak iki kat daha büyüktür. Bunun yanısıra ^{11}Li çekirdeğinin büyüklüğü de 197 tane daha fazla parçacığa sahip kurşun (^{208}Pb) çekirdeğinin büyüklüğünün üçte-ikisine eşittir(Şekil 2.10.). Ayrıca, Şekil 2.11.'de de görüldüğü gibi, taşma sınırı yanındaki halo çekirdeklerin yarıçap değerleri de, diğer kararlı çekirdeklere göre ani ve keskin bir değişim göstermektedir.



Şekil 2.10. ^{11}Li çekirdeğinin büyüklüğü ile ^{208}Pb çekirdeğinin büyüklüğünün kıyaslanması



Şekil 2.9. Taşma Sınırı Yanındaki çekirdeklerin yarıçaplarındaki ani değişim [Blank ve ark., Z. Phys. A 343 (1992) 375]

3.HESAPLAMAR VE SONUÇLAR

3.1.Hartree – Fock Teorisi

Hartree-Fock teorisi(H-F), iki-parçacık etkileşmesinden bir tek-parçacık potansiyeli türetmemiz için bir yöntem sağlar. Skyrme kuvveti de nükleer HF hesaplamalarında yoğunluk, momentum ve sıfır menzile bağımlı etkin bir kuvvettir. Skyrme kuvveti sıfır menzillidir[Skryme T.H.R. Phil.Mag. 1,1043, 1956]. Biri momentuma bağlı iki-cisim etkileşmesi, diğeri ise yoğunluğa bağlı üç-cisim etkileşmesi olmak üzere iki kısımdan ibarettir. Hartree-Fock yaklaşımında Skyrme kuvvetinin üç-cisim etkileşmesi kısmı nükleer yoğunluğa lineer olarak bağlı bir iki-cisim etkileşmesine özdeştir. Böyle bir çok cisim etkileşmesinin basit bir olaycıl temsiline imkan verir, yani iki nükleon arasındaki etkileşmenin diğerlerinin varlığı ile nasıl etkilendiğini anlamamızı sağlar.

Skyrme kuvvetinin karakteristik bir özelliği, kuvvet parametrelerinin rolünü açıkça gösterecek şekilde lokal ve basit bir şekle sahip bir Hartree-Fock enerji yoğunluğu vermesidir. Skyrme kuvveti kullanılarak yapılan HF hesaplamaları bütün basitliğine rağmen iyi sonuçlar vermiştir. Bu etkileşmenin özel bir yapıya sahip olması HF denklemlerinin sonlu menzilli kuvvetlerle yapılan hesaplara göre çok daha çabuk çözülmesini sağlar[Vautherin D., Phys.Rev..C7, 296, 1973]. 1956 da Skyrme tarafından önerilen bu kuvvet

$$\begin{aligned}
 V_{Skyrme} = & t_0 (1 + x_0 P_x) \delta(\vec{r}_i - \vec{r}_j) \\
 & + \frac{1}{2} t_1 (1 + x_1 P_x) \{ p_{12}^2 \delta(\vec{r}_i - \vec{r}_j) + \delta(\vec{r}_i - \vec{r}_j) p_{12}^2 \} \\
 & + t_2 (1 + x_2 P_x) p_{12}^2 \delta(\vec{r}_i - \vec{r}_j) p_{12}^2 \\
 & + \frac{1}{6} t_3 (1 + x_3 P_x) \rho^\alpha \delta(\vec{r}_i - \vec{r}_j) + t_4 p_{12}^2 \cdot \delta(\vec{r}_i - \vec{r}_j) (\vec{\sigma}_i + \vec{\sigma}_j) \cdot p_{12}^2
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

şeklindedir. Burada $\mathbf{p}_{12} = \mathbf{p}_i - \mathbf{p}_j$ bağıl momentum P_x uzay değiş-tokuş operatörü, σ Pauli spin matrisi ve $\mathbf{r} = 1/2(\mathbf{r}_i + \mathbf{r}_j)$ dir. $t_0, t_1, t_2, t_3, x_0, x_1, x_2, x_3$ ve α kuvvet parametreleri, deneysel bağlanma enerjileri, nükleon yoğunlukları ve rms yük yoğunluğu yarıçapları fit edilerek bulunur. Bu çalışmada kullanılan etkileşme parametreleri Çizelge 3.1. de verilmiştir.

Çizelge.3.1. Hesaplamalarda kullanılan Skyrme kuvvet parametreleri

<i>Kuvvet</i>	<i>SI</i>	<i>SIII</i>	<i>SVI</i>	<i>T3</i>	<i>SKM</i>	<i>SKM*</i>
t_0	-1057.3	-1128.75	-1101.81	-1791.80	-2645.0	-2645.0
t_1	235.9	395.0	271.67	298.50	385.0	410.0
t_2	-100.0	-95.0	-138.33	-99.50	-120.0	-135.0
t_3	14463.5	14000.0	17000.0	12794.0	15595.0	15595.0
t_4	120	120	115	126	130	130
x_0	0.56	0.45	0.583	0.138	0.09	0.09
x_1	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0
x_2	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
x_3	1.0	1.0	1.0	0.075	0.0	0.0
α	1.0	1.0	1.0	1/3	1/6	1/6

3.2. Halo çekirdeklerin Skyrme-Hartree -Fock Modeli ile Yük Yarıçaplarının Hesaplanması

Aynı elementin izotoplarının yük yarıçaplarındaki anormallikler müonik x-ışınları ve elektron elastik saçılma deneylerinde gözlenmiştir. İzotopların yük yarıçapları $A^{1/3}$ yasasına yaklaşık olarak bile uymazlar. Yarıçaplarda gözlenen bu anormallikler özellikle kapalı kabuklu çekirdeklerde önemlidir.

Bu çalışmada ^{8-17}B izotoplarının Skyrme-Hartree-Fock yöntemiyle rms yük yarıçapları hesaplandı. Sonuçlar deneyle karşılaştırıldı. Hartree-Fock yaklaşımı kullanılarak halo çekirdeklerin HF-Skyrme yarıçapları R(HFS) hesaplanabilir. Çekirdeklerin yarıçaplarını hesaplamak için de, SK-HAFO(SIII) adlı bilgisayar programı kullanıldı. Hartree-Fock yaklaşımında, çeşitli Skyrme etkileşme kuvvetlerinden SIII Skyrme etkin(effective) etkileşmesi [Vautherin ve ark., 1972, 1973] kullanıldı ve SIII Skyrme kuvvetindeki parametreler ise Friedrich'in[1986] yaklaşımından alınmıştır.

SK-HAFO(SIII) adlı bilgisayar programı kullanılarak, nötron ve proton halosu çekirdekleri için bulunan HF-Skyrme yarıçap değerlerinin sonuçları ayrı ayrı Çizelgelerde verilmiştir. Ayrıca hesaplanan HF-Skyrme yarıçaplarının (Proton ve nötron yoğunluklarının) r (fm)'ye göre ani değişimleri de grafiklerle verilmektedir.

Çizelge 3.1. de verilen Skyrme kuvvetlerini kullanarak hesaplanan ^8B izotopunun rms yük yarıçapları Çizelge.3.2. de verilmektedir.

Çizelge 3.2. ^8B izotopunun hesaplanan rms yük yarıçapları

	SI	SIII	SVI	T3	SKM	SKM*
^8B	2,288	2,467	2,399	2,416	2,373	2,403

Çizelge 3.2. incelendiğinde şu sonuç çıkarılabilir; ^8B Proton halosudur ve hesaplanan deneysel proton yarıçap değeri $2,45\pm 0,05$ fm [Tanihata, 1988]dir. Bu sonuca en yakın değeri SIII kuvvet parametresi vermektedir. Bu nedenle ^{8-17}B izotoplarının rms yük yarıçapları SIII parametre grubu kullanılarak hesaplandı.

Çizelge 3.3. ^{8-17}B izotoplarının SIII parametre grubu kullanılarak hesaplanan rms yük yarıçapları

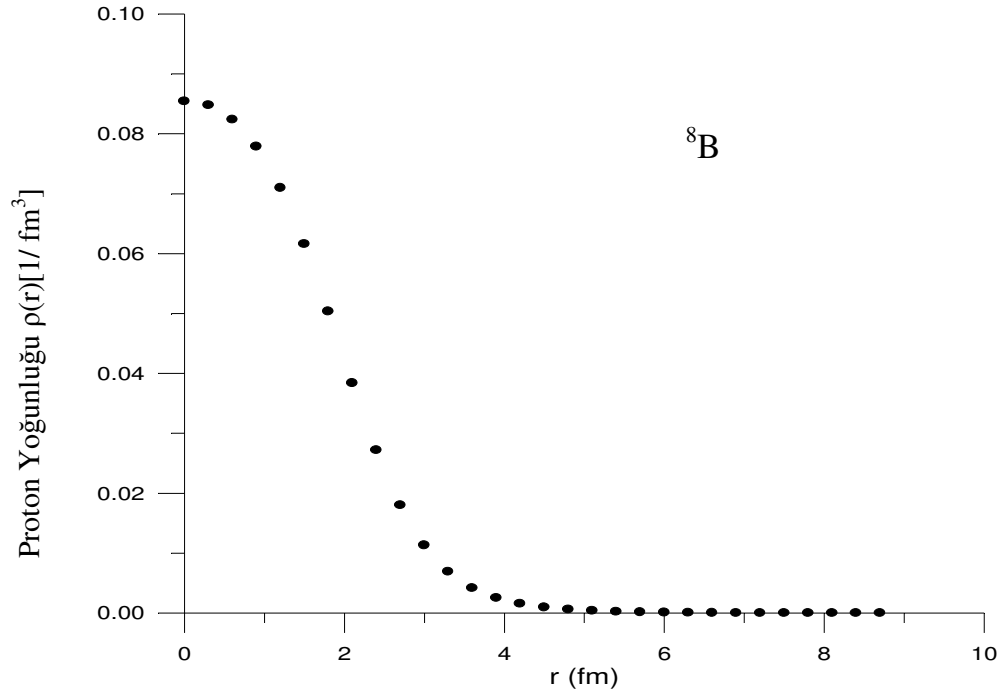
Bor İzotopları	Hesaplanan Yarıçap	HF-Skryme R_p (Proton Yarıçap)	HF-Skryme R_n (Nötron Yarıçap)	HF-Skryme R_C (Yük Yarıçap)
^8B	$2,45\pm 0,05$ fm	2,467	2,042	2,620
^9B	-	2,392	2,232	2,518
^{10}B	-	2,354	2,334	2,473
^{11}B	-	2,337	2,406	2,452
^{12}B	-	2,355	2,536	2,461
^{13}B	-	2,368	2,624	2,470
^{14}B	-	2,383	3,011	2,447
^{15}B	$2,38\pm 0,05$ fm	2,393	3,132	2,451
^{16}B	-	2,412	3,206	2,454
^{17}B	-	2,426	3,271	2,458

Kütle numarası $A=15$ olan bir normal çekirdeğin yarıçapı 2,5 fm olması gerekirken nükleer yarıçapı 2,91 fm, halo yarıçapı da 5,15 fm dir[M.T. Yamashita, PhD thesis, 2004]. Kabuk modeli varsayımından hareketle HFS teorisi kullanılarak elde edilen yarıçap değerleri $r = r_0 A^{1/3}$, e uygun sonuçlar verirken ^{17}B gibi nötron halosu çekirdeklerde uygun sonuç çıkmamaktadır. $r = r_0 A^{1/3}$ çekirdek yarıçap değeri küresel simetrik çekirdeklerin yarıçaplarının hesaplanmasında oldukça başarılıdır.

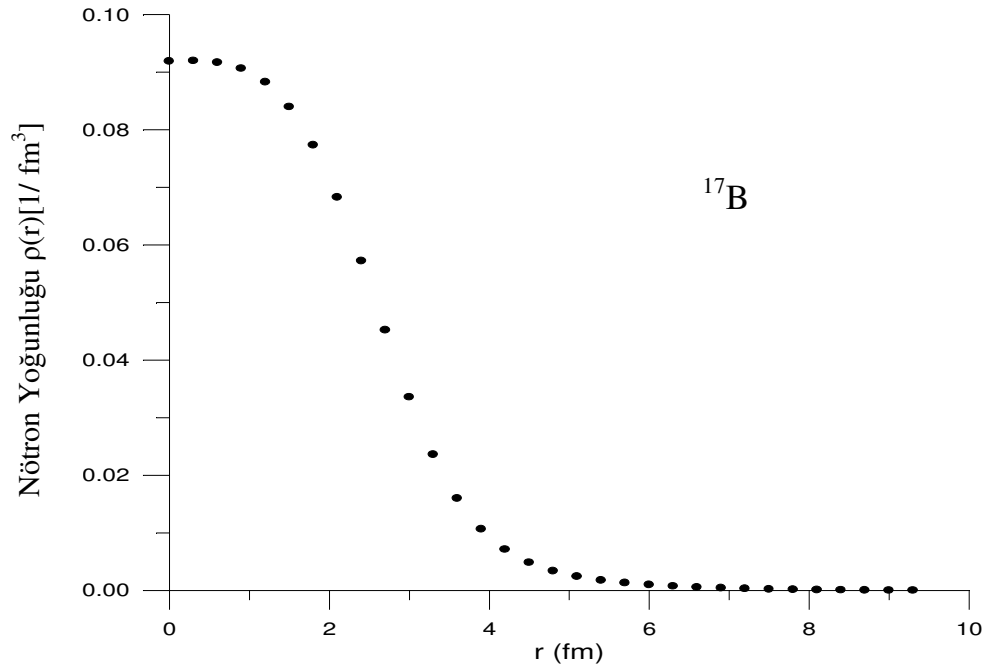
Çizelge 3.4. ^8B , ^{17}B izotoplarının halo yarıçapları

Halo Çekirdekler	Hesaplanan Yarıçap (r)	Halo Yarıçapı (r_h)
^8B	$2,45\pm 0,05$ fm	4,18 fm *
^{17}B	$2,91 \pm 0,05$ fm	5,15 fm **

* Azhari ve ark., 1999; ** Yamashita ve ark., 2004



Şekil 3.1. ^8B izotopunun Proton Yoğunluğunun Yarıçapa Göre Değişimi (SIII)



Şekil 3.2. ^{17}B izotopunun Nötron Yoğunluğunun Yarıçapa Göre Değişimi (SIII)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Taşma sınırı yanındaki nötron-proton fazlalığı olan kararsız çekirdekler, belli şartlar altında, dalga fonksiyonları nükleer korun dışına uzanacak şekilde genişleyen nötron ve proton haloları oluşturmaktadır. Halo özelliği gösteren bu çekirdeklerde, son nükleonların kordan uzakta kalmaları, bağlanma enerjisinin ve yarı ömürlerinin çok küçük ve rms yarıçaplarının büyük olması, beta bozunum ihtimallerini arttıracak ve yarı ömürlerini azaltacaktır.

Halo çekirdeklerin rms yarıçapları büyük olduğundan, nötron veya protonun halo etkisi, rms yarıçap değerine bağlı olarak yarı ömürlerinin düşürülmesinde ve β -bozunumu ihtimalinin artmasında önemli bir yer tutar. Bachal[1996]'a göre, yarıçap değerindeki $\pm 30\%$ oranındaki değişim çekirdeklerin yarı ömür değerlerini 10% kadar etkilemektedir. Bu nedenle rms yarıçapları dikkate alınmadan yapılan hesaplamalardaki yarı ömür değerleri (logft değerleri), deneysel değerlerden farklı olmaktadır.

Bu çalışmada, Hartre- Fock yaklaşımı kullanılarak SK-HAFO(SIII) adlı bilgisayar programı kullanılarak, Bor çekirdeğinin izotoplarının Hartre-Fock Skryme yarıçapları hesaplandı ve ^{8-17}B halo çekirdek izotoplarının özellikleri incelendi. ^{8-17}B halo çekirdek izotoplarının özellikleri, Skryme yoğunluk dağılımı, etkin nükleon-nükleon etkileşimleri kullanılarak çalışıldı. Skryme kuvvet parametreleri tanımlandı. Skryme kuvvet parametreleri kullanılarak nötron, proton ve yük yarıçapları (rms) hesaplandı. Deneysel değerlerle, hesaplanan teorik sonuçlar karşılaştırılarak tartışıldı. Bulunan sonuçlarda proton halosu çekirdeklerin ^8B ve nötron halosu olan çekirdeğin ^{17}B (2 nötron halo) olduğu görüldü. Hesaplamalar yapılırken, nötron halosu çekirdekler için rms yarıçap değeri olarak nötron yarıçapı R_n , proton halosu çekirdekleri için ise, proton yarıçapı R_p dikkate alınmıştır.

Bu çalışmadan sonra, halo çekirdekleri ile ilgili şunları söyleyebiliriz;

- Nötron haloları birçok çekirdekte görülmekte ve bunlar arasında en çok çalışılanları ^{11}Li ve ^{11}Be dir. ^{17}B iki nötron halolu çekirdektir. ^{19}B çekirdeği de nötron haloya aday önemli bir çekirdektir.

- Proton halosu çekirdeklerin en önemlileri ^8B ve ^{17}Ne 'dir.

- Proton halosunun yoğunluk dağılımının genişliği nötron halosundaki kadar büyük olmadığı görülmektedir.

- Radyoaktif ışınlama ile çalışmalar, ağır halo olarak kabul edilen ^{17}B ve ^{19}B gibi çekirdeklerin gelecekte daha önemli olacağı tahmin edilmektedir.

- Halonun kesin ve tam olarak bir tanımı olmamakla birlikte, tamamıyla kuantum mekaniksel tünelleme olayının bir sonucunda oluşmaktadır.

- Halo çekirdeklerin β -bozunumu, nükleer fizik ile ilgili önemli bilgilerin kaynağını oluşturmakta ve bu nedenle gelecekte birçok problemin çözümünde önemli olabilir.

- Halo çekirdeklerin anlaşılmasında yoğunluk dağılımının ve yarıçaplarının ölçülmesi çok önemlidir. Çünkü, bu çekirdeklerin halo yarıçapları büyük olduğundan, β -bozunumundaki yarı ömür değerleri kuvvetlice rms yarıçapına bağlı olmalıdır.

- Yörünge kuantum sayısı l' ye bağlı olarak halo çekirdeklerin yoğunluk dağılımının büyüklüğü değişir ve küçük l değerleri için yoğunluk dağılımı daha büyük olur.

- Kabuk modeli varsayımından hareketle HFS teorisi kullanılarak elde edilen yarıçap değerleri $r = r_0 A^{1/3}$ e uygun sonuçlar verirken ^{17}B gibi nötron halosu çekirdekte uygun sonuç çıkmamaktadır. $r = r_0 A^{1/3}$ çekirdek yarıçap değeri küresel simetrik çekirdeklerin yarıçaplarının hesaplanmasında oldukça başarılıdır.

- Halo çekirdeklerin elektrik ve magnetik momentlerinin ölçümleri CERN'de, ISOLDE deneyi adı altında odaklanarak çalışılmaktadır.

- Taşma sınırı yanındaki kararsız çekirdeklerin halo yapısının anlaşılması ve daha fazla bilgi edinilmesi için, daha fazla deneysel ve teorik çalışmanın yapılması gereklidir. Bu çalışmalar nükleer fizik alanında, nükleer yapı üzerindeki önemli çalışmalar ile ilgili bir halo fiziği önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Amirhashemi, D., “Halo çekirdeklerin Kabuk modeline göre incelenmesi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-8, (2002).
- Austin, S.M. and Bertsch, G.F., “Halo Nuclei”, *Scientific American*, 90-95(1995).
- Azhari, A. ve ark., “Radii of Halo States in Light Nuclei Deduced from Their Asymptotic Behavior”, *Phys.Rev.Lett.* 82, 3960 (1999).
- Bahcall, J.N., “Phase-space Integrals for Beta-Decay of ^8He ”, *Nucl.Phys.*, A487, 269-278 (1966).
- Baye, D., Suzuki, Y. and Descouvemont, D., “Evidence for halo in Quenching of ^6He β Decay into α and Deuteron”, *Prog of Theor.Phys.*, 91, 271-286(1994).
- Bertsch, G.F. and Esbensen, H., “Pair Correlations near the Neutron Drip Line”, *Annals of Phys.*, 209, 327-363 (1991).
- Blank, et al., “Discovery of the Neutron Halo in Light Dripline Nuclei” *Z.Phys. A* 343375 (1992).
- Borge, M.J.G., Cronberg, H., Cronqvist, M. Ve ark., “Beta-Delayed Proton and Alpha Emission in The Decay of ^{17}Ne ”, *Nucl.Phys.*, A 490, 287-306 (1988).
- Chou, W.T., Warburton, E.K. and Brown, B.A., “Gamow-Teller beta decay rates for $A \leq 18$ nuclei”, *Phys.Rev.*, C47, 163 (1993).
- Fedorov, D.V., Jensen, A.S., Riisager, K., “Efimov States in Halo Nuclei”, *Phys.Rev., Lett.*, 73, 2817-2820 (1994).
- Friedrich, J., and Reinhard, P.G., “Skyrme – force parametrization: Least-Squares fit to nuclear ground-state properties”, *Phys.Rev.*, C 33, 335 (1986).
- Gibbs, W.R. and Hayes, A.C., “Determination Of the Radius of the ^{11}Li Neutron Halo from Pion Double Charge Exchange”, *Phys.Rev.Lett.*, 67, 1395-1398. (1991).
- Hansen, P.G., “Nuclear structure at the drip lines”, *Nucl.Phys.*, A553, 89c (1993).
- Hoshino, T., Sagawa, H. And Arima, A., “Shell-model Study of Light Neutron-rich Nuclei”, *Nucl Phys.*, A 506, 271-292 (1990).
- Hussein, M.S., Bertulani, C.A. ve ark., “Fussion of Halo Nuclei”, *Nucl.Phys.*, A 588, 85c-90c (1995).

Ikeda, K., "Structure of Neutron Rich Nuclei", *Nucl. Phys.*, A 538, 335c-366c (1992).

Jonson, B., "Halo Nuclei", *Nucl. Phys.*, A574, 151c-166c (1994).

Jonson, B., "Halo Nuclei and Other Exotics", *Nucl. Phys.*, A583, 733-746 (1995).

Kobayashi, T., "Nuclear Structure Experiments on ^{11}Li ", *Nucl. Phys.*, A 553, 465c-472c (1993).

Mau, N.V., "Particle-vibration coupling in one neutron halo nuclei", *Nucl. Phys.*, A 592, 33-44 (1995).

Mau, N.V., Pacheco, J.C., "Structure of the ^{11}Li nucleus", *Nucl. Phys.*, A 607, 163-177 (1996).

Mueller, A.C., And Sherill, B.M., "Two-body halos", *Annu. Rev. Nucl. Part. Sc.*, 43, 529 (1993).

Nunes, F.M., Thompson, I.J. ve Jognson, R.C., "Core excitation in one neutron halo system", *Nucl. Phys.*, A 596, 171-186 (1996).

Nyman, G., ve ark., "Beta Decay of ^9Li to Levels in ^9Be ", *Nucl. Phys.*, A 510, 189. (1990).

Okuducu, Ş., "Halo çekirdeklerin nükleer yarıçapa duyarlılığı ve halo çekirdeklerin dış bremsstrahlung spektrumunun incelenmesi", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-5, 7, 12-22, 58-63.,(1999).

Poppelier, N.A.F.M., Wood, L.D. and Glaudemans, P.W.M., "Properties of Exotic p-Shell Nuclei", *Phys. Lett.*, B 157, 120-122 (1985).

Riisager, K., Jensen, A.S. and Moller, P., "Two-body halos", *Nucl. Phys.*, A 548, 393-413 (1992).

Sagawa, H., "Density distribution of halo nuclei", *Phys. Lett.*, B 286, 7-12 (1992).

Sakuragi, Y., Funada, S. and Hirabayashi, Y., "Coulomb Dissociation of ^6He and ^{11}Li and its effect on the elastic scattering", *Nucl. Phys.*, A 588, 65c-70c (1995).

Sato, H. and Okuhara, Y., "High-energy Nucleus-nucleus Scattering and the Matter Radius of the Unstable Nucleus", *Phys. Lett.*, B 162, 217 (1985).

Schwab, W. ve ark., "Precise Momentum Measurements reveal Nuclear Structure" 1995, *Z. Phys. A* 350, 283; Lanske, H., *Prog. Part. Nucl. Phys.*, 46. (2001).

Skyrme, T.H.R. "Nuclear Physics" *Phil. Mag.* 1, 1043 (1956).

- Suzuki, T., and Otsuka, T., “Configuration of the two-neutron halo of ^{11}Li and Gamow-Teller transition”, *Phys.Rev.*, C 50, R 555 (1994).
- Tanihata, I., Hamagaki, H. ve ark., “Measurements of Interaction Cross Sections and Nuclear Radii in the Light p-Shell Region”, *Phys. Rev. Lett.*, 55, 2676 (1985).
- Tanihata, I., “Neutron halo nuclei”, *J. Phys. G. Nucl. Part. Phys.*, 22, 157- 198 (1996).
- Tanihata, I., “Nuclear Structure Studies Using High- Energy Radioactive Nuclear Beams”, *Nucl. Phys.*, A 478, 795 c (1988).
- Tanihata, I., ve ark., “Measuring of Interaction Cross Sections Using Isotope Beams of Be and B and Isospin Dependence of the Nuclear Radii”, *Pyys. Lett.*, B 206, 592 (1988).
- Tanihata, I., Hamagaki, H., Hasmmimoto, O. ve ark., “Measurements of Interaction Cross Sections and Radii of He Isotopes”, *Phys. Lett.*, B 160, 380- 384 (1985).
- Tanihata, I., Hamagaki, H., Hasmmimoto, O. ve ark., “Measurements of Interaction Cross Sections and Nuclear Radii in the Light p-Shell Region”, *Phys. Rev. Lett.*, 55, 2676- 2679 (1985).
- Tanihata, I., “Nuclear Structure Studies Using High- energy Radioactive Nuclear beams”, *Nucl. Phys.*, A 478, 795c- 804c (1988).
- Tanihata, I., “Structure of Neutron- Rich Nuclei Studied by Radioactive Beams”, *Nucl. Phys.*, A 522, 275c- 292c (1991).
- Timofeyuk, N. K. And Descouvemont, P., “ β - decay of the halo nucleus ^{14}Be ”, *Phys. G. Nucl. Part. Phys.*, 22, L99- L104. (1996).
- Towner, I. S. and Hardy, J. C., “First- forbidden Non- unique β - Transitions and Mirror Comparisons in Light Nuclei”, *Nucl. Phys.*, A 179, 489- 503 (1972).
- Vautherin, D., and Brink, D. M., “Hartree- Fock Calculations with Skyrme’s Interaction. I. Spherical Nuclei”, *Phys. Rev.*, C5, 626 (1972).
- Vautherin, D., “Hartree-Fock Calculations with Skyrme’s Interaction.II. Axially Deformed Nuclei”, *Phys.Rev.*, C 7, 296 (1973).
- Yamashita, M.T., Tomio, L. and Frederico, T., “Neutron-neutron correlation in the halo dissociation of light exotic nuclei”, *Nucl.Phys.*, A 735, 40 (2004).
- Zhukov, M.V., Danilin, B.V. ve ark., “ β decay of ^{11}Li to the deuteron channel and halo analog states in ^{11}Be ”, *Phys.Rev.*, C52, 2461 (1995).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : SERT, Tahir
 Uyuşu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 06.09.1976 Manisa
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (224) 326 50 07
 Faks : 0 (224) 327 76 77
 e-mail : tahirsert1@hotmail.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Amasya Eğitim Fakültesi Fizik Öğretmenliği Bölümü	1999
Lise	A.Aksu Anadolu Öğretmen Lisesi	1994

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2000-2004	M.E.B. Okulları / Bursa	Öğretmen
2004-2005	İller Bankası / Bursa	Memur (Bilgi İşlem)
2005-2006	Sosyal Hiz. İl. Müd./ Bursa	Öğretmen

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Otomobil, Bilgisayar teknolojileri, Basketbol, Masa Tenisi, Futbol

Yayınlar

1. Eyyüp TEL, Tahir SERT ,A. AYDIN , M. Hicabi BÖLÜKDEMİR, N.Nur AKTI
INVESTIGATION THE PROPERTIES OF ^{8-17}B ISOTOPES HALO NUCLEİ
BPU-6 6th International Conference of the BalkanPhysicalUnion
Ağustos 22-26 -2006 İstanbul/TÜRKİY (Poster-Basımnda)