

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAFİF Te İZOTOPLARININ KABUK MODELİ
HESAPLAMALARI**

Öznur DEMİRÖRS

**Danışman
Doç. Dr. Erdal DİKMEN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2014**



© 2014 [Öznur DEMİRÖRS]

TEZ ONAYI

Öznur DEMİRÖRS tarafından hazırlanan "Hafif Te İzotoplarının Kabuk Modeli Hesaplamaları" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Fizik Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doç. Dr. Erdal DİKMEN
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Ali KÖKÇE
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Nazım UÇAR
Süleyman Demirel Üniversitesi

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Ahmet ŞAHİNER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Öznur DEMİRÖRS

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Nükleer Kabuk Modeli	4
2.2. Nükleer Kabuk Modeli Potansiyeli	5
2.3. $N=Z=50$ Çift Kapalı Kabuğu Etrafındaki Sn İzotopları	7
2.4. $N=Z=50$ Çift Kapalı Kabuğu Etrafındaki Bir Proton Artı Artan Nötron Sayına Sahip Sb İzotopları	9
2.5. $N=Z=50$ Çift Kapalı Kabuğu Etrafındaki İki Proton Artı Artan Nötron Sayına Sahip Te İzotopları	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1. Drexel Üniversitesi Kabuk Modeli (DUSM) Kodu ile Kabuk Modeli Hesaplamaları	14
3.2. Lanczos Algoritması.....	18
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	20
4.1.Çift- Çift Te Çekirdekleri	21
4.1.1. ^{102}Te	21
4.1.2. ^{104}Te	22
4.1.3. ^{106}Te	24
4.1.4. ^{108}Te	27
4.2.Tek-Çift Te Çekirdekleri	29
4.2.1. ^{103}Te	29
4.2.2. ^{105}Te	32
4.2.3. ^{107}Te	34
5. SONUÇ	38
KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	44

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HAFİF Te İZOTOPLARININ KABUK MODELİ HESAPLAMALARI

Öznur DEMİRÖRS

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Erdal DİKMEN

Bu tez çalışmasında $N=Z=50$ çift kapalı kabuğu etrafında bulunan iki proton artı artan nötron sayılarına uyan $A=102-108$ kütle numaralı hafif Te izotopları için standart nükleer kabuk modeli hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan kabuk modeli hesaplamalarında ^{100}Sn çekirdeği kor olarak kabul edilmiş ve bu kor üzerinde bulunan $2s_{1/2}$, $1d_{3/2}$, $1d_{5/2}$, $0g_{9/2}$ ve $0h_{11/2}$ tek parçacık yörüngeleri model uzayı olarak seçilmiştir. İki- cisim etkin etkileşmeleri olarak CD-Bonn nükleon-nükleon (NN) etkin etkileşmeleri kullanılmıştır.

Kuantum mekaniksel çok-cisim hesaplamaları Drexel Üniversitesi Kabuk Modeli (DUSM) kodunun Süleyman Demirel Üniversitesindeki Yüksek Başarımlı Paralel Bilgisayar Sisteminde kullanılmasıyla yapılmıştır. Kabuk modeli hesaplamaları neticesinde $A=102-108$ kütle numaralı Te izotoplarının temel ve düşük uyarılma durumları, pariteleri ve bu durumlara karşılık gelen uyarılma enerjileri elde edilmiştir. Elde edilen teorik enerji spektrumları mevcut kaynaklarda yer alan deneysel değerlerle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nükleer kabuk modeli, $^{102,103,104,105,106,107,108}\text{Te}$ izotopları, CD-Bonn, NN etkileşmeleri

2014, 44 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

SHELL MODEL CALCULATIONS OF NEUTRON DEFICIENT Te ISOTOPES

Öznur DEMİRÖRS

Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Physics

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erdal DİKMEN

In this thesis, the standard shell model calculations have been done for the light Te isotopes with $A=102-108$ consisting of two protons plus increasing neutron number around the doubly magic $N=Z=50$ core. In the shell model calculations, the single particle orbits $2s_{1/2}$, $1d_{5/2}$, $1d_{3/2}$, $0g_{7/2}$ ve $0h_{11/2}$ around the doubly magic ^{100}Sn core are chosen as a model space and the CD-Bonn interactions are used to be two-body effective interactions.

Quantum many-body calculations have been carried out by using the Drexel University Shell Model (DUSM) code at the High Performance Parallel Computer Cluster (YUBBIS), Suleyman Demirel University. As a result of the Shell model calculations, ground state, low-lying excited states, parities, and corresponding energies are calculated for the Te isotopes with $A=102-108$. The obtained theoretical energy spectra are compared with available experimental data.

Key Words: Nuclear shell model, $^{102,103,104,105,106,107,108}\text{Te}$ isotopes, CD-Bonn, NN interactions

2014, 44 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince ilgisini ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesi ile beni yönlendiren çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Erdal DİKMEN' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her zaman maddi ve manevi her konuda destek olan aileme teşekkür etmeyi borç bilirim. Ayrıca çalışmalarım sırasında her konuda her zaman yardımcı olan Hilal DOĞAN, Bayram KOCAMAN ve Oğuz ÖZTÜRK'e teşekkür ederim.

Bu tez Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi 3310-YL-12 no'lu proje tarafından desteklenmiştir.

Öznur DEMİRÖRS
ISPARTA, 2014

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Spin-yörünge etkileşmeli nükleer enerji düzeyleri ve sihirli sayılar (Mayer ve Jensen, 1955)	6
Şekil 3.1. İki parçacık için Simetriler. [...] notasyonu her bir satırdaki kutuların sayısını ifade eder	14
Şekil 3.2. Dört parçacık için Young çerçevelerinin oluşturulması	16
Şekil 3.3. $(2^2, 1^2)$ gösterimine $a_j^\dagger$ ve $\tilde{a}_j$ operatörlerinin uygulanması sonucu oluşan bütün beş- ve yedi-parçacık permütasyonel simetri türlerinin seti	17
Şekil 3.4. $\Gamma_7 = (2^3 1)$ ve $\Gamma'_7 = (2^2 1^3)$ simetri türleri arasındaki tek mümkün yol .	18
Şekil 4.1. ^{102}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik düşük enerji spektrumları (~ 4.72 MeV'e kadar)	22
Şekil 4.2. ^{104}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik düşük enerji spektrumları (~ 4.21 MeV'e kadar)	24
Şekil 4.3. ^{106}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik ve deneysel (Hadinia vd. ,2005) düşük enerji spektrumları (~ 2.74 MeV'e kadar)	26
Şekil 4.4. ^{108}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik ve deneysel (Lane vd. ,1998) düşük enerji durumları (~ 2.76 MeV'e kadar)	28
Şekil 4.5. ^{103}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik düşük enerji spektrumları (~ 2.66 MeV'e kadar)	31
Şekil 4.6. ^{105}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik ve deneysel (Liddick vd. ,2006) düşük enerji spektrumları (~ 2.34 MeV'e kadar)	34
Şekil 4.7. ^{107}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik ve deneysel(Hadinia vd. ,2004) düşük enerji spektrumları (~ 2.07 MeV'e kadar)	37

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Bazı Potansiyel Çeşitleri	7
Çizelge 4.1. ^{102}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik düşük enerji durumları (~4.72 MeV'e kadar)	21
Çizelge 4.2. ^{104}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik düşük enerji durumları (~4.21 MeV'e kadar)	23
Çizelge 4.3. ^{106}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik ve deneysel (Hadinia vd. ,2005) düşük enerji durumları (~2.74 MeV'e kadar)	25
Çizelge 4.4. ^{108}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik ve deneysel (Lane vd. ,1998) düşük enerji durumları (~2.76 MeV'e kadar)	27
Çizelge 4.5. ^{103}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik düşük enerji durumları (~2.66 MeV'e kadar)	29
Çizelge 4.6. ^{105}Te çekirdeğinin t tüm (+) pariteli teorik ve deneysel (Liddick vd. ,2006) düşük enerji durumları (~2.34 MeV'e kadar)	32
Çizelge 4.7. ^{107}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik ve deneysel(Hadinia vd. ,2004) düşük enerji durumları (~2.07 MeV'e kadar)	35

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Atom numarası
Ca	Kalsiyum
CFP	Coefficients of fractional parentage
Cr	Krom
DUSM	Drexel University Shell Model
Fe	Demir
MSDI	Modife edilmiş yüzey delta etkileşimleri
Ni	Nikel
NN	Nükleon-nükleon
O	Oksijen
Pb	Yer değiştirme
Sb	Antimony
Sn	Kalay
Te	Tellür
QMSM	Quasipartical Multistep Shell Model
Z	Proton sayısı

1. GİRİŞ

Nükleer fizik araştırmacılarının yıllardan beri üzerinde çalıştıkları temel konulardan biri, çekirdeğin yapısını ortaya koymaktır. Atom çekirdeği birbirleriyle nükleon-nükleon kuvvetleriyle etkileşen karmaşık çok parçacıklı bir sistemdir. Nükleonlar, çekirdekte temel parçacıklar olmamasına rağmen düşük enerji seviyelerinde nükleonların içyapısı ihmal edilerek çekirdeğin temel parçacıkları olarak kabul edilebilir ve böylece çekirdek birbirleriyle kuvvetlice etkileşen nükleonlardan müteşekkil bir nükleer yapı olarak ele alınabilir.

Nükleonların temel parçacık olarak kabul edilmesiyle çekirdeğin içerisinde nükleonların dağılımının incelenmesi mümkün olmaktadır. Çekirdeği küresel bir sistem olarak ele alıp içerisinde yüzen nükleonların dağılımını inceleyerek düşük enerji seviyelerinde çekirdeğin bazı özelliklerini açıklamak için ortaya atılan nükleer kabuk modeli (Mayer, 1949; Haxel, 1949) bugüne kadar oldukça önemli ve iyi sonuçlar vermiştir (Talmi, 1993; Heyde, 1994). Ortaya atıldığı 1949 yılından beri değişik uygulamaları olan nükleer kabuk modeli zaman içerisinde birçok değişikliğe ve yeniliğe uğramıştır: tek parçacık kabuk modeli, aşırı tek parçacık kabuk modeli, standart kabuk modeli, korsuz kabuk modeli vs.

Nükleer kabuk modeli basit bir yaklaşım ile değerlik(valans) nükleonlarının çekirdek içerisinde ortalama bir alan içinde hareket ettiklerini ve birbirleriyle iki- cisim etkileşimleriyle etkileştiklerini (daha üst çok-cisim korelasyonlarını ihmal ederek) kabul eder. Bu modelde, değerlik nükleonları haricindeki nükleonlar yani kapalı kabuk içinde bulunan nükleonlar çekirdeğin spektrumunun belirlenmesine katkıda bulunmazlar.

Nükleer kabuk modelinin en büyük başarılarından birisi 1949 yılında ortaya atıldığı zaman sihirli sayıları izah etmesidir. Çekirdeklerin proton ve nötron sayılarına bağlı olarak gösterdikleri ani enerji atlamaları hep aynı proton ve nötron sayılarında ortaya çıkmaktadır. Bu sayılara Z veya N= 2, 8, 20, 28, 50, 82 ve 126 sihirli sayılar denir. Sihirli sayılar dolu ana kabukların etkilerini temsil eder ve herhangi başarılı bir teori, nötron veya proton sayıları bu sayılara eşit olduğunda kabukların dolmasını öngörmelidir.

Nükleer kabuk modeli, *sd* ana kabuğundaki çekirdekler için (^{16}O ile ^{40}Ca arasındaki çekirdekler) oldukça başarılı olmuştur. Bu çekirdekleri tanımlamak için kullanılan Hilbert uzayının boyutları aşırı derecede büyük değildir ve kabuk modeli hesaplamalarını 1988 yılındaki mevcut bilgisayar imkânları ve geleneksel algoritmalarla yapmak mümkündür. Bunun için Wildenthal etkin iki- cisim etkileşmeleri geliştirilmiştir. Farklı bir etkileşme olan ve daha realisttik bir yaklaşımla elde edilen Wildenthal etkileşmesi *sd* ana kabuğunda bulunan 63 tane iki- cisim matris elemanlarının lineer olmayan bir tamlama tekniği ile *sd* ana kabuğundaki çekirdeklerin deneysel verilerine tamlanması sonucu elde edilmiştir (Wildenthal, 1988).

Nükleer kabuk modeli, *pf* kabuğundaki çekirdekler için de oldukça başarılı olmuştur. Kabuk model uzayı ne kadar büyükse matris elemanlarının sayısı da o kadar büyük sayıdadır. *pf* kabuğundaki çekirdeklerin matris elemanları büyük skalalı matris hesaplamaları olarak bilinir ve bu tür hesaplamalar oldukça zor ve zaman alıcıdır. *pf* kabuğundaki $A=48$ kütle numaralı tüm çekirdeklerin kabuk modeli hesaplamaları için Caurier (Caurier vd., 1994) tarafından ANTOINE kodu geliştirilmiş ve bu kod kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Nükleer kabuk modeli *sdgh* kabuğundaki çekirdekler içinde oldukça başarılı olmuştur. *sdgh* kabuğundaki çekirdeklerin matris elemanları da büyük skalalı matris hesaplamaları olarak bilinir ve bu tür hesaplamalar oldukça zor ve zaman alıcıdır. Hamiltonian boyutunun çok büyük olduğu Sb izotopları bu tür hesaplamalar için geliştirilmiş DUSM kodu kullanılarak hesaplanmıştır (Dikmen, 2006).

$N = Z = 50$ çift kapalı kabuğu etrafındaki çekirdeklerin nükleer yapılarının araştırılması orta ağırlıklı çekirdeklere geçiş bölgesindeki nükleer özelliklerin anlaşılması için önemli bir yere sahiptir. Periyodik tablonun bu bölgesinde yer alan çekirdeklerin nükleer yapısının ve nükleer özelliklerinin nükleer kabuk modeli çerçevesinde anlaşılması için S_n çekirdekleri tamamen nötron serbestlik derecelerini içerdiğinden iyi bir seçimdir. Yine bu bölgedeki nükleer yapı çalışmalarını genişletmek için $N=Z=50$ kapalı kabuğu etrafında bir proton artı artan nötron sayıları ve iki proton artı artan nötron sayıları içeren çekirdekler üzerine yapılacak olan nükleer kabuk modeli çalışmaları önem arz eder.

Bu alışmada, $N=Z=50$ ift kapalı kabuğu etrafında bulunan iki proton artı artan nötron sayılarına uyan Te izotopları için nükleer kabuk modeli hesaplamaları yapılmıştır. $A=100$ koru dışındaki *sdgh* tek parçacık yörüngeleri model uzayı olarak seçilip iki proton artı artan nötron sayısına göre oluşan değerlik nükleonların kullanılmasıyla nükleer kabuk modeli çerçevesinde taban ve düşük uyarılma seviyelerinin enerji spektrumları elde edilmiş ve böylece nükleon- nükleon etkileşmeleri ve etkin iki- cisim etkileşmelerinin doğası hakkında bilgi edinilmiştir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Nükleer Kabuk Modeli

İlk olarak atom fizikçileri tarafından oluşturulan kabuk modeli atom yapısının karmaşık ayrıntılarının açıklanmasında büyük başarı sağlamıştır. Bu nedenle nükleer fizikçiler, nükleer yapı probleminin çözümü ve çekirdeklerin bazı özelliklerinin açıklanmasında benzer bir teorinin kullanılmasının yararlı olacağını düşünmüşlerdir. Ancak bu model nükleer yapıya uygulamaya çalışıldığında çok fazla güçlüklerle karşılaşmıştır. Atomik durumda, potansiyel çekirdeğin Coulomb alanı ile sağlanır; alt kabuklar (yörüngeler) bir dış kaynak tarafından oluşturulmaktadır. Bu potansiyel Schrödinger denklemi ile çözülebilir ve elektronların yerleştirilebileceği yörüngelerin enerjileri hesaplanabilir. Çekirdekte ise böyle bir dış kaynak yoktur. Nükleonlar (proton veya nötron) kendilerinin oluşturduğu bir potansiyel içinde hareket etmektedirler (Krane, 1988). Atomik kabuk modelinde, kabuklar giderek artan enerjili elektronlarla Pauli prensibine uyacak biçimde doldurulur ve neticede tamamen dolu kabuklardan oluşan eylemsiz bir kor ve birkaç değerlik elektronları elde edilir. Bu durumda model, atomik özelliklerin esas olarak değerlik elektronları tarafından belirlendiğini varsayar. Kabuk modeli birbirini etkilemeyen parçacıkları tanımlar ve bir nükleonun hareketi, diğer tüm nükleonların oluşturduğu potansiyel tarafından belirlenir. Eğer her bir nükleonu bu şekilde göz önüne alırsak, nükleonların sırayla, bir alt kabuk serisinin enerji düzeylerini doldurmasına izin verilebilir.

Atom çekirdeği birbirleriyle nükleon-nükleon kuvvetleriyle etkileşen karmaşık çok parçacıklı bir sistemdir. Atom çekirdeğinde temel parçacıklar asıl olarak nükleonlar değildir. Ancak düşük enerji seviyelerinde nükleonların içyapıları ihmal edilerek çekirdeğin temel parçacıkları olarak kabul edilebilir. Bu önemli bir basitleştirmedir çünkü özellikle yüksek enerji seviyelerinde bu yaklaşımla izah edilemeyecek bazı durumlar vardır. Nükleonların çekirdek içerisinde temel parçacık olarak kabul edilmesiyle çekirdeğin içerisinde nükleonların dağılımının incelenmesi mümkün olmaktadır. Düşük enerji seviyelerinde çekirdeğin bazı özelliklerini açıklamada oldukça başarılı olan nükleer kabuk modeli basit bir yaklaşım ile değerlik nükleonlarının çekirdek içerisinde ortalama bir alan içinde hareket ettiklerini ve

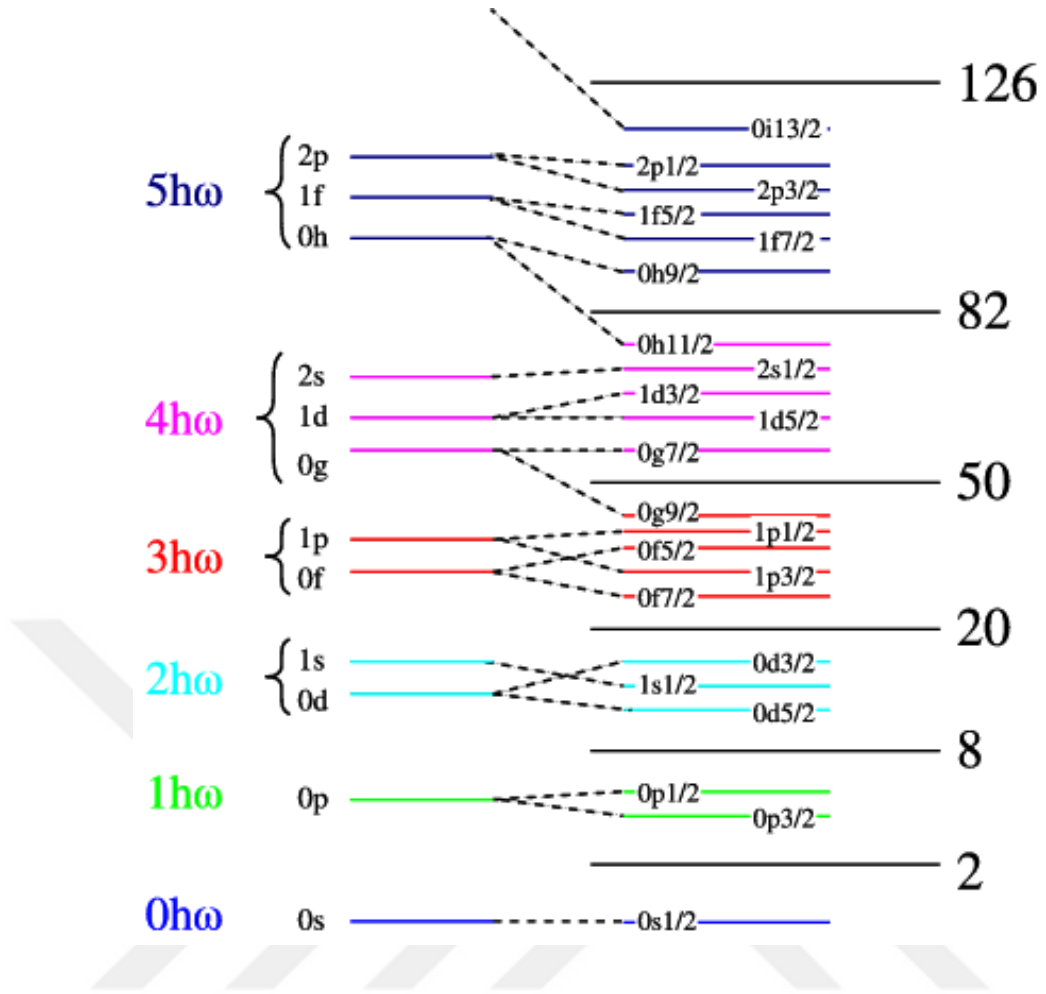
birbirleriyle iki- cisim nükleon-nükleon etkileşimleriyle etkileştiklerini kabul eder. Bu durumda çekirdeği tanımlayan Hamiltonien etkin bir Hamiltonien ile ifade edilir ve bu etkin Hamiltonien Hilbert uzayının belirli bir alt uzayında sınırlandırılmış olur. Değerlik nükleonları haricindeki diğer nükleonlar kapalı kabuk içinde bulunurlar ve çekirdeğin spektrumunun belirlenmesinde rol almazlar.

2.2. Nükleer Kabuk Modeli Potansiyeli

Kabuk modeli geliştirilirken ilk olarak yapılması gereken Schrödinger denkleminin çözümünü bulmak için parçacığın içinde hareket ettiği potansiyelin uygun bir şekilde seçimidir. Ancak seçilen potansiyelin tanımlanabilmesi için çekirdek kuvvetlerinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Çünkü çekirdek modellerinin temelinde potansiyel için belirli varsayımlar olduğundan modelin başarısı seçilen potansiyelin gerçeğe uygunluğuna bağlıdır. Bu sebeple herhangi bir çekirdek modeli tüm çekirdek özelliklerini açıklamak için yeterli olmaktan uzaklaşmaktadır.

Nükleer potansiyel olarak ilk önce kare kuyu potansiyeli ve harmonik osilatör potansiyeli kullanılmıştır. Bu potansiyeller ile sihirli sayılar bulunmak istenirse, atom fiziğinde olduğu gibi her seviyenin dejenereliği her seviyenin alabileceği nükleon sayısını belirten $2(2\ell+1)$ şeklinde ifade edilmektedir. $(2\ell+1)$ çarpanı m_ℓ 'den ve 2 çarpanı ise m_s 'nin dejenereliğinden kaynaklanır. Kabukların $2(2\ell+1)$ nükleonla doldurulmasıyla 2, 8 ve 20 sihirli sayıları elde edilir. Görüldüğü gibi daha büyük sihirli sayılar elde edilemez. Potansiyelin daha büyük sihirli sayıları verebilmesi için 1949 yılında Mayer, Haxel, Suess ve Jennes'in potansiyele bir spin-yörünge etkileşme teriminin ilave edilmesiyle ana kabukların oluşumunu tam olarak vereceğini göstermesiyle, diğer sihirli sayılar elde edilmiştir. Şekil 2.1'de spin-yörünge etkileşmesinin eklenmesi ile elde edilen sihirli sayılar görülmektedir.

Sihirli sayıların elde edilmesiyle büyük bir başarı kazanan kabuk modeli çalışmaları yukarıda bahsedilen potansiyellerin yanı sıra genellikle kullanılan Yukawa ve Gaussian potansiyelleri gibi farklı potansiyellerin kullanılmasıyla daha iyi sonuçlar vermiştir. Çizelge 2.1 kullanılan bazı nükleer potansiyellerin matematik ifadelerini göstermektedir.



Şekil 2.1. Spin-yörünge etkileşmeli nükleer enerji düzeyleri ve sihirli sayılar (Mayer, 1957)

Nükleer yapının anlaşılmasında ve çekirdeğin değişik özelliklerinin tanımlanmasında nükleer kabuk modeli oldukça başarılı olmuş bir modeldir. Orta ağırlıklı çekirdeklere geçiş bölgesindeki nükleer özelliklerin anlaşılması için $N=Z=50$ çift kapalı kabuğu etrafındaki çekirdeklerin nükleer yapılarının araştırılması önemlidir. Periyodik tablonun bu bölgesinde yer alan ^{100}Sn çekirdeği ve diğer Sn izotopları tamamen nötron serbestlik derecelerinin araştırılması için önemli bir yere sahiptir.

Bu bölgedeki nükleer yapı çalışmalarını genişletmek için $N=Z=50$ çift kapalı kabuğu etrafında bir proton artı artan nötron sayılarına ait Sb izotopları ve iki proton artı artan nötron sayıları içeren Te izotopları üzerine yapılacak olan nükleer yapı çalışmaları önem arz eder.

Çizelge 2.1. Bazı Potansiyel Çeşitleri

Kare Kuyu Potansiyel	$W(r) = \begin{cases} -V_0 & r \leq R_0 \\ 0 & r > R_0 \end{cases}$
Üstel Potansiyel	$W(r) = -V_0 e^{-r/R_0}$
Gaussian Potansiyel	$W(r) = -V_0 e^{-r^2/R_0^2}$
Yukawa Potansiyel	$W(r) = -V_0 e^{-r/R_0} / (r/R_0)$

2.3. N= Z= 50 Çift Kapalı Kabuğu Etrafındaki Sn İzotopları

Orta ağırlıklı çekirdeklere geçiş bölgesindeki nükleer özelliklerin anlaşılması için N=Z=50 çift kapalı kabuğu etrafındaki Sn çekirdeklerin nükleer yapılarının araştırılması önemlidir. Bu yüzden literatürde Sn çekirdeklerini inceleyen birçok teorik ve deneysel araştırmalar mevcuttur. Örneğin; Sandulescu vd. (1994), etkin G-matris etkileşimleri kullanılarak $^{100-114}\text{Sn}$ izotoplarının kabuk modeli spektrumları hesaplanmıştır. Hafif Sn izotoplarının spektrum hesaplamalarını Quasiparticle Multistep Kabuk Modeli (QMSM) kullanarak yapmışlardır. Deney sonuçları ile hesaplamalar sonucunda elde ettikleri verilerin uyumlu olduğunu bildirmişlerdir.

Grawe vd. (1995), N = Z = 50 çift kapalı kabuğu etrafında nükleer kabuk yapısını deneysel olarak incelemişlerdir. Deneyler sonucunda daha önceki çalışmaları da göz önünde alarak bilinen çekirdeklerin kabuk modeli ^{100}Sn çekirdeğinin tek parçacık enerjileri için yürütülen tahminler sonucunda yapılmıştır. İki-cisim etkileşimleri için deneysel, gerçekçi ve şematik yöntemler kullanmışlardır. $^{101-106}\text{Sn}$ izotopları için kabuk modeli hesaplamaları yaparak elde ettikleri sonuçlar ile deneysel sonuçları

karşılaştırmışlardır. Andreozzi vd. (1996) ise $^{102,103,104,105}\text{Sn}$ izotopları için Bonn A ve Paris NN etkin etkileşmelerini kullanarak nükleer kabuk modeli hesaplamaları yapmışlardır. ^{104}Sn ve ^{105}Sn ' in hesaplamalar sonucu elde ettikleri spektrumları ile deneysel spektrumları mukayese edildiğinde zayıf tensör kuvvet potansiyeli Bonn A ile en iyi uyumun elde edildiği yönünde görüş bildirmişlerdir. Sonuç olarak bu uyumun, orta ağırlıkta ve ağır çekirdekler için nükleer kabuk modeli hesaplamalarında gerçekçi potansiyel kullanımı görüşünü desteklediğini söylemişlerdir. Daha sonra başka bir araştırma grubu olan Fahlander vd. (2001) ise ilk kez EUROBALL ve yardımcı dedektörler kullanarak γ geçişlerinden ^{103}Sn çekirdeğini tespit etmişlerdir. $^{54}\text{Fe} + ^{58}\text{Ni}$ reaksiyonu ile ^{103}Sn çekirdeği için olası enerji spektrumlarını elde etmişlerdir. Yaptıkları deney sonucunda $\frac{7^+}{2}$ durumundan $\frac{5^+}{2}$ durumuna geçiş sırasındaki enerji değerini 168 keV olarak gözlemlenmiş ve elde ettikleri sonuçları nötron zengini $^{105,107,109}\text{Sn}$ izotopları ile karşılaştırmışlardır.

Sonraki yıllarda teknolojinin daha da gelişmesine bağlı olarak Seweryniak vd. (2007) yaptıkları çalışmalar sonucunda çift sihirli ^{100}Sn çekirdeği dışındaki en yakın tek-parçacık enerjisinin ilk sonuçlarını elde etmişlerdir. Değerlik nükleonlar arasındaki nümerik etkileşmeler ile tek parçacık enerjilerini anlamak için çift sihirli sayıya sahip çekirdeklerin çok nükleonlu (multinucleon) durumların önem arz ettiğini bildirmişlerdir. ^{16}O , ^{40}Ca ve ^{208}Pb gibi çift sihirli sayıya sahip ve kararlı olan çekirdeklerinin özelliklerinin oldukça iyi bilinmesi gerektiğinden söz ederek yaptıkları deneyde β geçişlerinde ^{101}Sn çekirdeğinin gama ışıması sonucunda $\frac{7^+}{2}$ durumundan $\frac{5^+}{2}$ durumuna geçiş enerjisini 171.7 keV olarak gözlemlemişlerdir. Teorik olarak ise Dikmen (2009), makalesinde $A=100$ bölgesinde etkin nükleon-nükleon etkileşmelerinin varlığıyla birlikte periyodik tablonun bu bölgesindeki çekirdekler için yeni teorik tanımlamaların gerekliliğine dikkat çekmiştir. Bu amaçla CD-Bonn ve Nijmegen1 iki-cisim etkin etkileşmelerini kullanarak az nötronlu $^{106,107,108,109}\text{Sn}$ izotoplarının düşük enerji seviyelerinde kabuk modeli hesaplamaları yapılmıştır. Darby vd. (2010) çalışmalarında, ^{100}Sn çift sihirli koru dışında tek nötronu bulunan ^{101}Sn çekirdeğinin düşük uyarılma enerjisini $^{109}\text{Xe} \rightarrow ^{105}\text{Te} \rightarrow ^{101}\text{Sn}$ α geçişi sırasında 172 keV gözlemlemişlerdir. Ancak elde ettikleri sonucu ^{103}Sn çekirdeği ile karşılaştırdıklarında ^{101}Sn çekirdeğinin temel durum seviyesinin farklı

olduğunu yani $\frac{5}{2}^+$ değilde $\frac{7}{2}^+$ olduğunu fark etmişlerdir. Bu beklenmedik durumun kollektif modeldeki tek parçacık geçiş enerjisinin orbitale bağlı çiftlenmiş parçacık durumunun baskın olması şeklinde açıklamışlardır. Son olarak Yakhelef ve Buljedri(2012), ^{100}Sn koru çevresindeki çift-çift $^{104-108}\text{Sn}$ ve $^{106,108}\text{Te}$ izotopları için kabuk modeli hesaplamaları yapmışlardır. Hesaplamalarını Windows versiyonu olan NuShell@MSU ile gerçekleştirmişlerdir. Değerlik nükleonlar arasındaki iki- cisim matris elamanlarının etkin etkileşmeleri için CD-Bonn NN potansiyelini kullanmışlardır.

N =Z = 50 çift kapalı kabuğu etrafındaki Sn izotopları için yapılan çalışmalardan anlaşılacağı üzere bu bölgedeki çalışmalar nükleer yapının anlaşılması ve geliştirilmesi için büyük öneme sahiptir.

2.4. N= Z= 50 Çift Kapalı Kabuğu Etrafındaki Bir Proton Artı Artan Nötron Sayısına Sahip Sb İzotopları

N= Z= 50 çift kapalı kabuğu etrafındaki bir proton artı artan nötron sayısına sahip Sb çekirdeklerin nükleer yapılarının araştırılması bu bölgedeki çalışmaların devamı için önemlidir. Bu yüzden literatürde Sb çekirdeklerini inceleyen teorik ve deneysel araştırmalar mevcuttur. Örneğin; Rykaczewski vd (1995) tarafından $^{103,104}\text{Sb}$ izotopları için Alpha ve LISE3 spektrometrelerini kullanarak yapılan çalışmada ilk kez deneysel olarak gözlemlenmiştir. Tighe vd (1994) tarafından ^{105}Sb çekirdeği için deneysel çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda tek protonun enerjisi yaklaşık olarak 478 ± 15 keV olarak gözlemlenmiştir. Birkaç yıl sonra Sohler vd. (1998) tarafından ^{106}Sb çekirdeği için yapılan deneysel çalışma sonucunda ^{106}Sb çekirdeğinin düşük uyarılma enerji seviyelerini incelemek için γ spektroskopisi kullanarak $^{54}\text{Fe}(^{58}\text{Ni}, \alpha p n)$ reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kabuk modeli hesaplamaları için düzeltilmiş yüzey delta etkileşmelerini (MSDI) kullanmışlardır. Daha sonra elde ettikleri deneysel veriler ile kabuk modeli hesaplamaları sonucu elde ettikleri verileri karşılaştırmışlardır ve ^{106}Sb çekirdeğinin temel durumunda $d_{5/2}$ durumundaki çift proton ve nötron durumlarının çiftlenmesinden dolayı beklenmedik bir yükselme olduğunu bildirmişlerdir.

Sb izotopları üzerine yapılan teorik çalışmalara birkaç örnek verecek olursak Engeland vd (2000) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, ^{106}Sb çekirdeği için kabuk modeli hesaplamaları yapmışlardır. Hesaplamalarında CD-Bonn nükleon- nükleon etkin etkileşmelerini kullanmışlardır ve model uzayı olarak $2s1d0g_{7/2}0h_{11/2}$ model uzayını seçmişlerdir. Hesaplamalar sonucu elde ettikleri düşük uyarılma seviyelerinin enerji spektrumları ile deneysel verileri karşılaştırmışlardır. Bir diğer teorik çalışmada ise Dikmen (2006) tarafından, $A=100$ koru dışındaki *sdgh* ve *sdg* tek parçacık yörüngelerini model uzayı olarak seçerek bir proton artı artan nötron sayısına göre oluşan değerlik nükleonların kullanılmasıyla nükleer kabuk modeli çerçevesinde $^{105,107}\text{Sb}$ için CD-Bonn iki-cisim etkin etkileşmelerini kullanarak düşük uyarılma seviyelerinin enerji spektrumları hesaplamalarını yapmış ve deneysel veriler ile karşılaştırmıştır.

$N=Z=50$ çift kapalı kabuğu etrafındaki bir proton artı artan nötron sayılarına uyan Sb izotopları için yapılan çalışmalardan anlaşılabileceği üzere bu bölgedeki çalışmalar nükleer yapının anlaşılması ve geliştirilmesi için büyük öneme sahiptir.

2.5. $N=Z=50$ Çift Kapalı Kabuğu Etrafındaki İki Proton Artı Artan Nötron Sayına Sahip Te İzotopları

$N=Z=50$ çift kapalı kabuğu etrafındaki iki proton artı artan nötron sayısına sahip Te çekirdeklerin nükleer yapılarının araştırılması bu bölgedeki çalışmaların devamı için önemlidir. Bu yüzden literatürde Te çekirdeklerini inceleyen teorik ve deneysel araştırmalar mevcuttur. Örneğin ^{108}Te çekirdeğini incelemek için yapılan deneysel bir çalışma Paul vd. (1995) tarafından yapılmış ve $A>100$ ağır çekirdeklerinde γ geçiş enerjilerini elde etmek için yeni bir metot denenmiştir. Bu metot için yüksek etkili EUROGAM spektroskopisini kullanmışlardır. $^{54}\text{Fe} + ^{58}\text{Ni}$ reaksiyonu ile ^{108}Te çekirdeği için olası enerji spektrumları elde edilmiştir. Yapılan deney sonucunda ^{108}Te çekirdeğinin $J^\pi = 0^+, 2^+, 4^+, 6^+, 8^+, 10^+$ durumları için enerji değerleri sırasıyla 625, 664, 760, 896, 998 keV olarak ölçülmüştür.

Daha sonraki yıllarda ^{108}Te çekirdeği için Lane vd. (1998) tarafından yapılan başka bir çalışmada $^{54}\text{Fe} + ^{58}\text{Ni}$ reaksiyonu ile ^{108}Te çekirdeğinin olası enerji spektrumları elde edilmiştir. Yapılan deney sonucunda ^{108}Te izotopunun $J^\pi = 0^+, 2^+, 4^+, 6^+, 8^+$,

10^+ , 12^+ , 14^+ pozitif pariteli durumları için enerji değerlerini sırasıyla 625, 664, 759, 897, 941, 1023, 1071 keV olarak gözlemlenmiştir. 2004 yılında Hadinia vd. araştırma grubu tarafından JUROGAM spektroskopisi kullanarak gerçekleştirilen deneyde $^{58}\text{Ni}(^{52}\text{Cr}; 3n)^{107}\text{Te}^*$ reaksiyonuyla ^{107}Te çekirdeği ilk kez gözlemlenmiştir. Yapılan deneyde $I^\pi = \frac{5^+}{2}$ durumu temel durum olarak kabul edilmiştir. Buna göre γ geçişlerinde ^{107}Te izotopunun birinci uyarılmış durumu olan $\frac{7^+}{2}$ den $\frac{5^+}{2}$ geçiş enerjisi 90 keV olarak gözlemlenmiştir.

^{106}Te çekirdeği için Hadinia vd. (2005), γ spektroskopisi kullanılarak ^{106}Te çekirdeğinin uyarılmış enerji durumları elde edilmiştir. Deneyde $^{54}\text{Fe}(^{54}\text{Fe}; 2n)^{106}\text{Te}^*$ reaksiyonu kullanılmıştır. Makalede nükleer yapıyı anlamak için titreşim ve dönme hareketi vb. temel kavramların kullanıldığından bahsedilerek $N=Z=50$ Sn çekirdeğinin çift sihirli çekirdek olduğu ve nükleer yapı fiziğinde ağır çekirdeklerin tahmininde önemli yere sahip olduğu vurgulanmaktadır. Deney sonucunda ^{106}Te çekirdeğinin $I^\pi = 0^+, 2^+, 4^+, 6^+, 8^+, 10^+$ pozitif pariteli durumları için enerji değerleri sırasıyla 665, 688, 293, 740, 740 keV olarak elde edilmiştir. Sonuçta Te çekirdeğinin düşük enerji seviyesindeki sistematiği çıkartılarak titreşim, uyarılma durumları ve merkezi nükleon-nükleon etkileşimleri tartışılmıştır.

^{105}Te çekirdeği için yapılan bir deney ise Liddick vd. (2006) Recoil kütle spektroskopisini kullanarak yaklaşık 220 ila 225 MeV'lik enerji altında gerçekleştirilerek, $^{54}\text{Fe}(^{58}\text{Ni}; 3n)^{109}\text{Xe}$ reaksiyonu kullanılarak $^{109}\text{Xe} \rightarrow ^{105}\text{Te} \rightarrow ^{101}\text{Sn}$ α geçiş enerji değerleri deneysel olarak gözlemlenmiştir. Gerçekleştirilen bu α ışıması deneyinde 52 proton ve 53 nötronu bulunan ^{105}Te çekirdeğinin temel durumunun $I^\pi = \frac{5^+}{2}$ durumu olduğu tespit edilmiştir. Buna göre ^{105}Te çekirdeğinin birinci uyarılmış durumu olan $\frac{7^+}{2}$ den $\frac{5^+}{2}$ geçiş enerjisi 150 ± 13 keV olarak belirlenmiştir.

Son olarak T. Bäck vd. (2011), nötron zengini ^{108}Te çekirdeğinin ilk uyarılma durumu olan 2^+ durumunu ölçmek için recoil Doppler değişim teknolojisi kullanmıştır. Deney sonucu elde edilen veriler ile kabuk modeli hesaplamaları sonucu elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. Hesaplamalarında proton ve nötron

için etkin yük değişimini $e_{eff}^v = 0.8e$ ve $e_{eff}^\pi = 1.5e$ olarak kullanmıştır. Ayrıca model uzayı olarak *sdgh* model uzayını ve iki cisim etkin etkileşmeleri içinde CD-Bonn etkileşmelerini kullanılmıştır. Bölüm 2.3’de atıfta bulunulduğu gibi $^{106,108}\text{Te}$ çekirdekleri için NuShell@MSU ile hesaplamalar yapılmıştır (Yakhelef ve Bouljedri (2012)).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Nükleer kabuk modeli problemi nükleer sistemi tanımlayan Hamiltoniye'nin çözümünü gerektirir.

$$H = \sum \varepsilon_{\alpha} a_{\alpha}^{\dagger} a_{\alpha} + \frac{1}{2} \sum V_{\alpha\beta\gamma\delta}^{etkin} a_{\alpha}^{\dagger} a_{\beta}^{\dagger} a_{\delta} a_{\gamma} \quad (3.1)$$

Bu ifadede ilk terim değerlik nükleonlarının kapalı kor (dolu kabuklar) ile etkileşmesini tanımlayan tek-cisim terimleri, ikinci terim ise etkin iki-cisim etkileşmelerini tanımlamayan iki- cisim terimleridir. Problemin çözümü periyodik tablonun belli bir bölgesindeki çekirdek serileri için sistematik olarak enerji spektrumunu, elektromagnetik geçişleri ve beta bozunmalarını içerir.

Bu çalışmada yapılan nükleer kabuk modeli hesaplamalarında ise Drexel University Shell Model (DUSM) kodu (Vallieres ve Novoselsky, 1993) kullanılmıştır. DUSM kodunun skalar ve paralel olmak üzere iki versiyonu vardır. $N = Z = 50$ kapalı kabuğu etrafındaki çekirdeklerden Te izotopları için hesaplamalar, Hamiltonienin boyutlarına göre skalar veya paralel versiyon kullanılarak yapılmıştır. DUSM kodu belirlenen spesifik bir çekirdek için verilen etkin etkileşimle yukarıda 3.1 eşitliği ile verilen Hamiltonienin çözümünü gerçekleştirir İki-cisimli nükleon-nükleon etkileşmeleri olarak CD-Bonn NN (Hjorth- Jensen vd. 1995) etkileşmeleri kullanılmıştır.

Denklem (3.1) ile verilen Hamiltonienin kuantum mekaniksel çözümleri için ilk olarak verilen model uzayı ve parçacık sayısına göre Hamiltonien dalga fonksiyonu ve matris elemanlarının ifade edileceği temel setler oluşturulur. Bölüm 3.1'de DUSM kodu ile kabuk modeli hesaplamaların nasıl yapıldığı anlatılmaktadır. Bölüm 3.2'de büyük skalalı standart kabuk modelindeki hesaplamalarda özdeğer ve özvektörleri oluşturmak için karşılaşılan zorlukları gidermek kullanılan Lanczos algoritması anlatılmaktadır.

3.1. Drexel Üniversitesi Kabuk Modeli (DUSM) Kodu ile Kabuk Modeli Hesaplamaları

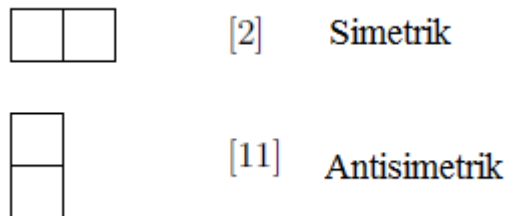
DUSM kodun algoritması, permütasyon grup kavramının yoğun bir şekilde kullanımına dayanmaktadır. Bu yöntemde Hilbert uzayı iki parçaya ayrılmıştır:

- Açısal momentum (J) uzayı
- izospin (T) uzayı

İzospin kuantum sayısı nötronları protonlardan ayırır. Fiziksel anlamının yanı sıra izospin çok-cisim hesaplamalarında etiketleme ve ayırt etme olarak çok kullanışlıdır. DUSM fikri aşağıdaki gözlemlerden ileri gelmektedir:

Tek parçacık dalga fonksiyonları çoklu alt uzaylar içerisinde tanımlandığı zaman, çok-kabuk hesaplamaları normal olarak sadece bir uzaydan gelmektedir. Mesela, atomik hesaplamada (ki burada l açısal momentum ve s spini tek parçacık uzayını tanımlar) çok-kabuk hesaplamaları nl alt uzaylarından gelirken spin uzayı ($s = 1/2$) tek-kabuk hesaplamalarını içerir. İzospinli nükleer $j-j$ çiftlenmesinde ilki çok-kabuk hesaplamalarını içerirken, ikincisi bir tek-kabuk problemine ulaşır.

Çok-parçacık dalga fonksiyonları, özdeş parçacıkların değiş tokuşu altında toplam olarak antisimetrik olmalıdır. Alt uzaylardaki parçacıkların değiş tokuşu, simetri grubu $S(N)$ ' nin uyduğu keyfi permütasyon özelliklerine sahip olabilir. Bu durumların permütasyon etiketleri Young diyagramları ile ifade edilebilir. Bunlar permütasyonel simetrinin grafiksel temsilleridir. Mesela Şekil 3.1' deki grafikler iki parçacık simetrilerini göstermektedir.

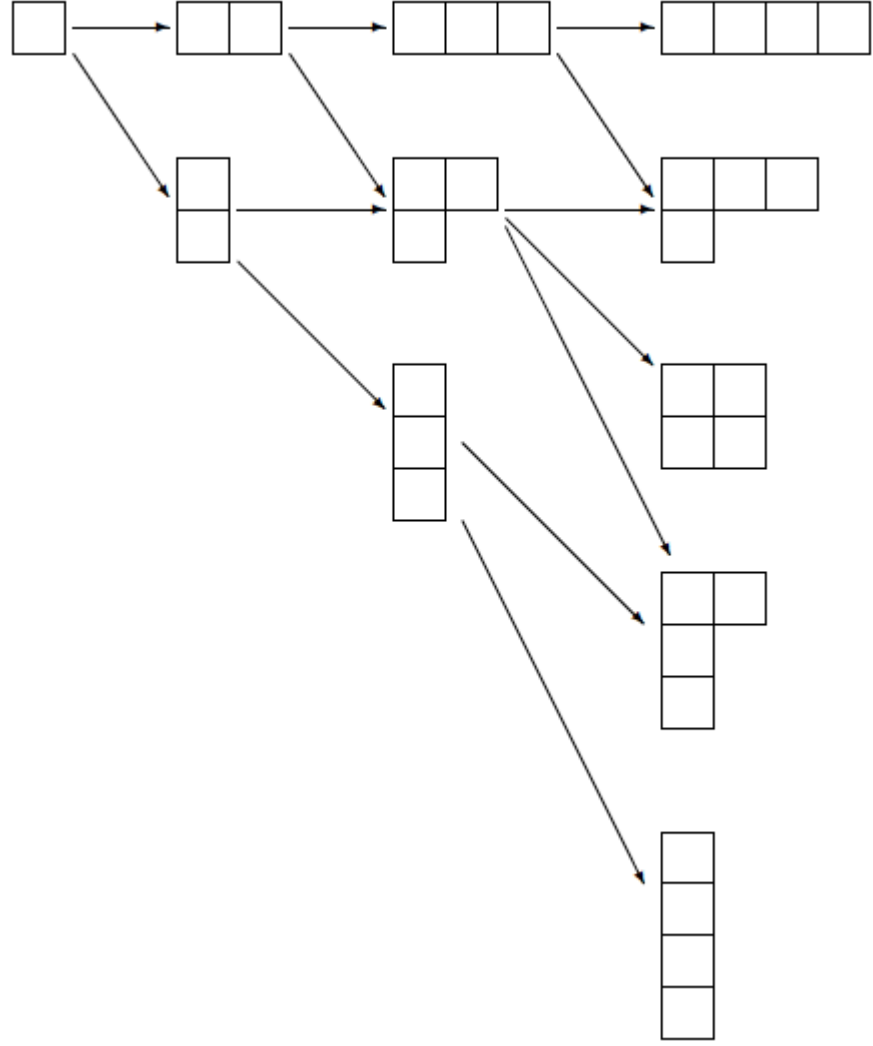


Şekil 3.1. İki parçacık için simetriler. [...] notasyonu her bir satırdaki kutuların sayısını ifade eder

Çok-cisim dalga fonksiyonları için antisimetrik bir baz oluşturmak nükleer kabuk modelinin en zor yönlerinden birisidir. DUSM kodu, permütasyonel grup kavramına dayanan bir yaklaşımla kabuk modeli hesaplamalarını gerçekleştirmektedir. Çok-kabuk dalga fonksiyonları her bir açısal momentum sektöründe (yani j ve t' de) inşa edilir ve daha sonra antisimetrik dalga fonksiyonları oluşturmak için birleştirilir.

DUSM kodunda, dalga fonksiyonunun oluşturulmasında aşağıdaki adımlar takip edilir (Dikmen, 2002):

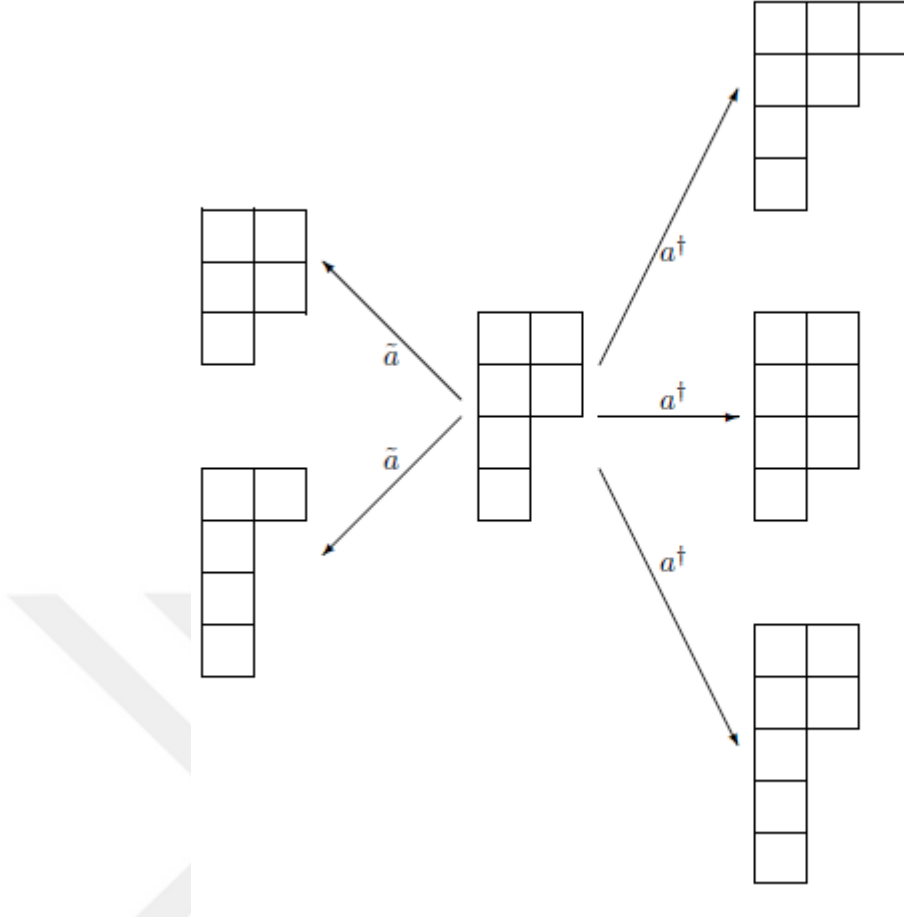
1. Problemdaki maksimum parçacık sayısına kadar çok-kabuk ve tek-kabuk uzaylarındaki her bir kabukta, maksimum izin verilen parçacık sayısına kadar keyfi permütasyonel simetrilerin dalga fonksiyonlarının sırasıyla hesaplanması yapılır. Kod tarafından kabul edilen giriş parametreleri parçacık sayısı N ve bireysel j , t değerleridir. İlk basamak olarak bütün Young çerçeveleri N kutularına kadar oluşturulur. Young çerçeveleri parçacıkların sayısına göre dizilir. Parçacıkların verilen sayısı için tersine çevrilmiş alfabetik dizilim takip edilir. Şöyle ki bir Young çerçevesi diğer Young çerçevesini birinci satırdaki birbirine eşit olmayan kutuların daha küçük bir sayısı tarafından izlenir. Bu sıralama Şekil 3.2.' de gösterilmektedir.
2. Her kabukta oluşturma ve yok etme operatörlerinin bütün kombinasyonlarına ait mümkün matris elemanlarının hesabı yapılır. a^+ operatörünün J - T çiftlenmiş durumları arasındaki matris elemanlarını hesaplamak için J alt uzayında a_{jmj}^+ 'nin matris elemanları ve T alt uzayında a_{tmt}^+ 'nin matris elemanları hesaplanır. Hesaplanan bu matris elemanları N ve $(N-1)$ -parçacık durumlarının permütasyon simetri tipine bağlıdır ve bunlara karşılık gelen CFP' lerle orantılıdır. Keyfi permütasyonel simetrinin $(N-1)$ -cisim dalga fonksiyonu tek-parçacık durumu ile çiftlenir; ortaya çıkan N -cisim durumları, N parçacıklı sistem için oluşturulan SU_{2j+1} ikinci derece Casimir operatörünü köşegen hale getirmek için bir baz olarak kullanılır. Yani bu aşamada uygun birim ve ortogonal gruplar için kuadratik Casimir operatörlerini temsil eden matrislerin inşası ve köşegenleştirilmesini içerir. Bu köşegenleştirmenin özvektörleri $(N-1)$ parçacıktan N parçacığa geçerken oluşan CFP' lerdir.



Şekil 3.2. Dört parçacık için Young çerçevelerinin oluşturulması

Özdeğerler ise N-cisim durumlarının permütasyonel simetrisini belirler. a_j^+ ve $\tilde{a}_j$ operatörleri ile S_6 'nın $(2^2, 1^2)$ gösterimine bağlanabilen simetri türlerinin bir gösterimi Şekil 3.3.'te verilmiştir.

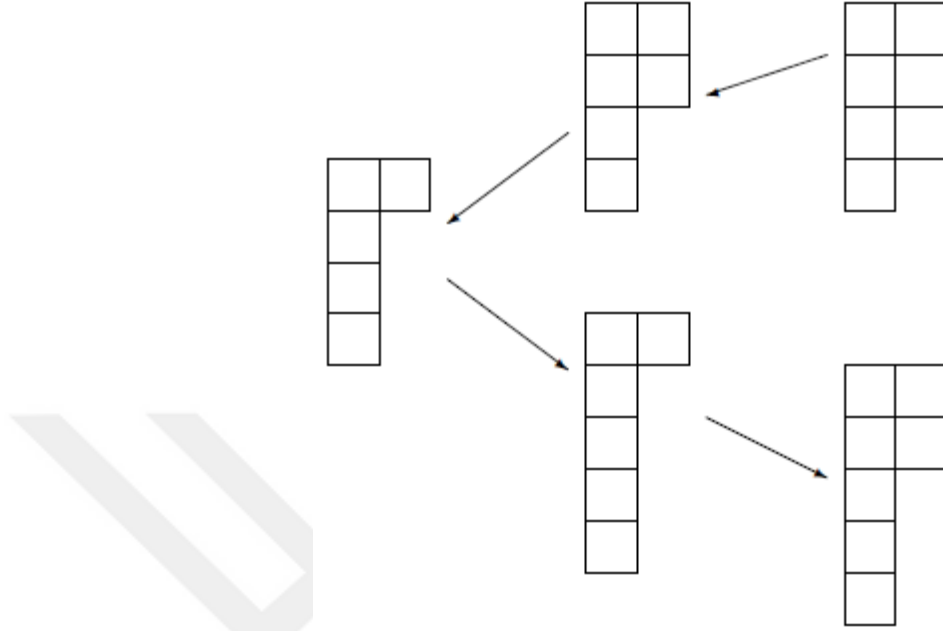
- İki-cisim operatörlerinin matris elemanları, iki durumun etiketleri tarafından tanımlanan $\Gamma_N \Gamma_{N-1} \Gamma_{N-2} \Gamma'_{N-1} \Gamma'_N$ gösterimlerinin yolu etrafındaki yok etme oluşturma operatörlerinin matris elemanlarının çarpılmasıyla hesaplanır. Böyle bir yol Şekil 3.4' de gösterilmiştir. Yol sabit olduğu için toplamlar permütasyonel etiketleri içermez. Bu toplamlar sadece verilen permütasyon gösterim etiketlerine ait ara durumların sınırlı sayısını içerir.



Şekil 3.3. $(2^2, 1^2)$ gösterimine a_j^+ ve $\tilde{a}_j$ operatörlerinin uygulanması sonucu oluşan bütün beş- ve yedi-parçalık permütasyonel simetri türlerinin seti

4. T alt uzayında matris elemanlarının hesabı yapılır. Eğer J alt uzayı operatörleri $a_j^+ a^+ \tilde{a}_j \tilde{a}_j$ 'nin matris elemanları belirli bir gösterimin yolu boyunca hesaplanmışsa T alt uzayı operatörleri $a_t^+ a_t^+ \tilde{a}_t \tilde{a}_t$ 'nin matris elemanları tamamıyla antisimetrik matris elemanları inşa etmek için konjuge bir yol boyunca hesaplanmalıdır.
5. Bu adım, keyfi global permütasyonel simetri oluşturmak için farklı kabuklardaki keyfi simetrilerin dalga fonksiyonlarının dış çarpımına dair dış izoskalar çarpanlar olarak bilinen çiftlenme katsayılarının yinelenerek hesaplanmasını içerir.
6. Bir global antisimetrik dalga fonksiyonu oluşturmak için farklı alt uzaylardaki keyfi simetri dalga fonksiyonlarının iç çarpımına dair iç izoskalar

çarpanlar olarak bilinen çiftlenme katsayılarının yinelenerek hesaplaması yapılır.



Şekil 3.4. $\Gamma_7 = (2^3 1)$ ve $\Gamma'_7 = (2^2 1^3)$ simetri türleri arasındaki tek mümkün yol

7. Ele alınan bazda, temel operatörlerin matris elemanları, dış ve iç izoskalar çarpanlar için çiftlenme katsayıları ve verilen tek parçacık enerjileri ve potansiyel matris elemanlarının kullanımıyla Hamiltonien matrisinin hesaplanması yapılır.
8. Hamiltonien matrisinin özdeğerlerini oluşturmak için DUSM kodu Lanczos köşegenleştirme metodu kullanılır (Lanczos, 1950).

3.2. Lanczos Algoritması

Büyük skalalı kabuk modeli hesaplamalarında özdeğer ve özvektörleri oluşturmak için kullanılan standart metotlarda hesaplama sırasında zorluklarla karşılaşılabilir. Standart metottaki zorlukları gidermek için Lanczos algoritması oldukça uygundur.

Bu metotta, temel ortogonal Hamiltonien H matris elemanı inşa etmek için özdeğerleri bulmak kolaylaşır. Hamiltonien operatörü ilk normalize edilmiş vektör $|\phi_1\rangle$ üzerine uygulanır. Sonra paralel ve ortogonal bileşen ilk vektör $|\phi_1\rangle$:

$$H |\phi_1\rangle = E_{11}|\phi_1\rangle + E_{12}|\phi_2\rangle \quad (3.2)$$

şeklinde elde edilir. $E_{11} = \langle \phi_1 | H | \phi_1 \rangle$ ve $E_{12}|\phi_2\rangle = H|\phi_1\rangle - E_{11}|\phi_1\rangle$ şeklinde tanımlanabilir. H operatörü ikinci vektör $|\phi_2\rangle$ üzerine tekrar uygulanırsa, ilk iki ortogonal vektörden bir üçüncü vektör olan $|\phi_3\rangle$

$$H |\phi_2\rangle = E_{21}|\phi_1\rangle + E_{22}|\phi_2\rangle + E_{23}|\phi_3\rangle \quad (3.3)$$

oluşturulur. H matrisi Hermityen ise $E_{21} = E_{12}$ eşittir.

Bu süreç n vektöre kadar tekrarlanırsa $|\phi_n\rangle$ ve $|\phi_{n+1}\rangle$ vektörleri için köşegen ve köşegen olmayan enerji değerleri sırasıyla,

$$H |\phi_n\rangle = E_{n,n-1}|\phi_{n-1}\rangle + E_{nn}|\phi_n\rangle + E_{n,n+1}|\phi_{n+1}\rangle \quad (3.4)$$

ve

$$\begin{aligned} E_{n,n-1} &= E_{n-1,n} \\ E_{n,n+1}|\phi_{n+1}\rangle &= H |\phi_n\rangle - E_{n,n-1}|\phi_{n-1}\rangle - E_{nn}|\phi_n\rangle \end{aligned} \quad (3.5)$$

şeklindedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

sdgh osilatör ana kabuğunda bulunan $A = 102-108$ kadar olan Te izotopları için nükleer kabuk modeli hesaplamaları yapılarak enerji spektrumları elde edilmiş ve elde edilen sonuçlar deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Nükleer kabuk modeli hesaplamaları Drexel University Shell Model (DUSM) kodu (Vallieres ve Novoselsky, 1993) kullanılarak yapılmıştır. DUSM kodu Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünde TÜBİTAK 105T092 no.lu ve SDUBAP 1075-M-05 no.lu projelerle kurulan Yüksek Başarımli Paralel Bilgisayar Sistemi (YUBBİS)'nde çalıştırılmıştır. YUBBİS, 1 adet Dual 3,2 GHz Intel Xeon CPU, 12GB SDRAM, 146GB SCSI harddisk ana sunucu ve 30 adet Dual 3,2 GHz Intel Xeon CPU, 1GB SDRAM, 250GB yerel harddisk içeren dağıtık bellek mantığına dayalı paralel bilgisayar sistemidir. Ele alınan çekirdekler için kabuk modeli hesaplamalarının optimizasyon gereği sürekli tekrar edilmesi gerektiğinden ancak böyle hızlı bir paralel bilgisayar sisteminde gerçekleştirilebilmektedir.

Bu çalışmada, standart nükleer kabuk modeli hesaplamalar için ^{100}Sn çekirdeği kor olarak kullanılmıştır. Değerlik proton ve nötronları için model uzayı olarak *sdgh* ana kabuğu olarak bilinen $2s_{1/2}$, $1d_{5/2}$, $1d_{3/2}$, $0g_{7/2}$ ve $0h_{11/2}$ tek parçacık yörüngelerinden oluşan model uzayı seçilmiştir. Tek parçacık enerjileri olarak $\epsilon_{s1/2}=2.45$ MeV, $\epsilon_{d5/2}=0.00$ MeV, $\epsilon_{d3/2}=2.55$ MeV, $\epsilon_{g7/2}=0.17$ MeV ve $\epsilon_{h11/2}=3.20$ MeV kullanılmıştır. Hesaplamalarda iki-cisim etkin etkileşmeleri olarak CD-Bonn (Hjorth-Jensen vd., 1995) etkin etkileşmeleri kullanılmıştır. CD-Bonn etkileşmesi bu bölgede en iyi kabuk modeli sonuçlarını veren etkileşmelerden olması nedeniyle tercih edilmiştir. Hesaplamalar neticesinde Te izotoplarının taban ve düşük uyarılma durumları, pariteleri ve bu durumlara karşılık gelen uyarılma enerjileri elde edilmiştir. Elde edilen teorik enerji spektrumları mevcut kaynaklarda yer alan deneysel değerlerle karşılaştırılmıştır.

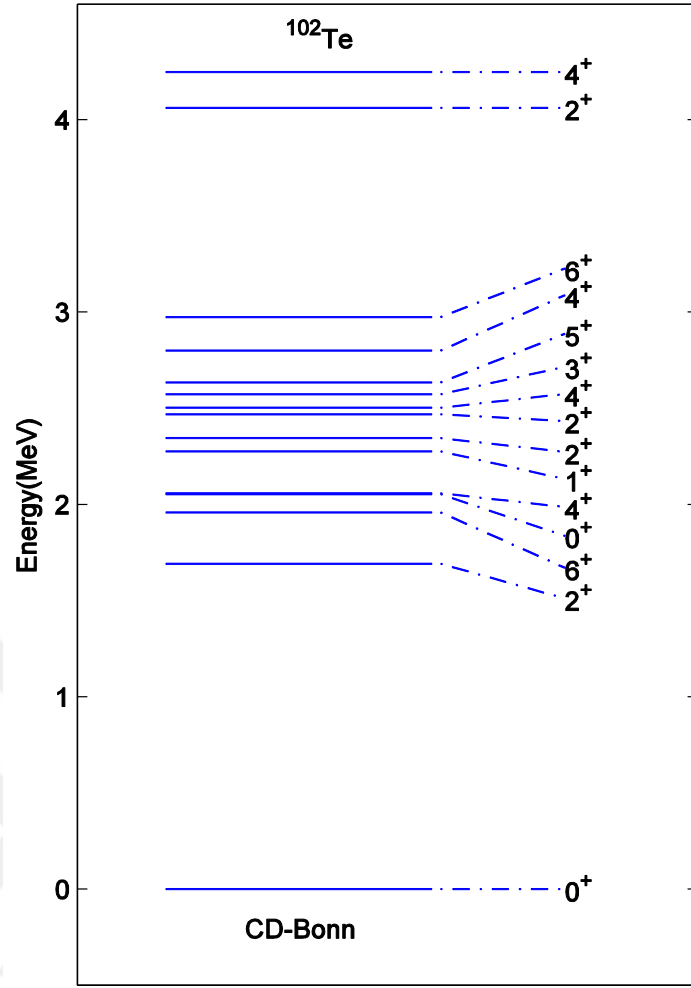
4.1. Çift- Çift Te Çekirdekleri

4.1.1. ^{102}Te

^{102}Te çekirdeğinin 52 protonu ve 50 nötronu vardır. Dolayısıyla kabuk modeli hesaplamaları yapılacak olan *sdgh* model uzayında 2 değerlik protonu bulunur. CD-Bonn etkin etkileşmesi kullanılarak ^{102}Te için yapılan kabuk modeli hesaplamaları sonucunda elde edilen düşük enerji seviyelerindeki pozitif pariteli durumlar ve bunlara karşılık gelen uyarılma enerjileri Çizelge 4.1’de ve elde edilen enerji spektrumu ise Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. ^{102}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik düşük enerji durumları (~ 4.72 MeV’e kadar)

Deneyssel		CD-Bonn	
Durum(J^π)	Enerji (MeV)	Durum(J^π)	Enerji(MeV)
-	-	0^+	0.0000
-	-	2^+	1.6918
-	-	6^+	1.9587
-	-	0^+	2.0530
-	-	4^+	2.0581
-	-	1^+	2.2762
-	-	2^+	2.3444
-	-	2^+	2.4687
-	-	4^+	2.5026
-	-	3^+	2.5729
-	-	5^+	2.6346
-	-	4^+	2.7992
-	-	6^+	2.9731
-	-	2^+	4.0624
-	-	4^+	4.2477



Şekil 4.1. ^{102}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik düşük enerji spektrumları (~ 4.72 MeV'e kadar)

Hesaplamalar neticesinde 0^+ durumu temel enerji seviyesi ve 2 MeV'nin altında 2^+ ve 6^+ durumları sırasıyla 1. ve 2. uyarılma enerji seviyeleri olarak tespit edilmiştir. Bu uyarılma seviyeleri arasında belirgin bir enerji aralıklarının olduğu görülmektedir.

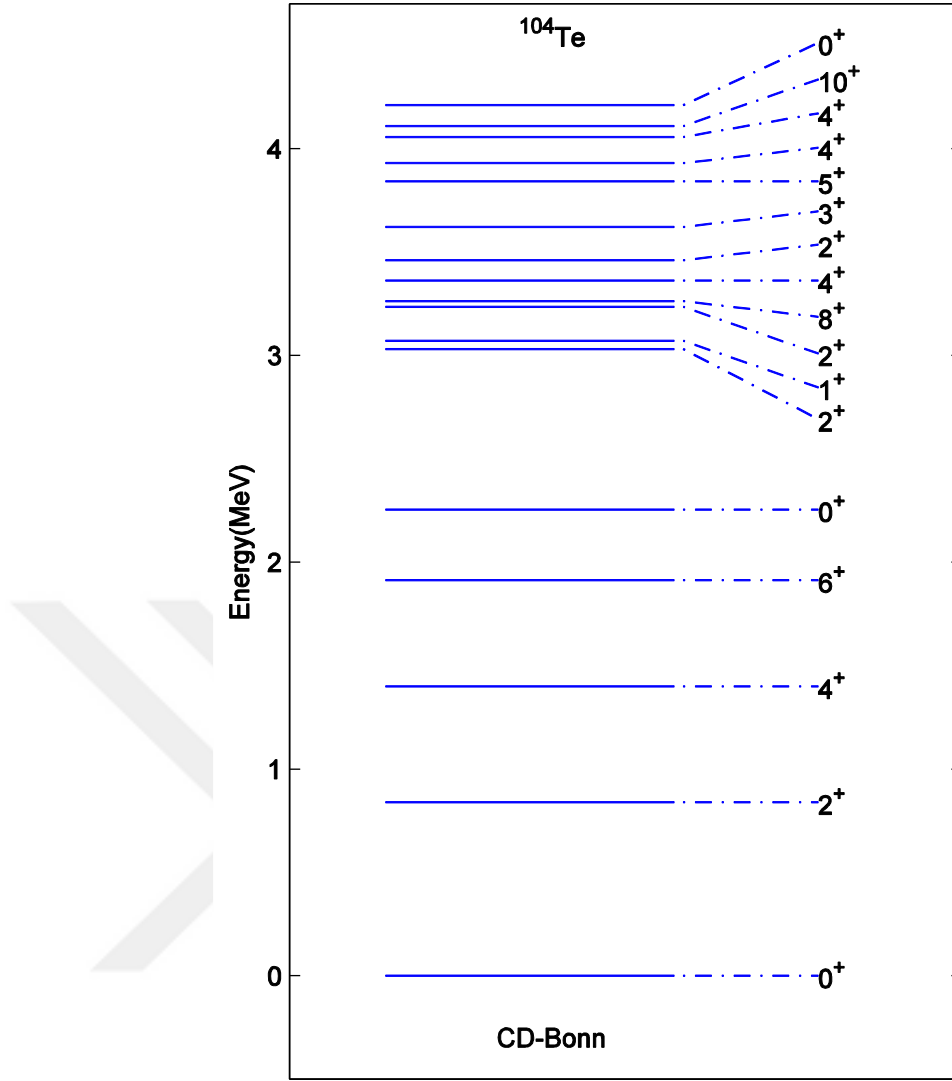
4.1.2. ^{104}Te

^{104}Te çekirdeği 52 proton ve 52 nötrondan oluşmaktadır. Dolayısıyla kabuk modeli hesaplamaları yapılacak olan *sdgh* model uzayında 2 değerlik protonu ve 2 değerlik nötronu bulunur. CD-Bonn etkin etkileşmesi kullanılarak ^{104}Te için yapılan kabuk modeli hesaplamaları sonucunda elde edilen düşük enerji seviyelerindeki pozitif pariteli durumlar ve bunlara karşılık gelen uyarılma enerjileri Çizelge 4.2'de ve elde edilen enerji spektrumu ise Şekil 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. ^{104}Te çekirdeğinin tüm(+) pariteli teorik düşük enerji durumları (~4.21 MeV'e kadar)

Deneyssel		CD-Bonn	
Durum(J^π)	Enerji (MeV)	Durum(J^π)	Enerji(MeV)
-	-	0^+	0.0000
-	-	2^+	0.8393
-	-	4^+	1.3994
-	-	6^+	1.9128
-	-	0^+	2.2551
-	-	2^+	3.0308
-	-	1^+	3.0708
-	-	2^+	3.2345
-	-	8^+	3.2628
-	-	4^+	3.3615
-	-	2^+	3.4603
-	-	3^+	3.6214
-	-	5^+	3.8417
-	-	4^+	3.9300
-	-	4^+	4.0566
-	-	10^+	4.1086
-	-	0^+	4.2106

Hesaplamalar neticesinde 0^+ temel enerji seviyesi ve yaklaşık 3 MeV altında 2^+ , 4^+ , 6^+ ve 0^+ durumları sırasıyla 1., 2., 3. ve 4. uyarılma enerji seviyeleri olarak tespit edilmiştir. Bu uyarılma seviyeleri arasında belirgin bir enerji aralıklarının olduğu görülmektedir. Özellikle 0^+ ile 2^+ seviyeleri arasında yaklaşık olarak 0,8 MeV'lik bir enerji aralığı dikkat çekmektedir. 2^+ ile 4^+ seviyeleri ile 4^+ ve 6^+ seviyeleri arasında ise yaklaşık olarak 0,5 MeV'lik bir enerji aralığı görülmektedir. İkinci 2^+ seviyesinin üzerinde ise birbirine yakın birçok durum elde edilmiştir.



Şekil 4.2. ^{104}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik düşük enerji spektrumları (~4.21 MeV'e kadar)

4.1.3. ^{106}Te

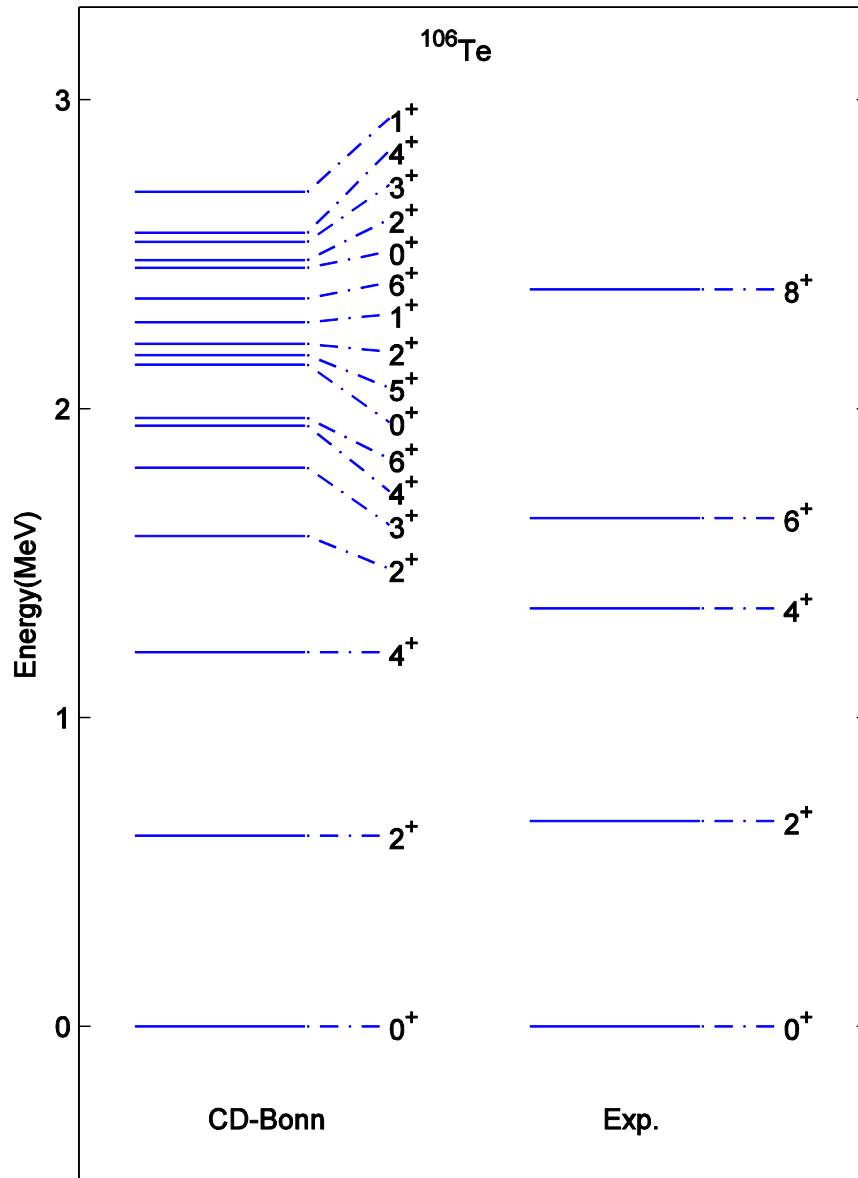
^{106}Te çekirdeği 52 proton ve 54 nötrondan oluşmaktadır. Dolayısıyla kabuk modeli hesaplamaları yapılacak olan *sdgh* model uzayında 2 değerlik protonu ve 4 değerlik nötronu bulunur. CD-Bonn etkin etkileşmesi kullanılarak ^{106}Te için yapılan kabuk modeli hesaplamaları sonucunda elde edilen düşük enerji seviyelerindeki pozitif pariteli durumlar ve bunlara karşılık gelen uyarılma enerjileri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. ^{106}Te izotopunun J^+ paritelerinin teorik ve deneysel (Hadinia vd. ,2005) tüm düşük enerji durumları(~ 2.74 MeV'e kadar)

Deneysel		CD-Bonn	
Durum(J^π)	Enerji (MeV)	Durum (J^π)	Enerji (MeV)
0^+	0.0000	0^+	0.0000
2^+	0.6648	2^+	0.6174
4^+	1.3532	4^+	1.2113
6^+	1.6462	2^+	1.5882
8^+	2.3866	3^+	1.8092
10^+	3.1270	4^+	1.9448
-	-	6^+	1.9698
-	-	0^+	2.1421
-	-	5^+	2.1737
-	-	2^+	2.2097
-	-	1^+	2.2792
-	-	6^+	2.3558
-	-	0^+	2.4558
-	-	2^+	2.4811
-	-	3^+	2.5397
-	-	4^+	2.5701
-	-	1^+	2.7016

Şekil 4.3'de CD-Bonn etkin etkileşmesinin kullanılmasıyla hesaplanan ^{106}Te çekirdeği için ~ 2.74 MeV'e kadar olan tüm pozitif pariteli durumları içeren enerji spektrumları ve mevcut deneysel spektrumlar gösterilmiştir.

Hesaplamalar neticesinde 0^+ durumu temel enerji seviyesi olarak deney ile uyumlu bir şekilde elde edilmiştir. Temel seviye üzerinde 2^+ , 4^+ , 2^+ ve 6^+ durumları sırasıyla 1., 2., 3. ve 4. uyarılma enerji seviyeleri olarak tespit edilmiştir. Bu uyarılma seviyeleri arasında belirgin bir enerji aralıklarının olduğu görülmektedir. İkinci 2^+ seviyesinin üzerinde ise birbirine yakın birçok durum elde edilmiştir.



Şekil 4.3. ^{106}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik ve deneysel (Hadinia vd. ,2005) düşük enerji durumları (2.74 MeV'e kadar)

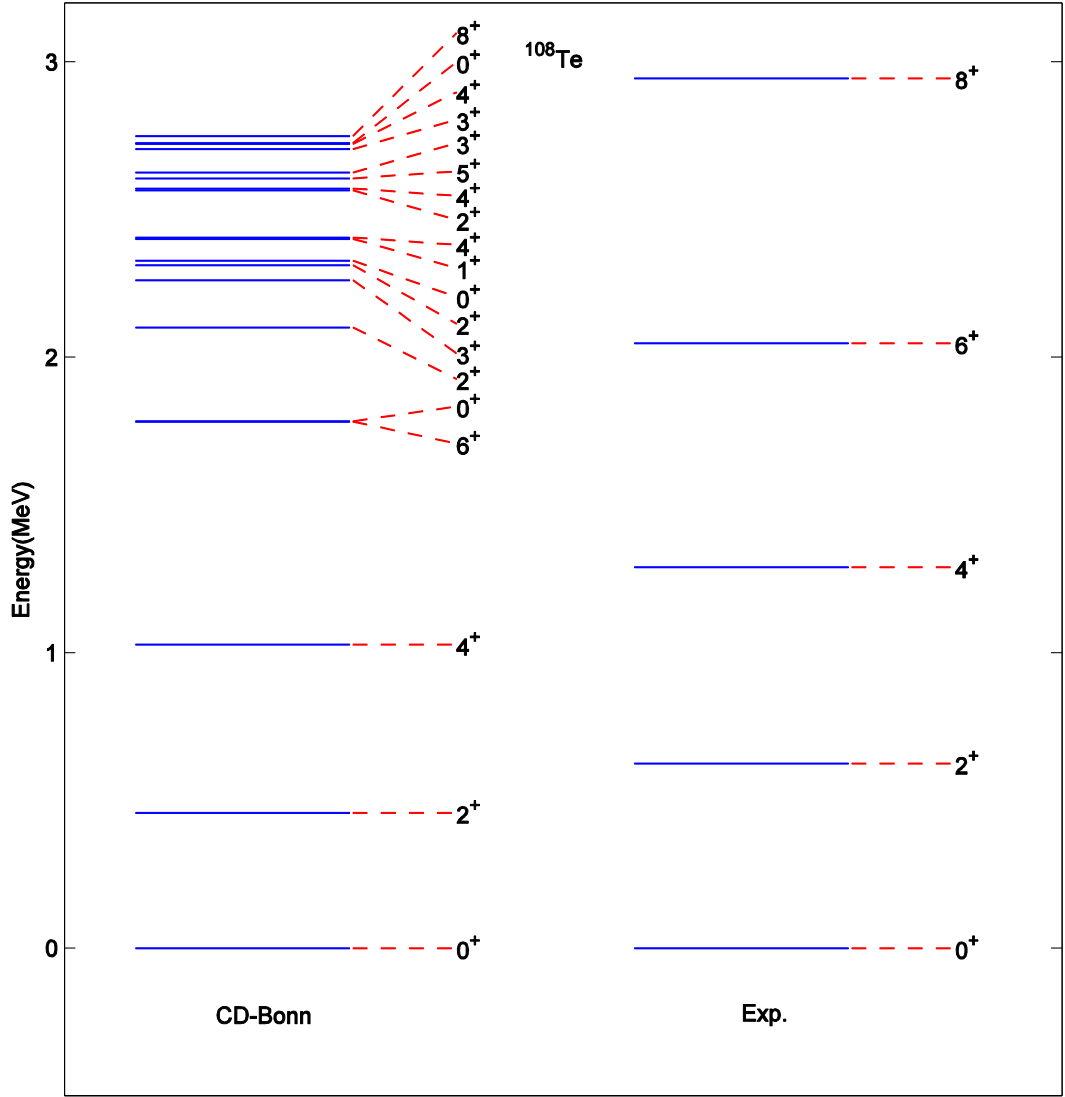
Teorik ve deneysel sonuçlar karşılaştırıldığında 2^+ durumu için deneysel olarak ölçülen 0.66 MeV değeri hesaplamalar sonucunda 0.61 MeV ve 4^+ durumu için deneysel olarak ölçülen 1.35 MeV değeri ise hesaplamalar sonucunda 1.21 MeV olarak hesaplanmıştır. Bu durumlar için hata payı sırasıyla 0.05 MeV ve 0.14 MeV olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, 2 MeV' in altında deneysel değerler ile teorik değerlerin karşılaştırılması sonucu uyumlu sonuçlar elde edildiği söylenebilir.

4.1.4. ^{108}Te

^{108}Te çekirdeği 52 proton ve 56 nötrondan oluşmaktadır. Dolayısıyla kabuk modeli hesaplamaları yapılacak olan *sdgh* model uzayında 2 değerlik protonu ve 6 değerlik nötronu olmak üzere toplam 8 değerlik nükleonu bulunur. CD-Bonn etkin etkileşmesi kullanılarak ^{108}Te için yapılan kabuk modeli hesaplamaları sonucunda elde edilen düşük enerji seviyelerindeki pozitif pariteli durumlar ve bunlara karşılık gelen uyarılma enerjileri Çizelge 4.4’de ve elde edilen enerji spektrumu ise Şekil 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. ^{108}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik ve deneysel (Lane vd. ,1998) düşük enerji durumları (~2.76 MeV’e kadar)

Deneysel		CD- Bonn	
Durum(J^π)	Enerji(MeV)	Durum(J^π)	Enerji (MeV)
0^+	0.0000	0^+	0.0000
2^+	0.6252	2^+	0.4588
4^+	1.2890	4^+	1.0273
6^+	2.0479	6^+	1.7822
8^+	2.9445	0^+	1.7840
-	-	2^+	2.1006
-	-	3^+	2.2616
-	-	2^+	2.3120
-	-	0^+	2.3275
-	-	1^+	2.4014
-	-	4^+	2.4050
-	-	2^+	2.5655
-	-	4^+	2.5713
-	-	5^+	2.6054
-	-	3^+	2.6260
-	-	3^+	2.7054
-	-	4^+	2.7233
-	-	0^+	2.7256
-	-	8^+	2.7498



Şekil 4.4. ^{108}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik ve deneysel (Lane vd. ,1998) düşük enerji durumları (~2.76 MeV'e kadar)

Çizelge 4.4'de görüldüğü gibi teorik ve deneysel sonuçlar karşılaştırıldığında 2^+ durumu için deneysel olarak ölçülen 0.6252 MeV değeri hesaplamalar sonucunda 0.4588 MeV, 4^+ durumu için deneysel olarak ölçülen 1.289 MeV değeri hesaplamalar sonucunda 1.0273 MeV, 6^+ durumu için deneysel olarak ölçülen 2.0479 MeV değeri hesaplamalar sonucunda 1.7840 MeV ve 8^+ durumu için deneysel olarak ölçülen 2.9445 MeV değeri hesaplamalar sonucunda 2.7498 MeV olarak hesaplanmıştır. Bu durumlar için hata payı sırasıyla 0.17 MeV, 0.20 MeV, 0.264 MeV ve 0.194 MeV olarak hesaplanmıştır. 2 MeV' in üzerinde ise birçok durum hesaplanmıştır. Hem deneysel hem de teorik hesaplamalar neticesinde ^{108}Te çekirdeğinin $A= 100$ koru

dışında kalan 2 nötron ve 2 protonun çiftlenme etkilerinin baskın ve belirleyici olduğu söylenebilir. 2 MeV' in üzerinde ise çok- parçacık ve çok- kabuk etkilerinin hesaplamalarda nükleer durumları belirlemede etkili olduğu söylenebilir. Genel olarak, deneysel değerler ile teorik değerlerin karşılaştırılması sonucu 2 MeV' in altında uyumlu sonuçlar elde edildiği söylenebilir.

4.2. Tek- Çift Te Çekirdekleri

4.2.1. ^{103}Te

^{103}Te çekirdeği 52 proton ve 51 nötrondan oluşmaktadır. Dolayısıyla kabuk modeli hesaplamaları yapılacak olan *sdgh* model uzayında 2 değerlik protonu ve 1 değerlik nötronu bulunur. CD-Bonn etkin etkileşmesi kullanılarak ^{103}Te için yapılan kabuk modeli hesaplamaları sonucunda elde edilen düşük enerji seviyelerindeki pozitif pariteli durumlar ve bunlara karşılık gelen uyarılma enerjileri Çizelge 4.5'de ve elde edilen enerji spektrumu ise Şekil 4.5' de verilmiştir.

Çizelge 4.5. ^{103}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik düşük enerji durumları (~2.66 MeV'e kadar)

Deneysel		CD-Bonn	
Durum(J^π)	Enerji (MeV)	Durum(J^π)	Enerji(MeV)
-	-	5^+ $\frac{5}{2}$	0.0000
-	-	7^+ $\frac{7}{2}$	0.3805
-	-	3^+ $\frac{3}{2}$	0.7373
-	-	1^+ $\frac{1}{2}$	0.8265
-	-	9^+ $\frac{9}{2}$	1.2798
-	-	11^+ $\frac{11}{2}$	1.9288
-	-	13^+ $\frac{13}{2}$	1.9534

-	-	$\frac{5^+}{2}$	1.9791
-	-	$\frac{17^+}{2}$	2.0776
-	-	$\frac{7^+}{2}$	2.1127
-	-	$\frac{19^+}{2}$	2.1496
-	-	$\frac{3^+}{2}$	2.1769
-	-	$\frac{7^+}{2}$	2.1980
-	-	$\frac{9^+}{2}$	2.3162
-	-	$\frac{15^+}{2}$	2.3225
-	-	$\frac{5^+}{2}$	2.3686
-	-	$\frac{9^+}{2}$	2.5122
-	-	$\frac{5^+}{2}$	2.5318
-	-	$\frac{7^+}{2}$	2.5451
-	-	$\frac{3^+}{2}$	2.5523
-	-	$\frac{13^+}{2}$	2.6083
-	-	$\frac{1^+}{2}$	2.6450
-	-	$\frac{9^+}{2}$	2.6574

ise birbirine yakın bir çok durum elde edilmiştir. Dolayısıyla 2 MeV' in altındaki nükleer durumlar tek parçacık durumlarını ifade etmektedir ki 2 MeV' in altında ^{103}Te için tek parçacık durumlarının nükleer durumu belirlediği görülmektedir. 2 MeV' in üzerinde ise çok- cisim korelasyonlarının nükleer durumun belirlenmesinde etkili olduğu görülmektedir.

4.2.2. ^{105}Te

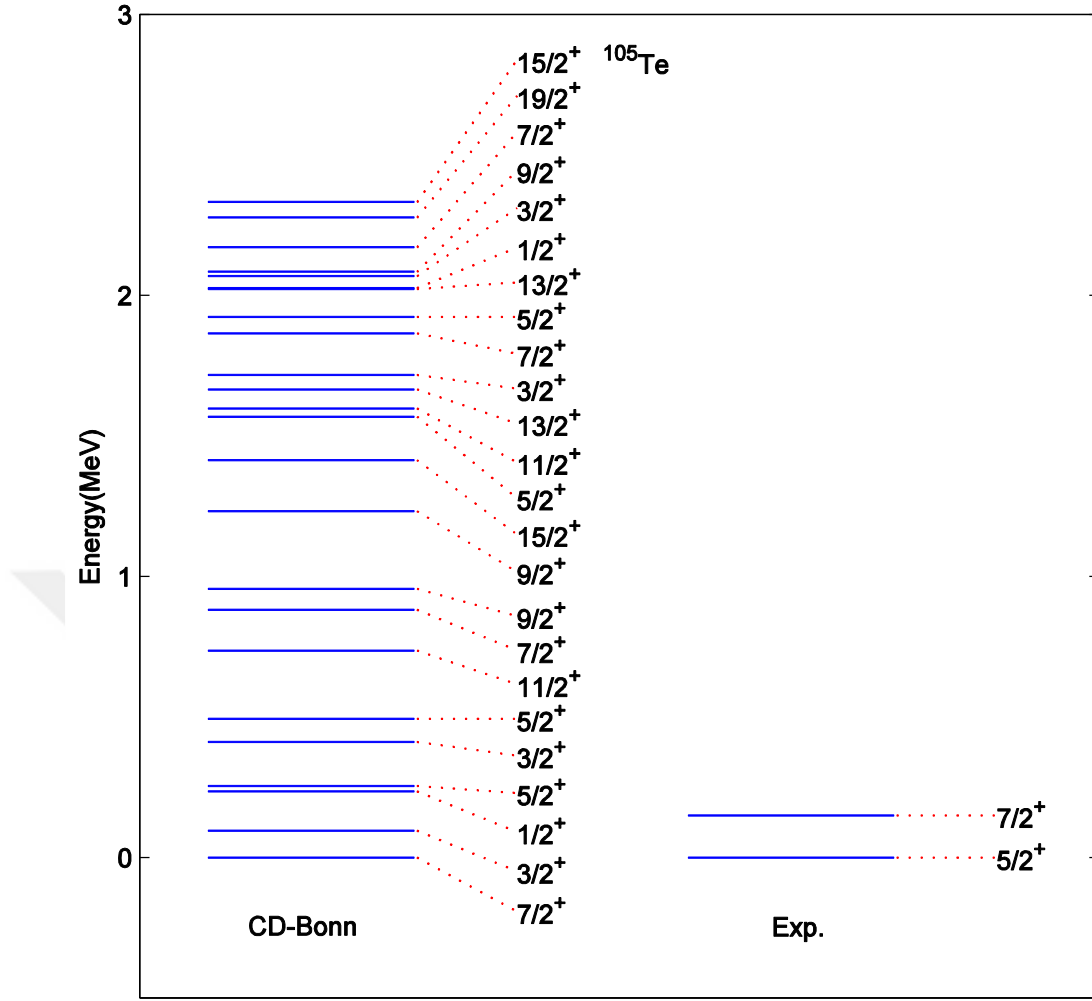
^{105}Te çekirdeği 52 proton ve 53 nötrondan oluşmaktadır. Dolayısıyla kabuk modeli hesaplamaları yapılacak olan *sdgh* model uzayında 2 değerlik protonu ve 3 değerlik nötronu bulunur. CD-Bonn etkin etkileşmesi kullanılarak ^{105}Te için yapılan kabuk modeli hesaplamaları sonucunda elde edilen düşük enerji seviyelerindeki pozitif pariteli durumlar ve bunlara karşılık gelen uyarılma enerjileri Çizelge 4.6'de ve elde edilen enerji spektrumu ise Şekil 4.6 'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. ^{105}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik ve deneysel (Liddick vd. ,2006) düşük enerji durumları (~ 2.34 MeV'e kadar)

Deneysel		CD-Bonn	
Durum(J^π)	Enerji (MeV)	Durum(J^π)	Enerji (MeV)
5^+ $\frac{5}{2}$	0.000	7^+ $\frac{7}{2}$	0.0000
7^+ $\frac{7}{2}$	0.150	3^+ $\frac{3}{2}$	0.0955
-	-	1^+ $\frac{1}{2}$	0.2356
-	-	5^+ $\frac{5}{2}$	0.2541
-	-	3^+ $\frac{3}{2}$	0.4109
-	-	5^+ $\frac{5}{2}$	0.4929
-	-	11^+ $\frac{11}{2}$	0.7361
-	-	7^+ $\frac{7}{2}$	0.8806

-	-	$\frac{9^+}{2}$	0.9549
-	-	$\frac{9^+}{2}$	1.2319
-	-	$\frac{15^+}{2}$	1.4137
-	-	$\frac{5^+}{2}$	1.5676
-	-	$\frac{11^+}{2}$	1.5978
-	-	$\frac{13^+}{2}$	1.6649
-	-	$\frac{3^+}{2}$	1.7171
-	-	$\frac{7^+}{2}$	1.8644
-	-	$\frac{5^+}{2}$	1.9233
-	-	$\frac{13^+}{2}$	2.0226
-	-	$\frac{1^+}{2}$	2.0267
-	-	$\frac{3^+}{2}$	2.0693
-	-	$\frac{9^+}{2}$	2.0841
-	-	$\frac{7^+}{2}$	2.1724
-	-	$\frac{19^+}{2}$	2.2775
-	-	$\frac{15^+}{2}$	2.3328

Liddick vd. (2006) tarafından yapılan deneysel çalışmada $\frac{5^+}{2}$ durumunu temel durum olarak ve bu seviyenin 150 keV üzerinde $\frac{7^+}{2}$ durumu birinci uyarılmış durumu olarak gözlenmiştir. Bu verilen iki deneysel veri haricinde ^{105}Te izotopu için literatürde başka deneysel veri bulunmamaktadır (bizim en iyi bilgimize göre). Bizim yapmış



Şekil 4.6. ^{105}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik ve deneysel (Liddick vd. ,2006) düşük enerji spektrumları (~ 2.34 MeV'e kadar)

olduğumuz kabuk modeli hesaplamaları neticesinde $\frac{7}{2}^+$ seviyesi temel durum olarak hesaplanmıştır ve deneysel veri ile 150 keV farklıdır. Deneysel temel durum olarak gözlenen $\frac{5}{2}^+$ durumu ise yaklaşık 254 keV yukarıda hesaplanmıştır. Şekil 4.6'de verilen spektrumda da görüleceği üzere ~ 2.5 MeV'nin altında deneysel veri haricinde birçok durum hesaplanmıştır.

4.2.3. ^{107}Te

^{107}Te çekirdeği 52 proton ve 55 nötrondan oluşmaktadır. Dolayısıyla kabuk modeli hesaplamaları yapılacak olan *sdgh* model uzayında 2 değerlik protonu ve 5 değerlik nötronu bulunur. CD-Bonn etkin etkileşmesi kullanılarak ^{107}Te için yapılan kabuk

modeli hesaplamaları sonucunda elde edilen düşük enerji seviyelerindeki pozitif pariteli durumlar ve bunlara karşılık gelen uyarılma enerjileri Çizelge 4.7’de ve elde edilen enerji spektrumu ise Şekil 4.7’ de verilmiştir.

Çizelge 4.7. ^{107}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik ve deneysel(Hadinia vd. ,2004) düşük enerji durumları (~2.07 MeV’e kadar)

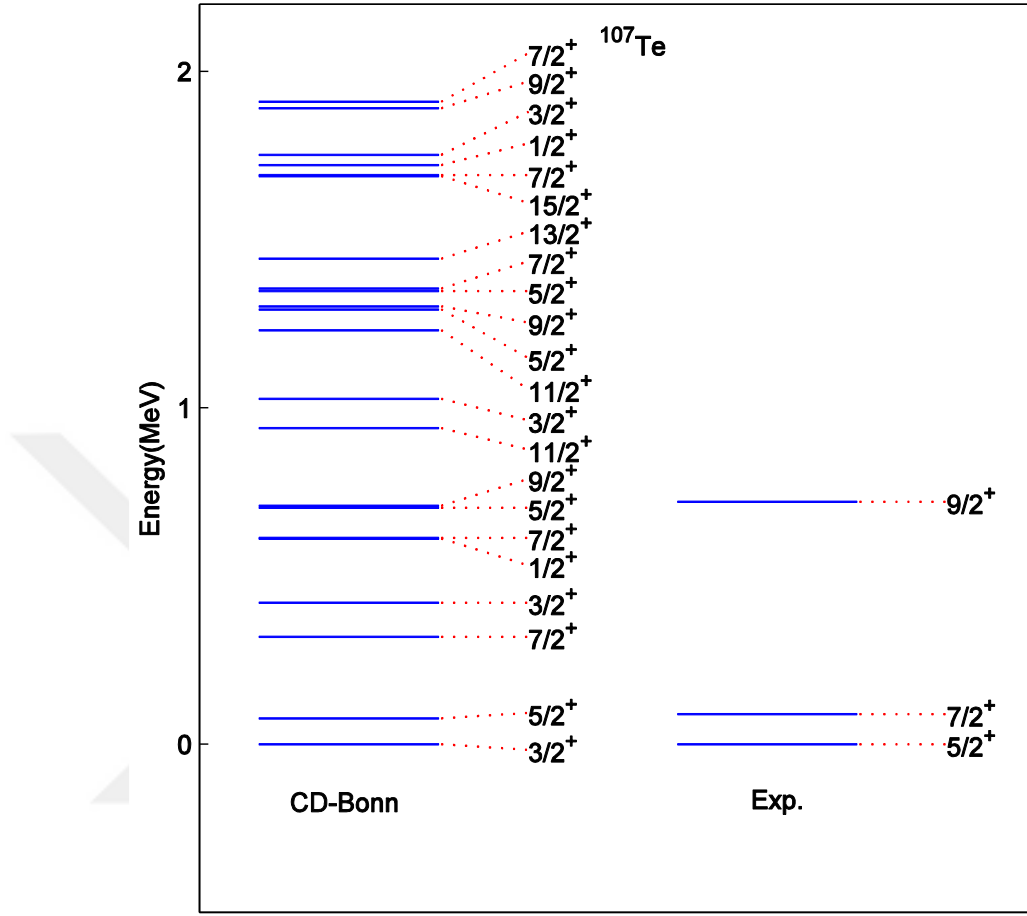
Deneysel		CD-Bonn	
Durum(J^π)	Enerji (MeV)	Durum(J^π)	Enerji (MeV)
5^+ $\frac{5}{2}$	0.000	3^+ $\frac{3}{2}$	0.0000
7^+ $\frac{7}{2}$	0.090	5^+ $\frac{5}{2}$	0.0772
9^+ $\frac{9}{2}$	0.721	7^+ $\frac{7}{2}$	0.3200
-	-	3^+ $\frac{3}{2}$	0.4214
-	-	1^+ $\frac{1}{2}$	0.6116
-	-	7^+ $\frac{7}{2}$	0.6141
-	-	5^+ $\frac{5}{2}$	0.7033
-	-	9^+ $\frac{9}{2}$	0.7095
-	-	11^+ $\frac{11}{2}$	0.9395
-	-	3^+ $\frac{3}{2}$	1.0271
-	-	11^+ $\frac{11}{2}$	1.2310
-	-	5^+ $\frac{5}{2}$	1.2920
-	-	9^+ $\frac{9}{2}$	1.3014
-	-	5^+ $\frac{5}{2}$	1.3474

-	-	$\frac{7^+}{2}$	1.3550
-	-	$\frac{13^+}{2}$	1.4442
-	-	$\frac{15^+}{2}$	1.6894
-	-	$\frac{7^+}{2}$	1.6926
-	-	$\frac{1^+}{2}$	1.7221
-	-	$\frac{3^+}{2}$	1.7519
-	-	$\frac{9^+}{2}$	1.8905
-	-	$\frac{7^+}{2}$	1.9103

Hadinia vd. (2004) tarafından yapılan deneysel çalışmada $\frac{5^+}{2}$ seviyesi temel durum olarak gözlenmiş ve bunun 90 keV üzerinde $\frac{7^+}{2}$ seviyesi 1. uyarılma durumu, 721 keV üzerinde $\frac{9^+}{2}$ seviyesi 2. uyarılma durumu olarak gözlemlenmiştir. Bizim yapmış olduğumuz hesaplamalarda bu seviyelerin sıralaması aynı şekilde bulunmuştur. Ancak bizim hesaplamalarımız $\frac{3^+}{2}$ durumunu temel durum olarak netice vermiştir. Şunu ifade etmek gerekir ki, 1. uyarılma seviyesi olarak hesaplanan $\frac{5^+}{2}$ durumu ile temel seviye olarak hesaplanan $\frac{3^+}{2}$ durumu arasında 77 keV'lik küçük bir enerji farkı vardır. Yani hesaplamalarda kullanılan tek parçacık enerjilerindeki küçük değişiklikler ile bu sıralama değişebilir ve deneyle uyumlu sonuçlar elde edilebilir.

Hesaplamalarda kullandığımız tek parçacık enerjilerinin direk olarak deneysel verilerden elde edilemediği, çıkarım yoluyla elde edildiğine dikkat edilmesi gerekir.¹⁰⁷Te çekirdeğinin çok kararsız olması nedeniyle deneysel olarak fazla veriye sahip değiliz ve tespit edilmiş olan $\frac{5^+}{2}$, $\frac{7^+}{2}$, $\frac{9^+}{2}$ durumlarının haricinde başka durumlarında bulunması olasıdır. Yapmış olduğumuz kabuk modeli

hesaplamalarında bu olasılığa uygun olarak ~ 2 MeV altında birçok nükleer durum hesaplanmıştır.



Şekil 4.7. ^{107}Te çekirdeğinin tüm (+) pariteli teorik ve deneysel(Hadinia vd. ,2004) düşük enerji durumları (~ 2.07 MeV'e kadar)

5. SONUÇ

Bu çalışmada, $A=100$ koru etrafında iki proton artı artan nötron sayılarına uyan $A=102-108$ kütle numaralı Te izotopları için standart nükleer kabuk modeli hesaplamaları yapılarak temel durum, düşük enerjili uyarılma durumları, bu durumların pariteleri ve enerji spektrumları elde edilmiştir. Yapılan kabuk modeli hesaplamalarında model uzayı olarak $2s_{1/2}$, $1d_{5/2}$, $1d_{3/2}$, $0g_{7/2}$, ve $0h_{11/2}$ tek parçacık yörüngeleri ve iki-cisim etkin etkileşmeleri olarak ise $A=100$ kütle bölgesinde şimdiye kadar en iyi sonuçları veren CD-Bonn etkin etkileşmeleri kullanılmıştır. Yapılan kabuk modeli hesaplamaları sonucunda $^{102,103,104,105,106,107,108}\text{Te}$ izotopları için elde edilen nükleer özellikler mevcut deneysel verilerle karşılaştırılmıştır.

$^{102,104,106,108}\text{Te}$ çift-çift izotopları için yapılan kabuk modeli hesaplamaları sonucunda temel seviye olarak 0^+ durumu, ilk uyarılma seviyesi olarak ise 2^+ durumu tespit edilmiştir. ^{102}Te ve ^{104}Te çekirdekleri için mevcut deneysel veriler olmadığı için karşılaştırma yapılamamıştır. Deneysel verileri bulunan ^{106}Te ve ^{108}Te çekirdekleri için ise deneysel değerler ile hesaplamalar sonucu elde edilen temel durum ve ilk uyarılma durumlarının iyi bir uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

$^{102,104,106,108}\text{Te}$ çift-çift izotopları için elde edilen enerji spektrumları incelendiğinde 2 MeV' in altında hesaplanan nükleer durumların ve bunlara karşılık gelen enerjilerin genel olarak deneysel değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir. 2 MeV' in altındaki nükleer durumların belirlenmesinde $A=100$ koru dışında kalan değerlik nükleonların çiftlenme etkilerinin baskın ve belirleyici olduğu söylenebilir. 2 MeV' in üzerinde ise birçok nükleer durum hesaplanmıştır ve bu nükleer durumların belirlenmesinde ise çok- parçacık ve çok- kabuk etkilerinin etkili olduğu söylenebilir.

$^{103,105,107}\text{Te}$ tek-çift izotopları için yapılan kabuk modeli hesaplamaları sonucunda temel seviye olarak sırasıyla $\frac{5^+}{2}$, $\frac{7^+}{2}$ ve $\frac{3^+}{2}$ durumları, ilk uyarılma seviyesi olarak ise $\frac{7^+}{2}$, $\frac{3^+}{2}$ ve $\frac{5^+}{2}$ durumları tespit edilmiştir. ^{103}Te çekirdeği için mevcut deneysel veriler olmadığı için karşılaştırma yapılamamıştır. Deneysel verileri bulunan ^{105}Te ve ^{107}Te çekirdekleri için ise deneysel değerlerle ile hesaplamalar sonucu elde edilen enerji değerleri arasında küçük enerji farklılıklarının olduğu görülmektedir.

^{105}Te çekirdeği için yapılan kabuk modeli hesaplamaları sonucunda temel seviye olarak $\frac{7^+}{2}$ durumu, ilk uyarılma seviyesi olarak ise $\frac{3^+}{2}$ durumu hesaplanmıştır. Ancak deneysel sonuçlarda ^{105}Te çekirdeği için temel seviye olarak $\frac{5^+}{2}$ durumu, ilk uyarılma seviyesi olarak ise $\frac{7^+}{2}$ durumu gözlemlenmiştir. Bu farklılığa büyük oranda tek parçacık enerjilerindeki belirsizliğin neden olduğunu düşünmekteyiz.

^{107}Te çekirdeği için kabuk modeli hesaplamaları sonucunda temel seviye olarak $\frac{3^+}{2}$ durumu ve ilk uyarılma seviyesi olarak ise $\frac{5^+}{2}$ durumu hesaplanmıştır. Ancak deneysel sonuçlarda ^{107}Te çekirdeği için temel seviye olarak $\frac{5^+}{2}$ durumu ilk uyarılma seviyesi olarak ise $\frac{7^+}{2}$ durumu gözlemlenmiştir. Kabuk modeli hesaplamaları yapılırken kullanılan tek parçacık enerjilerinden 3 tanesinin tahmini değerler olması nedeniyle bu küçük enerji farklarının oluştuğu düşünülmektedir. Çünkü tek parçacık enerjilerindeki küçük değişiklikler bile çok az enerji farkı hesaplanan temel seviye ve ilk uyarılma seviyelerinin sıralamasını değiştirebilir.

Hafif $^{102,103,104,105,106,107,108}\text{Te}$ izotopları için yapılan kabuk modeli hesaplamalarında tek-çift olanların büyük kütle numaralı olanlarda (^{105}Te ve ^{107}Te gibi) tek-parçacık enerjilerin seçimi yeniden yapılması gerekebilir veya proton ve nötronlar için farklı tek-parçacık enerjileri kullanılarak deneysel verilerle daha uyumlu sonuçlar elde edilebilir.

A= 100 kuru etrafında bulunan ve iki proton artı artan nötron sayılarına uyan hafif Te izotopları için yapılacak olan kabuk modeli hesaplamalarına devam edilmelidir ki böylece A=100 kuru etrafındaki çekirdeklerin nükleer yapısının sistematik olarak nasıl değiştiği anlaşılsın ve bu nükleer yapı özelliklerini belirleyen nükleon-nükleon etkileşmelerinin doğası daha net olarak ortaya konulabilsin. Bu bağlamda periyodik tablonun bu bölgesindeki çekirdekler üzerine nükleer yapı çalışmalarının devam etmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Andreozzi, F., Coraggio, L., Covello, A., Gargano, A., Kuo, T.T.S., Li, Z.B., and Porrino, A., 1996. Realistic shell-model calculations for neutron deficient Sn isotopes. *Physical Review C* 54 4, 1636-1640.
- Bäck, T., Qi, C., Ghazi Moradi, F., Cederwall, B., Johnson, A., Liotta, R., Wyss, R., Al-Azri, H., Bloor, D., Brock, T., Watsworth, R., Grahn, T., Greenlees, P. T., Hauschild, K., Herzan, A., Jacobson, U., Jones, P. M., Julin, R., Juutinen, S., Ketelhut, S., Leino, M., Lopez-Martens, A., Nieminen, P., Peura, P., Rahkila, P., Rinta-Antila, S., Ruotsalainen, P., Sandzelius, M., Saren, J., Scholey, C., Sorri, J., Uusitalo, J., Go, S., Ideguchi, E., Cullen, D. M., Procter, M. G., Braunroth, T., Dewald, A., Fransen, C., Hackstein, M., Litzinger, J., Rother. 2011, Lifetime measurement of the first excited 2^+ state in ^{108}Te . *Physical Review C* 84, 041306(R), 4p.
- Courier, E., Zuker, A.P., Poves, A., Martinez-Pinedo, G., 1994. Full *pf* Shell model study of $A=48$ nuclei. *Physical Review C* 50, 225-236.
- Darby, I. G., Grzywacz, R. K., Batchelder, J. C., Bingham, C. R., Cartegni, L., Gross, C. J., Hjorth-Jensen, M., Joss, D. T., Liddick, S. N., Nazarewicz, W., Padgett, S., Page, R. D., Papenbrock, T., Rajabali, M. M., Rotureau, J., Rykaczewski, K. P., 2010. Orbital Dependent Nucleonic Pairing in the Lightest Known Isotopes of Tin. *Physical Review Letters*, PRL 105, 162502.4p.
- Dikmen, E., 2002. Shell Model Studies in the *sdgh* Shell for the Proton Drip Line $Z=51$ Isotopes. Drexel University, Ph.D. Thesis, 115p, USA.
- Dikmen, E. 2006. Effect of $0h_{11/2}$ Level on Shell Model Calculations of ^{105}Sb and ^{107}Sb . *Chin. Phys. Lett.* 23, 6(2006), 1430-1433.
- Dikmen, E., 2009. Shell Model Description of Neutron-Deficient Sn Isotopes. *Communications in Theoretical Physics* 51 5, 899-903.
- Dikmen, E., Novoselsky, A., Vallieres, M., 2001. Shell model calculation of ^{109}Sb in the *sdgh* shell. *Physical Review C*, 64 067305, 067305-1 – 067305-3.
- Engeland, T., Hjorth-Jensen, M. Osnes E., 2000. Shell-model studies of the proton drip line nucleus ^{106}Sb , *Physical Review C*. 61, 021302(R)
- Ekström A., Cederkall, J., Fahlander, C., Hjorth-Jensen, M., Ames, F., Butler, P.A., Davinson, T., Eberth, J., Fincke, F., Gorgen, A., Gorska, M., Habs, D., Hurst, A.M., Huyse, M., Ivanov, O., Iwanicki, J., Kester, O., Köster, U., Marsh, B.A., Mierzejewski, J., Reiter, P., Scheit, H., Schwalm, D., Siem, S., Sletten, G., Stefanescu, I., Tveten, G.M., Van de Walle, J., Van Duppen, P., Voulot, D., Warr, N., Weisshaar, D., Wenander, F., Zielinska, M., 2008 $0g_s^+ \rightarrow 2_1^+$ Transition Strengths in ^{106}Sn and ^{108}Sn , *Physical Review Letters*, 101, 012502, 4p.

- Fahlander, C., Palacz, M., Rudolph, D., Sohler, D., Blomqvist, J., Kownacki, J., Lagergren, K., Norlin, L.O., Nyberg, J., Algora, A., Andreoiu, C., Angelis, G.de, Ataç, A., Bazzacco, D., Berglund, L., Bäck, T., Cederkäll, J., Cederwall, B., Dombradi, Zs., Fant, B., Farnea, E., Gadea, A., Gorska, M., Grawe, H., Hashimoto-Saitoh, N., Johnson, A., Kerek, A., Klamra, W., Lenzi, S.M., Likar, A., Lipoglavšek, M., Moszyński, M., Napoli D.R., Rossi-Alvarez, C., Roth, H. A., Saitoh, T., Seweryniak, D., Skeppstedt, Ö., Weiszflog, M. Wolińska, M. Excited states in ^{103}Sn : Neutron single-particle energies with respect to ^{100}Sn , *Physical Review C* 63, 021307(R), 4p.
- Grawe, H., Schubart, R., Maier, K. H., Seweryniak, D., the OSIRIS and NORDBALL collaborations, 1995 The Shell Model at ^{100}Sn -An Experimental Status Report, *Physica Scripta* T56, 71-78, 8p.
- Hadinia, B., Cederwall, B., Blomqvist, J., Ganioglu, E., Greenlees, P.T., Andgren, K., Darby, I. G., Eeckhauadt, S., Ideguchi, E., Jones, P. M., Joss, D. T., Julin, R., Juutinen, S., Ketelhut, S., Lagergren, K., Leppänen, A. P., Leino, M., Nyman, M., Pakarinen, J., Paul, E.S., Petri, M., Rahkila, P., Sandzelius, M., Sarén, J., Scholey, C., Uusitalo, J., Wadsworth, R., Wyss R., 2005. First identification of excited states in ^{106}Te and evidence for isoscalar-enhanced vibrational collectivity. *Physical Review C* 72, 041303(R), 5p.
- Handinia B. Cederwall, B., Lagergren, K., Blomqvist, J., Bäck, T., Eeckhauadt, S., Grahn, T., Greenlees, P., Johnson, A., Joss, D.T., Julin, R., Juutinen, S., Kettunen, H., Leino, M., Leppänen, A.-P., Liotta, R.J., Nieminen, P., Nyman, M., Pakarinen, J., Paul, E.S., Rahkila, P., Scholey, C., Uusitalo, J., Wadsworth, R., and Wiseman, D.R., 2004, First identification of γ -ray transitions in ^{107}Te , *Physical Review C* 70, 064314, 4p.
- Haxel, O., Jensen, J.H.S., Esuess, H., 1949. On the "Magic Numbers" in Nuclear Structure. *Physical Review*, 75 1766.
- Heyde, K.L.G., 1994. The Nuclear Shell Model. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 438p. Germany
- Hjorth-Jensen, M., Kuo, T.T.S., and Osnes, E., 1995. Realistic effective interactions for nuclear systems. *Physics Reports*, 261 3-4, 125-270.
- Krane, K.S., 1988. Introductory Nuclear Physics. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Lanczos, C., 1950. An Iteration Method for the Solution of the Eigenvalue Problem of Linear Differential and Integral Operators. *Journal of Research of the National Bureau of Standards* 45, 4.
- Lane, G. J., Fossan, D. B., Sears, J. M., Smith, J. F., Cameron J. A., Clark, R. M., Hibbert, I. M., Janzen, V. P., Krücken, R., Lee, I. Y., Macchiavelli, A. O., Parry, C. M. and Wadsworth, 1998 Octupole correlations at low spin in $^{108}\text{Te}_{56}$ *Phys. Rev.C* 57, 3, R1022, 5p.

- Liddick, S. N., Grzywacz, R., Mazzocchi, C., Page, R.D., Rykaczewski, K.P., Batchelder, J.C., Bingham, C.R., Darby, I.G., Drafta, G., Goodin, C., Gross, C.J., Hamilton, J.H., Heeht, A.A., Hwang, J.K., Hyushkin, S., Joss, D.T., Korgul, A., Królas, W., Lagergren, K., Li, K., Tantawy, M.N., Thomson, J. and Winger, J.A., 2006. Discovery of ^{109}Xe and ^{105}Te : Superallowed α Decay near Double Magic ^{100}Sn , *Phys. Rev. Letters* PRL 97, 082501, 4p.
- Mayer, M.G., 1949. On Closed Shells in Nuclei II. *Physical Review*, 75 1969.
- Mayer, M.G., *Elementary Theory of Nuclear Shell Structure* (John- Wiley, New York), 1957.
- Novoselsky, A., Vallieres, M., Gilmore, R., 1988, Matrix elements of shell model Hamiltonians in multiple angular momentum coupling schemes. *Phys. Rev.C* 38, 3, 1440-1447.
- Paul, E. S., Woods, P. J., Davinson, T., Page, R.D., Sellin, P. J, Beausang, C. W., Clark, R. M., Cunningham, R. A., Forbes, S. A., Fossan, D. B., Gizon, A., Gizon, J., Hauschild, K., Hibbert, I. M., James, A.N., LaFosse, D. R., Lazarus, I., Schnare, H., Simpson, J., Wadsworth, R. and Waring M. P., 1995. In-beam p-ray spectroscopy above ^{100}Sn using the new technique of recoil decay tagging, *Phys. Rev.C* 51, 1, 0556-2813.
- Rykaczewski, K., Anne, R., Auger, G., Bazin, D., Borcea, C., Borrel, V., Corre, J.M., Dörfler, T., Fomichov, A., Grzywacz, R., Guillemaud-Mueller, D., Hue, R., Huyse, M., Janas, Z., Keller, H., Lewitowicz, M., Lukyanov, S., Mueller, A., Penionzhkevich, Y., Pfützner, M., Pougheon, F., Saint-Laurent, M. G., Schmidt, K., Schmidt-Ott, W. D., Sorlin, O., Szerypo, J., Tarasov, O. B., Wauters, J., Zylicz, J., 1995. Identification of new nuclei at and beyond the proton drip line near the doubly magic nucleus ^{100}Sn , *Phys. Rev.C* 52(1995)2310.
- Sandulescu, N., Blomqvist, J., Liotta, R.J., 1994. Microscopic description of light Sn isotopes. *Nuclear Physics A* 582, 257-269.
- Seweryniak, D., Carpenter, M.P., Gros, S., Hecht, A.A., Hotelling, N., Janssens, R.V.F., Khoo, T.L., Lauritsen, T., Lister, C.J., Lotay, G., Peterson, D., Robinson, A.P., Walters, W.B., Wang, X., Woods, P.J., and Zhu, S., 2007. 50 Single-Neutron States in ^{101}Sn . *Physical Review Letters*, 99 022504, 022504-1 - 022504-4.
- Sohler, D., Cederkäll, J., Lipoglavšek, M., Dombrádi, Zs., Górska, M., Persson, J., Seweryniak, D., Ahmad, I., Atac, A., Bark, R. A., Blomqvist, J., Carpenter, M. P., Cederwall, B., Davids, C. N., Fahlander, C., Fischer, S. M., Grawe, H., Hackman, G., Janssens, R. V. F., Johnson, A., Kerek, A., Klamra, W., Kownacki, J., Lister, C. J., Mitarai, S., Nisius, D., Norlin, L.-O., Nyberg, J., Poli, G., Reiter, P., Ressler, J. J. G., Roth, H. A., Schwartz, J., Sletten, G.,

Uusitalo, J., Walters, W. B. ve Weiszflog, M., 1999. Yrast states of the proton drip line nucleus ^{106}Sb . Physical Review C, 59, 3.

Talmi, I., 1993. Simple Models of Complex Nuclei. Harwood Academic Publishers, 1074p. New York

Tighe, R. J., Moltz, D. M., Batchelder, J. C., Ognibene, T. J., Rowe, M. W., Cerny, J., 1994. Evidence for the ground-state proton decay of ^{105}Sb . Phys. Rev. C 49, R2871.

Vallieres, M., Noveselsky A., 1993. Drexel University Shell Model (DUSM) algorithm. Nuclear Physics A 570, 345c.

Wildenthal, B.H., Brown, B. A., Ann. Rev. Nucl. Part. Sci. 38(1988)

Yakhelef A., Bouldjedri A., 2012, Shell Model Calculation for Te and Sn isotopes in vicinity of ^{100}Sn . AIP Conf. Proc. 1444, 199(2012)

ÖZGEÇMİŞ

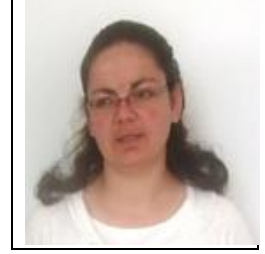
Adı Soyadı : Öznur DEMİRÖRS

Doğum Yeri ve Yılı : Uluborlu -1985

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dil : İngilizce

E-posta : oznurdemirors@hotmail.com, oznurdemirors@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Uluborlu Çok Programlı Lisesi,2003

Önlisans : SDÜ, Uluborlu Selahattin Karasoy MYO, Endüstriyel Elektronik Bölümü (Bölüm Birincisi)

Lisans : Bozok Üniversitesi, FEF, Fizik Bölümü (Bölüm İkincisi)

Mesleki Deneyim

Fizik Öğretmenliği, Sütçüler Çok Programlı Lisesi, 2011-2012

Yayınları

Demirörs, Ö., Dikmen, E.,2013,^{102,104,106}Te İzotoplarının Kabuk Modeli Hesaplamaları, VI. International Workshop on Nuclear Structure Properties, 18-20 Eylül, Karabük, 33.

Demirörs, O, Dikmen, E., 2013, Shell Model Calculations of Te Isotopes, Fourth International Conference on Nuclear Fragmentation From basic Research To Applications ,28 Eylül-6 Ekim, Kemer (Antalya),93.

Demirörs, O., Dikmen, E., 2013, Hafif ^{103,105,107} Te izotoplarının Kabuk Modeli Hesaplamaları, Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Volume 1,185-190.

Demirörs, O., Dikmen, E.,2014, ¹⁰⁸Te Çekirdeğinin Kabuk Modeli Hesaplamaları, Adım Fizik Günleri III, 17-18 Nisan, Isparta, 147.