

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZİK ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

A~90 CİVARINDAKİ BAZI İZOTOPLARDA
KARMA - SİMETRİ DURUMLARININ
İNCELENMESİ

SİNAN YAŞAR

DANIŞMAN
Prof. Dr. İhsan ULUER

HAZİRAN 2005

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürünün Onayı.

Prof. Dr. M. Yakup ARICA

Müdür



Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak Fizik Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İhsan ULUER

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarız.

Prof. Dr. İhsan ULUER

Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. İhsan ULUER

Doç. Dr. Ali ÇOBAN

Doç. Dr. Şerafettin EREL

ÖZET

A~90 CİVARINDAKİ BAZI İZOTOPLARDA KARMA - SİMETRİ DURUMLARININ İNCELENMESİ

YAŞAR, Sinan

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. İhsan ULUER

Haziran 2005, 56 sayfa

Bu tez çalışmasında, A ~ 90 civarındaki bazı izotopların B(E2) ve B(M1) geçiş olasılıkları ve (E2/M1) kutupsal karışım oranları , Etkileşen Bozon Yaklaşımı (IBA) kullanılarak hesaplandı. Hesaplamalarda PHINT program kodu kullanıldı. İlgili parametreler programda yapılan düzenlemelerle İterasyon Metodu kullanılarak bulundu. Sonuçlar deneysel verilerle ve önceki teorik çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırıldı.

Anahtar Kelimeler: Kutupsal Karışım Oranı, B(E2) ve B(M1) Geçiş Olasılıkları, Etkileşen Bozon Modeli, İterasyon Metodu, PHINT Program Kodu, Karma Simetri.

ABSTRACT

THE INVESTIGATION OF THE MIXED SYMMETRY STATES FOR SOME ISOTOPES AT THE $A \sim 90$ REGION

YASAR, Sinan

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Physics, M.Sc.Thesis

Supervisor: Prof. Dr. İhsan ULUER

June 2005, 56 Pages

The $B(E2)$ and $B(M1)$ transition probabilities in the $A \sim 90$ region are calculated for some isotopes by the use of the Interacting Boson Model. The $B(E2)$ and $B(M1)$ transition probabilities and $(E2/M1)$ multipole mixing ratio are also determined by the help of the PHINT Program Code and Iteration Method. The results are compared with the experimental ones and the previous calculations.

Keywords: Multipole Mixing Ratio, $B(E2)$ and $B(M1)$ Transition

Probabilities, Interacting Boson Model, PHINT Program

Packing, Iteration Method, Mixed Symmetry.

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarımnda bana göstermiő olduğu engin özveri ve sabrı dolayısı ile danışman hocam ve bölüm baőkanım sayın Prof. Dr. İhsan ULUER 'e, yoğun çalıőmalarımnda bana gösterdikleri anlayıőtan dolayı annem , babam , kardeşim Tamer'e , Kırıkkale'de beni iki yıl boyunca hemen her hafta iki gün ağırlamaktan usanmayan ağabeyim ve yengeme, bana emeiği geçmiő tüm Fizik Bölümü çalıőanlarına, özellikle sayın Araő.Gör. Dr. Harun Reőit YAZAR'a minnettarım.

Ayrıca yazıőmalarımnda beni hiç cevapsız bırakmayan Prof. Dr. Norbert Pietralla (A.B.D. Newyork, Stony Brook, State Üniv.) 'ya , istediğim yayın ve bildirileri posta ile göndermekten çekinmeyen ve İstanbul (Nuclear Collective Dynamics II – 2004) ve Bodrumdaki (Fizik Kongresi - 2004) görüşmelerimizde bana yol gösteren Prof. Dr. Piet Von Isacker (Fransa – GANIL) 'e teşekkür ederim.

Çalışmalarında beni hiç yalnız bırakmayan biricik kardeşim TAMER ' e ...

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| İTHAF | iv |
| İÇİNDEKİLER..... | v |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | vii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | viii |
| SİMGELER DİZİN..... | ix |
| KISALTMALAR | ix |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1. Kaynak Özetleri | 2 |
| 1.2. KarmaSimetri | 4 |
| 1.3. Çalışmanın Amacı | 4 |
| 2. MATERYAL VE YÖNTEM | 6 |
| 2.1. Etkileşen Bozon Modelinin Genel Yapısı (IBA)..... | 6 |
| 2.2. IBA-1 ve Temel Nitelikleri..... | 7 |
| 2.3. Dinamik Simetriler ve Geometrik Karşılıkları | 7 |
| 2.4. İzospin ve F-spin | 8 |
| 2.5. Karma Simetri Durumları..... | 13 |
| 3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA | 16 |
| 3.1 Sayısal Hesaplama Yöntemi ve Parametreler | 16 |
| 3.2 İterasyon Metodu | 19 |
| 3.3. B(M1) ve B(E2) Oranlarının Hesaplanması | 20 |

| | | |
|------|---|----|
| 3.4. | Molibden ($^{94}_{42}\text{Mo}_{52}$) İzotopunun İncelenmesi | 21 |
| 3.5 | Rutenyum ($^{100}_{44}\text{Ru}_{56}$) İzotopunun İncelenmesi. | 25 |
| 3.6. | Palladyum ($^{104}_{46}\text{Pd}_{58}$) İzotopunun İncelenmesi. | 31 |
| 4. | SONUÇ | 37 |
| 4.1. | $^{94}_{42}\text{Mo}_{52}$ İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi | 38 |
| 4.2. | $^{100}_{44}\text{Ru}_{56}$ İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi | 39 |
| 4.3. | $^{104}_{46}\text{Pd}_{58}$ İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi | 40 |
| | KAYNAKLAR | 42 |
| | EK1 - ITERASYON SONUÇLARI | 45 |
| | EK2 - PHINT ENERJİ SEVİYELERİ SONUÇLARI | 55 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Çizelge 3.1. A ~ 90 civarında incelenen izotopların elde edilen en uygun Hamiltonyen katsayıları..... | 18 |
| Çizelge 3.2. $^{94}_{42}\text{Mo}_{52}$ İzotopunda hesaplanan bazı B(E2) geçiş olasılıkları..... | 24 |
| Çizelge 3.3.a $^{94}_{42}\text{Mo}_{52}$ İzotopunda hesaplanan bazı B(M1) geçiş olasılıkları... | 24 |
| Çizelge 3.3.b $^{94}_{42}\text{Mo}_{52}$ İzotopunda hesaplanan μ_N^2 biriminden bazı B(M1) geçiş olasılıkları | 25 |
| Çizelge 3.4. $^{100}_{44}\text{Ru}_{56}$ İzotopunda hesaplanan bazı B(E2) geçiş olasılıkları..... | 28 |
| Çizelge 3.5. $^{100}_{44}\text{Ru}_{56}$ İzotopunda hesaplanan bazı B(M1) geçiş olasılıkları..... | 28 |
| Çizelge 3.6. $^{104}_{46}\text{Pd}_{58}$ çekirdeğinde hesaplanan bazı B(E2) geçiş olasılıkları... | 34 |
| Çizelge 3.7. $^{104}_{46}\text{Pd}_{58}$ çekirdeğinde hesaplanan bazı B(M1) geçiş olasılıkları... | 34 |
| Çizelge 4.1. $^{94}_{42}\text{Mo}_{52}$ İzotopunda belirli bazı geçişlerin kutupsal karışım oranları ile İterasyon Metoduyla bulunan katsayı ve değerler..... | 38 |
| Çizelge 4.2. $^{100}_{44}\text{Ru}_{56}$ İzotopunda belirli bazı geçişlerin kutupsal karışım oranları ile İterasyon Metoduyla bulunan katsayı ve değerler..... | 39 |
| Çizelge 4.3. $^{104}_{46}\text{Pd}_{58}$ İzotopunda belirli bazı geçişlerin kutupsal karışım oranları ile İterasyon Metoduyla bulunan katsayı ve değerler.. | 40 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Şekil 2.1. Ayna çekirdeklere bir örnek..... | 10 |
| Şekil 2.2. Bir grup izotop için nükleon durumları..... | 11 |
| Şekil 3.1. $^{94}_{43}\text{Tc}$ çekirdeğinin elektron yakalama olayı ile $^{94}_{42}\text{Mo}$ çekirdeğine bozunumu şeması..... | 23 |
| Şekil 3.2. $^{100}_{43}\text{Tc}$ çekirdeğinin β^- olayı ile $^{100}_{44}\text{Ru}$ çekirdeğine bozunumu..... | 27 |
| Şekil 3.3. İterasyon metoduyla elde edilen E2SD değerlerinin B(E2) oranına karşılık grafiği..... | 29 |
| Şekil 3.4. İterasyon metoduyla elde edilen M1 değerlerinin B(M1) oranına karşılık grafiği..... | 30 |
| Şekil 3.5. $^{104}_{45}\text{Rh}$ çekirdeğinin β^- olayı ile $^{104}_{46}\text{Pd}$ çekirdeğine bozunumu..... | 33 |
| Şekil 3.6. İterasyon metoduyla elde edilen E2SD değerlerinin B(E2) oranına karşılık grafiği | 35 |

SİMGELER DİZİNİ

| | |
|--|---|
| E2 : Elektriksel Kuadropol Geçiş | M1 : Manyetik Dipol Geçiş |
| Q_{EC} : Elektron Yakalama Enerjisi | β⁻ : Beta Bozunumu |
| Δ(E2/M1) : İndirgenmiş Karışım Oranı | δ(E2/M1) : Karışım Oranı |
| Mo : Molibden Çekirdeğinin Sembolü | Ru : Rutenyum Çekirdeğinin Sembolü |
| Pd : Palladyum Çekirdeğinin Sembolü | I : Nükleer Spin |
| n : nötron | p : proton |
| N_p : Proton-Proton Bozon sayısı | N_v : Nötron-Nötron Bozon sayısı |
| β₂ (ve ya β) : Deformasyon Parametresi | Q : Kuadropol Moment |
| B(E2) : Elektriksel Kuadropol Geçiş Olasılığı | B(M1) : Manyetik Dipol Geçiş Olasılığı |

KISALTMALAR

| | |
|-----------------------------|---|
| MS | : Mixed Symmetry (Karma Simetri) |
| IBA (IBM) | : Etkileşen Bozon Modeli |
| ve ark. | : ve arkadaşları |
| Phys.of At.Nucl. | : Physics of Atomic Nuclei |
| Phys.Rev. | : Physical Review |
| Can. J.Phys. | : Canadian Journal of Physics |
| Nucl.Phys. | : Nuclear Physics |
| Phys.Rev.Lett. | : Physical Review Letters |
| J.Phys.Soc.Jpn. | : Journal of Physical Society of Japan |
| Rev.Mod.Phys. | : Reviews of Modern Physics |
| Ac. Phys. Pol. | : Acta Physica Polonica |
| J.Phys. | : Journal of Physics |
| J.Phys.G: Nucl.Phys. | : Journal of Physics G: Nuclear Physics |
| Phys.Scr. | : Physics Scripta |
| Aus.J.Phys. | : Australian Journal of Physics |

1. GİRİŞ

Karma simetri (MS) durumları, nükleer fizikte deneysel çalışmaların artmasıyla, her gün biraz daha iyi sistematize edilen ve belirginleşen ilginç bir araştırma konusudur ⁽¹⁾. Çekirdek çok parçacıklı bir sistem olup, bu sistemin şekli ve özellikleri, çekirdekte mevcut olan nükleonların sayısı ile tanımlanır. Karma simetri durumlarının incelenmesi bu nükleonların çeşitli formlarda tanımlanmasıyla daha da netleşmiştir. Bu konuda çalışan fizikçiler nükleonları proton-proton bozon ve nötron-nöron bozonları şeklinde bir izospin ikili formunda etiketlemişlerdir ⁽²⁾.

Karma simetri durumları $A=50$ den 240 a kadar olan bölgede gözlemlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmaların henüz sınırlı sayıda olduğu söylenebilir. Bu sistematikler yapılırken etkin bozon sayıları kavramı kullanılmakta olup, ağırlıklı olarak seçilen parametrelerin mantıklı ve tutarlı olması göz önüne alınmıştır.

Bozon-izospin sınıflandırması bir *F-spin* ile tanımlanmıştır ⁽³⁾. F-spin çekirdekte tahmini bir kuantum numarası olup maksimum olmayan F-spin kuantum numaraları *Karma Simetri Durumları (MSS's)* olarak adlandırılmışlardır ⁽³⁾. $A\sim 90$ civarı çift-çift çekirdekler için bütün olarak az sayıda deneysel ve teorik çalışma yapılmıştır. Özellikle ^{94}Mo ve $^{96,100}\text{Ru}$ üzerinde ilgi çekici çalışmalar yapılmaktadır ⁽³⁾. Bu nedenle $A\sim 90$ civarındaki bazı çift-çift çekirdeklerin nükleer yapılarının incelenmesi çok ilgi çekici bir

konudur ⁽⁴⁾. Bu çalışmada ⁹⁴Mo, ¹⁰⁰Ru ve ¹⁰⁴Pd izotoplarındaki Karma simetri durumları araştırılmış ve *İterasyon Metoduyla* konuya bir başka açıdan yaklaşmıştır.

1.1. Kaynak Özetleri

Lo Ludice ve Palumbo ⁽⁵⁾ MS durumunun çok yönlü 2Q fonon 1⁺ durumu için rotasyonel çekirdekte çalışmışlardır.

Çapraz mod ilk olarak 1980 lerde Richter ⁽⁶⁾ tarafından yapılan elektron saçılım deneylerinde keşfedildi.

N. Pietralla ⁽³⁾ ve arkadaşları ⁹⁶Ru üzerinde 2⁺,3⁺ 2 Q fonon durumları üzerinde çalışmışlardır.

N. Pietralla ⁽³⁾ ve arkadaşları Cologne 'deki TANDEM hızlandırıcısında ⁹⁴Mo üzerindeki ⁹⁴Tc^m, eβ⁺ deneylerini yapmışlardır.

N. Pietralla ⁽³⁾ ve arkadaşları Kentucky Üniversitesindeki Elektrostatik hızlandırıcı ile Stuttgart DYNAMITRON Hızlandırıcısını kullanarak ⁹¹Zr(α,n) ⁹⁴Mo reaksiyonunu gerçekleştirmişlerdir.

N. Pietralla ⁽⁷⁾ ve arkadaşları ⁹¹Zr(α,n) ⁹⁴Mo reaksiyonunda Doppler Değişim Metodunu kullanarak kuantum spin numaraları, ömürleri, bozunum geçişlerinin değerleri ve multipolaritelerini bulmuşlardır.

N. Pietralla ⁽³⁾ ve arkadaşları Kentucky Üniversitesindeki Elektrostatik hızlandırıcıda ⁹⁴Mo(n,n'γ) deneyini gerçekleştirdiler.

H. Klein ⁽³⁾ ve arkadaşları ⁹⁶Ru üzerinde 2_{ms}⁺ ve 3_{ms}⁺ karma simetri durumları üzerinde çalışmışlardır.

R. F. Casten ⁽⁸⁾ ve arkadaşları ⁹⁶Ru üzerinde 2_{ms}^+ karma simetri durumlarının Kulomb uyarılmaları üzerinde çalışmışlardır.

K. Chaturvedi ⁽⁹⁾ ve arkadaşları ¹⁰⁰Mo nin İki nötrino çift beta ($2\nu\beta\beta$) reaksiyonu ile ¹⁰⁰Ru un 2^+ durumuna bozunumlarını incelemişlerdir.

C. Fransen ⁽⁴⁾ ve arkadaşları ⁹⁴Mo üzerinde düşük spinli toplu durumlar üzerinde geniş bir çalışma yapmışlardır.

C.M.Lederer ve arkadaşları ⁽¹⁰⁾ ise çift-çift Mo ve Ru çekirdeklerinin gamma ışını spektroskopisi ile uyarılmış durumları incelemiştir.

M.Behar ve arkadaşları ⁽¹¹⁾ ⁹⁴Mo çekirdeğinin geçişlerindeki karışım oranları ve düzey spinlerini çalışmışlardır.

J.Barette ^(12,13) , P.Paradis⁽¹⁴⁾ , Landsberger ve arkadaşları ⁽¹⁵⁾ ise, Ru çekirdeklerinin de dahil olduğu A=100 civarındaki çekirdeklerin elektromanyetik özelliklerinin kısmi bir sistematiğini çıkarmışlardır.

J.H.Hirata ve arkadaşları ise ⁽¹⁶⁾ , ^{100,102,104}Ru çekirdeklerindeki ilk 2^+ uyarılmış hallerinin elektromanyetik özelliklerini incelemişlerdir.

A.Giannatiempo ve arkadaşları da son zamanlarda ⁽¹⁷⁾ yaptıkları çalışmalarda Pd zincirindeki karma simetri hallerini IBM-2 yaklaşımı ile incelemişlerdir.

J.Lange ve arkadaşları ⁽¹⁸⁾ bazı çift-çift Mo ve Pd çekirdeklerinin geçişlerinin E0-E2-M1 kutupsal karışımlarını incelemişlerdir.

1.2. Karma Simetri

Karma Simetrik (MS) durumlar çift-çift çekirdekte $A=50$ den 240 a kadar olan kütle bölgesinde gözlenmiştir. Protonlar ve nötronların kollektif hareketlerinin aynı fazda olmadığı durumlar oldukça ilginçtir. Bu durumlar '*Karma Simetri*' olarak adlandırılır. Çünkü proton - nötron serbestlik dereceleri simetrik değildir. Vibrasyonel ve γ -yayıcı çekirdeğin en düşük enerjili karma simetri durumu 2^+ olup yaklaşık 2 MeV de meydana gelmektedir .

Rotasyonel çekirdekte ise durum en düşük 1^+ düzeyi civarında olup yaklaşık 3 MeV enerjili MS düzeyindedir⁽¹⁹⁾ .

M1 ve E2 matris elemanları, Karma simetrik (MS) ile düzenli durumlar arasındaki geçişler için konuyla ilgili olan en önemli niceliklerdir ki bunların belirlenmesi B(M1) ve B(E2) geçiş olasılıkları ve kutupsal karışım oranları için önemlidir.

Bölüm 1.1.'de belirtilen tüm çalışmalarda; nötron-nötron bozon ile proton-proton bozon numaraları kapalı kabuklar dışındaki nükleon yada deşiklerin sayımı ile hesaplanmıştır.

1.3. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada Etkileşen Bozon Modeli kullanılarak $A \sim 90$ civarındaki bazı çift-çift çekirdeklerin enerji düzeyleri, B(E2) ve B(M1) geçiş olasılıkları, (E2/M1) kutupsal karışım oranları ile Karma Simetri durumları incelenecektir. Tüm bu incelemeler için eldeki deneysel sonuçlar⁽¹⁷⁻²²⁾ kullanılacaktır. Bu deneysel sonuçlardan hareketle her bir izotop için PHINT program kodu

kullanılarak $B(M1)$ ve $B(E2)$ geçiş olasılıkları hesaplanacaktır. Bu hesaplamalar için gerekli parametreler ise İterasyon metodu kullanılarak elde edilecektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Etkileşen Bozon Modelinin Genel Yapısı (IBA {IBM})

Etkileşen Bozon Yaklaşımı Nükleer Yapı Modelleri arasında yerini alan ve sürekli genişletilerek teorik alanlarda kullanılan bir model olmuştur ⁽²³⁾.

Bu modelde nötron ve protonların çiftlenme eğiliminde olduğundan bahsedilmekte ve nükleon çiftleri bozon (spin açısal momentumu tamsayı değerindeki parçacıklar) olarak tanımlanmaktadır. Arima ve Iachello ⁽²⁴⁾ 'nin geliştirdikleri bu model, aslında sınırlı sayıda etkileşen bozon sisteminden ibaret olan bir çekirdeğin basit tanımınıdır.

Model , bize problemin çözümünü analitik olarak üç özel bozon etkileşimi veya limiti olarak sunabilmektedir . Bu limitler ; ya bir küre, ya iki eşit eksenli bir elipsoid veya gama-yayıcı olarak adlandırılan enerji kaybı yapmaksızın sıkılmış bir elipsoid şeklinde ifade edilebilen görünüşleri içerir.

Bu etkileşimler bir nükleer şekilden diğerine sürekli geçişi tanımlamaktadır.

Etkileşen Bozon Modeli'nin ilk versiyonunda , (IBA-1 {IBM-1}) ⁽²⁴⁾ proton-proton ve nötron-nötron bozonları özdeş kabul edilerek ele alınmıştır.

Modelin bundan sonraki versiyonu olan (IBA-2 {IBM-2}) ⁽²⁵⁾ 'de ise proton-proton bozonları ile nötron-nötron bozonları birbirlerinden ayrı çiftler halinde ele alınarak işlem yapılır.

Yukarıda verilen iki versiyon (IBA-1 ve IBA-2) çift çekirdeklerin uyarılma enerjileri, B(E2) değerleri ve E2/M1 karışım oranları gibi özelliklerini belirlemede idealdirler ⁽¹⁷⁾ . Tek çekirdeklere ve tek çekirdekler ile çift

çekirdekleri tek şemada ele alan süpersimetrik durumlarda, yine bu modelin ayrı bir türü olan Etkileşen Bozon-Fermiyon Modeli (IBFA) kullanılır ^(26,27) .

2.2. IBA-1 ve Temel Nitelikleri

IBM temel olarak Kabuk modelini baz alır. Kabuk modelinin kapalı kabukların komşularına uygulanması mümkün olmamaktadır. IBM-1 'in temel nitelikleri şöyle sıralanabilir ⁽²⁴⁾ ,

İlk olarak ; valans nükleonlar, dağılmış çiftler gibi davranırlar. Yani proton ve nötron farkı gözetmeksizin nükleonlar basit çiftlerin lineer kombinasyonu olarak alınırlar. Daha üst yarı kabukta ise boşluklar (deşik), parçacıklarla yer değiştirmiş durumdadır. İkinci olarak; çift-çift çekirdeklerin düşük kollektif durumlarına uygulanmak üzere belirlenmiştir. Üçüncü bir nitelik ise; IBA 'da bozonlar $L=0$ (s) ve $L=2$ (d) olmak üzere iki farklı düzeyde bulunabilirler. Bunlar s ve d bozonlarıdır. Son bir özellik olarak ta; IBA ' da Hamiltonyen denklemini, bozonların tek cisimli enerjileri ile tüm iki cisimli etkileşmeler belirler ⁽²⁴⁾ .

2.3. Dinamik Simetriler ve Geometrik Karşılıkları

Dinamik Simetriler, IBA 'nın en temel özelliği olup, Hamiltonyenin üç limitte üç basit analitik çözümü vardır. Her bir Dinamik Simetri bir grupta ilişkilidir. IBA-1'in dinamik simetrilerince elde edilen spektrumlar, geometrik model ^(28,29) 'in sınır durumları ile açıklanabilir. Böylece bu sınırları şöyle verebiliriz ⁽²⁸⁾ ;

Dinamik Simetrisinin Adı

Geometrik Karşılığı

U(5) Dinamik Simetrisi

Harmonik Olmayan Titreşici

SU(3) Dinamik Simetrisi

Eksenel Rotor

O(6) Dinamik Simetrisi

γ - Soft (Yayıcı) Rotor

2.4. İzospin ve F-Spin

Nükleer kuvvetlerin yükten bağımsız olması, bazı durumlarda nötron ve protonlar arasındaki formalizmde ayırım yapmak gerekmediği anlamına gelebilir. Nötron ve proton, nükleon denilen tek bir parçacığın farklı iki durumu olarak ele alınabilir. Nükleona izospin olarak adlandırılan bir spin vektörü karşılık getirilir. Elektromanyetik alan olmadığı durumlarda nükleonun iki dejenere durumu, benzer şekilde manyetik alan olmadığı durumlarda bir nükleonun iki dejenere spin durumu gibi, protona keyfi olarak atfettiği “izospin-yukarı” ve nötrona eşlik ettirdiği “izospin-aşağı”dır.

Yani, izospin kuantum sayısı $t = 1/2$ olan bir nükleon için, bir proton $m_t = + 1/2$ ve bir nötron $m_t = - 1/2$ değerine sahiptir. Bu izdüşümler, x,y,z koordinat sisteminin laboratuvar z ekseninden ayırt etmek için eksenlerini 1, 2 ve 3 olarak gösterilen koordinat sisteminde, “ eksen -3” denilen keyfi eksene göre ölçülür. İzospin, açısal momentum vektörleri için geçerli olan genel kurallara uyar.

Birkaç nükleonlu bir sistem için, izospin, basit açısal momentum vektörleri ile aynı kurallara uyar. Örneğin, iki – nükleonlu bir sistemin T

toplam izospini, iki $\frac{1}{2}$ - izospin vektörünün anti paralel veya paralel yönelimlerine karşılık gelen, (yarı klasik olarak) sıfır veya bir değerine sahip olur. Toplam izospin vektörünün eksen-3 bileşeni, T_3 , nükleonların eksen-3 bileşenlerinin toplamıdır ve böylece herhangi bir nükleon için, \hbar birimlerinde

$$T_3 = \frac{1}{2}(Z - N) \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilir.

Belirli bir çekirdek için T_3 , nötron ve protonların sayısıyla bulunur.

Herhangi bir T_3 değeri için T toplam izospin kuantum sayısı en büyük değeri $|T_3|$ olan değerlerden birini alabilir.

Ayna çekirdekler dikkate alınırsa bunlar aynı A(kütle numarası)' ya sahip ve aynı A tek olmakla birlikte çekirdeklerden birinde tek nükleon bir nötron, diğesinde ise bir protondur. Örneğin ${}^{12}_6C_6$ a bir proton eklenirse ${}^{13}_7N_6$, eğer bir nötron eklenirse ${}^{13}_6C_7$ olur. Bu iki çekirdek farklı bağlanma enerjilerine sahiptir. Çünkü ${}^{13}N$ β^+ ışınmasıyla ${}^{13}C$ na geçer ve bu sırada 2.2 MeV lik bir enerji açığa çıkar. Bununla beraber bu farkı ${}^{13}N$ da ki ek protonun Coulomb enerjisinden n-p kütle farkını çıkararak elde edebileceği düşünülebilir. Bu fazla protonun Coulomb enerjisi

$$\Delta E_c = \frac{3e^2}{5R} [z^2 - (z-1)^2] \quad (2.2)$$

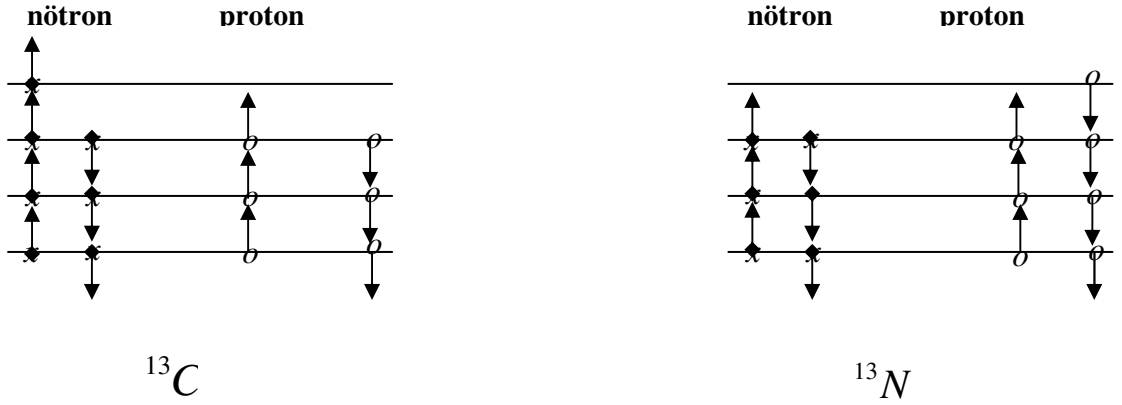
şeklinde gösterilebilir. Böylece açığa çıkan enerji

$$\Delta E_c - (m_n - m_p)c^2 \quad (2.3)$$

olur. Yani p ve ${}^{12}C$ ile n ve ${}^{12}C$ ile oluşan sistemlerdeki nükleer kuvvet bir birinin aynıdır. Dolayısı ile nükleer kuvvet yük bakımından simetriktir. Diğer bir

deyim ile eğer reaksiyon bir yüklü nükleondan bir yüksüz nükleona değiştirilirse etkileşimin nükleer kısmında bir şey fark etmez.

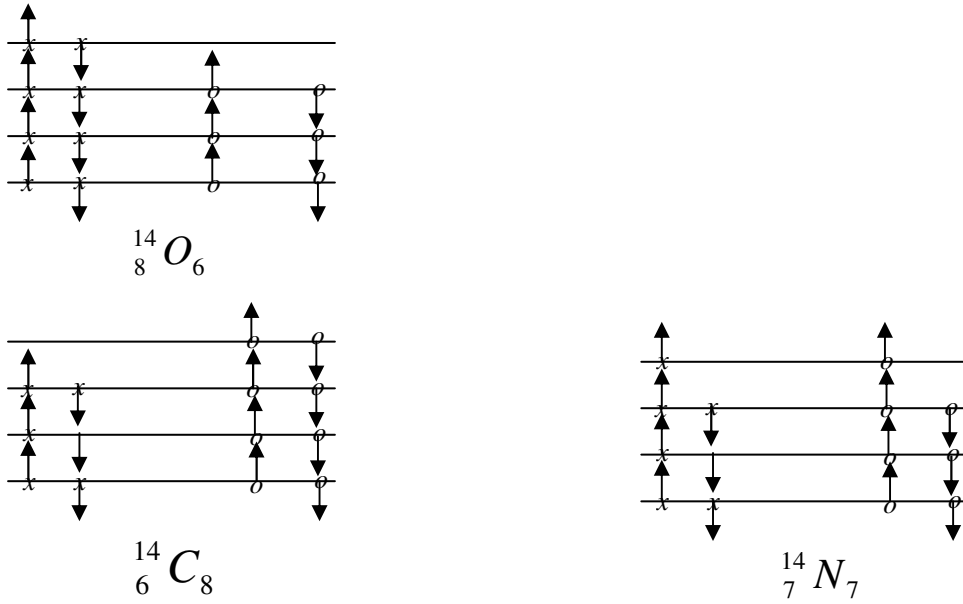
Şekil 2.1'deki yatay şekiller belli yörüngeleri göstermektedir. Dolayısı ile her yörünge dışarlama ilkesi nedeni ile en fazla 4 parçacık alabilir. Yani proton spinini yukarı, proton spin aşağı ve nötron spin yukarı, nötron spin aşağıdır. Buradan ^{13}N ve ^{13}C arasında yükle bağlı simetri açıkça görülmektedir.



Şekil 2.1. Ayna çekirdeklere bir örnek.

Yine de nükleer kuvvetin yüke bağlı olduğu düşünülebilir. Çünkü burada sadece ayna çekirdeklere p – p ve n – n kuvvetlerinin aynı olduğu gösterilmiştir. n – p kuvvetlerini karşılaştırmak için son çifti farklı çekirdekleri göz önüne almak gerekir.

Bunlar ${}^{12}_6C_6$ 'na eklenildiğinde ${}^{14}_8O_6$, ${}^{14}_7N_7$, ${}^{14}_6C_8$ elde edilir.



Şekil 2.2. Bir grup izotop için nükleon durumları.

Şekil 2.2'de görüldüğü gibi ${}^{14}C$ ve ${}^{14}O$ yük simetrisi dışında aynıdır. Bunlara benzer şekilde ${}^{14}N$ 'ün tam bunlara karşılık gelebilecek $2.31 MeV$ de bir uyarılmış durumu vardır.

Birbiriyle ilişkili üç durumun bulunması gerçeği nükleer kuvvetlerin yükten bağımsız olduklarını ve p-p , n-p ve n-n kuvvetlerinin özdeş olduklarını gösterir.

Bu çekirdeklerdeki ortak durum sistemleri büyük ölçüde yük üçlüsü (*Triplet*) oluşturur. Ortak çekirdekteki daha simetrik durum ise bir yük tekli (*Singlet*) oluşturur. Benzer şekilde ayna çekirdekler bir yük ikilisi (*Doublet*) oluşturur.

Yük Tripleti, $T=1$ izospinine ve $2T+1$ bileşimine sahiptir. Bu bileşenler açısal momentumun z eksenini boyunca müsaade edilen izdüşümlerine

benzer şekilde izospinin gerçekte olmayan bir izospin uzayındaki bir eksen üzerindeki izdüşümleridir. Bu izdüşümler T_z veya T_3 için; $-1, 0, +1$ olur. Benzer şekilde Singlet için $T=0$ ve $T_3 = 0$ dir. Doublet ise $T=1/2$, $T_3 = \mp 1/2$ dir.

Buradaki alt durumlar enerji bakımından dejeneredir. Yani hepsi aynı bağlanma enerjisine sahiptir.

Böylece ^{14}C ve ^{14}O deki tüm durumlar $T= 1$ ve $T_3= \mp 1$ dir. ^{14}N deki en düşük durum ise $T=0$, $T_3= 0$ dir. Bunun bazı uyarılmış durumlarında $T=1$, $T_3= 0$ dir. ^{13}C ve ^{13}N ayna çekirdekleri için $T = 1/2$ ve $T_3 = \mp 1/2$ dir.

İzospin formalizmi anlaşılır bir şekilde bozon düzeylerine uygulanabilir. Yani bozonlar “ temel parçacıklar” olarak düşünülebilir. Bu $+1/2$ (proton-proton bozonu) veya $-1/2$ (nötron-nötron bozonu) projeksiyonlarının bir *izospin doubleti* oluşturduğu düşünülür ⁽³⁰⁾ .

Proton-proton ve nötron-nötron bozonlarını ayırabildiği için F-spin kuantum numarası bu modelde durumları sınıflandırmak ⁽³⁰⁾ için kullanılır. Yalnızca bir π (proton-proton) bozonu için $F = 1/2$ ile $F_z = +1/2$ ve bir ν (nötron-nötron) bozonu için $F_z = -1/2$ dir. İki bozonda sırasıyla $\pi\pi, \pi\nu$ ve $\nu\nu$ kombinasyonları ⁽³⁰⁾ için $F = 1, F_z = 1, 0, -1$ ile simetrik durumların üçüyle birleştirilebilir. $\pi\nu$ sistemi için $F = F_z = 0$ *antisimetrik* bir durumdur. Çünkü bozon dalga fonksiyonu her yerde simetrik olmalı, yörünge dalga fonksiyonu $sd -$ uzayında ^(23,30) $F=1$ için simetrik ve $F = 0$ için antisimetriktir. Bu yapı yüksek bozon numaralarına genişletilebilir. N (toplam) bozonlarının tüm durumları , antisimetrik bozon çiftleri içermiyorsa $F = N/2$ dir. Bunlar IBA-1

ile tanımlanan durumların eşitidir. Bütün diğer durumlar IBA-2 de karma simetri durumlarıdır. Bir tane antisimetrik bozon çifti içeren durumlar $F = (N/2) - 1$ 'e sahiptir ve deneysel olarak gözlenen 1^+ ve 2^+ durumlarını içerir.

İzospin simetrisi sistemlerin temel simetrilerinden birini simgeler.

Son nükleer yapı çalışmaları , özellikle aşırı izospin değerlerinde nükleer kabuk yapısının ayrıntılı çalışılması gerektiğini göstermiştir ⁽⁴⁾ .

2.5. Karma Simetri Durumları

MS durumları IBA – 2 modeli ile birlikte belirlenmiştir. Bu model MS durumlarının bozunma karakterlerinin göreceli basit bir açıklamasını yapabilmektedir. Halbuki , çoğu teorik çabalar kolektif uyarılmanın bu yeni türünü anlamaktan uzaktır ve bunların çoğu IBA yi kullanırken diğerleri Faessler ⁽³¹⁾ 'in metodunu kullanır. IBA da Vibrasyonel U (5), Rotasyonel SU(3) ve γ - Soft (yayıcı) O (6) limitlerine uygun olarak üç dinamik simetri vardır. Bir çekirdek , bu simetrilerin biriyle iyi bir şekilde tanımlanabilir ve geçiş bölgelerinde bu simetrilerin karışımına sahip olabilir ⁽³⁰⁾ .

MS ile düzenli durumlar arasındaki geçişlerle en çok ilgili nicelikler , M1 ve E2 matris elemanlarıdır. Çünkü bunlar B(M1) ve B(E2) geçiş olasılıklarını ve multipol karışım oranlarını belirler.

Bozon sayıları, en yakın kapalı kabuktan proton-proton ve nötron-nötron bozonlarının sayılarının sayılması ile bulunur. Etkin bozon yükleri (e_π ve e_ν) $2_1^+ \rightarrow 0^+$ geçişlerinin $B(E2)$ değerlerinden elde edilir ⁽²⁾ .

Morrison ⁽³²⁾, $O(6)$ limiti ile izotopların yapısını incelerken bu metodu kullandı. Vibrasyonel çekirdekte 2_1^+ düzeyi, saf bir d-bozonun simetrik konfigürasyonudur ve rotasyonel çekirdekte $K^\pi = 0^+$ temel durum bandının bir üyesi ve enerji bakımından $2^+(K^\pi = 1^+)$ MS düzeyinden $\sim 3\text{MeV}$ kadar uzaktır.

N_i ve e_i ye bağlı olarak $B(E2)$ ifadesi ,

$$B(E 2; 2^+ \rightarrow 0^+) = K (N_\pi e_\pi + N_\nu e_\nu)^2 \quad (2.4.)$$

olur ve üç simetri için :

$$K = 1/N \quad (U(5) \text{ limitli })$$

$$K = (2N + 3)/5N \quad (SU(3) \text{ limitli })$$

$$K = (N + 4)/5N \quad (O(6) \text{ limitli })$$

şeklinde. Burada $N = N_\pi + N_\nu$ dur. Bir parçacık için en uygun limiti kararlaştıran bu kriter bozunma, planının genel özelliklerine dayandırılır.

(2.4.) eşitliği aşağıdaki gibi düzenlenebilir.

$$\frac{[B(E2)/K]^{1/2}}{N_\pi} = e_\pi + e_\nu \frac{N_\nu}{N_\pi} \quad (2.5.)$$

İzotoplar için $[B(E2)/K]^{1/2}/N_\pi$ ile N_ν/N_π nin çiziminden, e_ν eğimi ve e_π başlangıç değeri düz bir çizgi verir. Alternatif olarak şu yazılabilir ⁽²⁾ :

$$\frac{[B(E2)/K]^{1/2}}{N_\nu} = e_\nu + e_\pi \frac{N_\pi}{N_\nu} \quad (2.6.)$$

Bu izotonlar zinciri için uygundur ve e_π eğimi ve e_ν de başlangıç değerini verir.

Sürekli deformasyon bölgesinin dışında iki uç arasında yer alan çekirdekler için Puddu⁽³³⁾ 'nun yaptığı varsayıma göre e_π ve $e_\nu \sim 0,12$ eb dir.

2_1^+ düzeyinin g - değerlerini etkin g_π ve g_ν değerlerine bağlayan ifade

$$g(2_1^+) = (g_\pi N_\pi + g_\nu N_\nu) / (N_\pi + N_\nu) \quad (2.7.)$$

dir⁽³³⁾.

Yukarıdaki eşitlik yeniden düzenlenirse ,

$$g(2_1^+)(N_\pi + N_\nu) / N_\nu = g_\nu + g_\pi N_\pi / N_\nu \quad (2.8.)$$

ve $g(2_1^+)(N_\pi + N_\nu) / N_\nu$ ye karşı N_π / N_ν nin parçası bir grup element için aynı g_π ve g_ν değerlerinden g_π eğimi ve g_ν başlangıç değeri ile düz bir çizgi şeklinde olabilir. Bu yaklaşım Wolf⁽³⁴⁾ tarafından kullanıldı.

Burada g değerinin uygun olduğu birkaç bölge vardır. En iyi bölge $74 \leq Z \leq 80$ içindir ve diğer iyi bölgeler $42 \leq Z \leq 48$ ve $Z \geq 56$ dir.

Ancak bu sınırlar $N=90$ dan öncedir. Çünkü , sonraki bölge için deformasyon dolayı çekirdek rotasyonel olur. Bu belirtilen bölgelerde

$2_{ms}^+ \rightarrow 2_1^+$ geçişin özellikle M1 olması beklenir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1 Sayısal Hesaplama Yöntemi ve Parametreler

IBA-1 Hamiltonyeninde kullanılan parametreler PHINT ⁽³⁵⁾ program kodunda EPS, ELL, RKAP, CHQ, OCT ve HEX parametrelerine karşılık gelmektedir.

Bu parametrelerin Hamiltonyendeki kullanılışı aşağıda belirtilmiştir.

$$\varepsilon'' = \text{EPS} \quad a_2 = -2\kappa = \frac{1}{2} \text{QQ}$$

$$a_0 = \kappa'' = 2 \text{PAIR} \quad a_3 = 5 \text{OCT}$$

$$a_1 = -\kappa' = \frac{1}{2} \text{ELL} \quad a_4 = 5 \text{HEX}$$

Bu parametrelerin açılım ifadelerinde geçen χ , ξ ve η parametreleri IBM üçgeninde dinamik simetri sınırlarını etkileyen temel parametrelerdir.

PHINT program kodunda kullanılan Hamiltonyenin ve karşılaşılan katsayıların IBA-1 versiyonu için birbirleri ile olan ilişkisi şu şekildedir ⁽³⁶⁾,

$$\text{HBAR} = \text{EPS} + \frac{1}{2} (\chi^2 - 4) \text{QQ} + 3 \text{ELL} + 7 \text{OCT} + 9 \text{HEX} \quad (3.1)$$

$$\text{C}(1) = \chi^2 \text{QQ} + 5 \text{PAIR} - 6 \text{ELL} - 14 \text{OCT} + 18 \text{HEX} \quad (3.2)$$

$$\text{C}(2) = 8 \text{OCT} - \frac{3}{14} \chi^2 \text{QQ} - 3 \text{ELL} + \frac{36}{7} \text{HEX} \quad (3.3)$$

$$\text{C}(3) = \text{OCT} + \frac{2}{7} \chi^2 \text{QQ} + 4 \text{ELL} + \frac{1}{7} \text{HEX} \quad (3.4)$$

$$F = \sqrt{5} \chi_{QQ} , G = \frac{1}{2} \sqrt{5} \chi (QQ - PAIR) , CHQ = \sqrt{5} \chi \quad (3.5)$$

$$CH1 = PAIR , CH2 = QQ \quad (3.6)$$

$$H\bar{B}AR' = H\bar{B}AR + (N - 1)(CH2 - CH1) \quad (3.7)$$

ε_π ve ε_ν parametreleri, proton ve nötron çiftlerini ayırmak için gerekli olan enerjiyi karakterize etmektedirler. Nötron kabuğunun ortalarında $\varepsilon_\pi > \varepsilon_\nu$ 'dir. Sadece, nötron sayısı sihirli sayıya yaklaşan çekirdeklerde $\varepsilon_\nu > \varepsilon_\pi$ durumu beklenebilir. Sadece $(\varepsilon_\pi - \varepsilon_\nu)$ faktörü dikkate alındığında bile, hesaplanan M1 matris elemanları, deneysel olanlardan 20-30 defa daha düşük çıkmaktadır.

2_3^+ düzeyinin doğası hakkındaki kabuller biraz eksiktir. Bu düzey, sadece bazı küresel çekirdeklerde, rotasyonele yakın β bandı olarak alınabilir. Bununla beraber, $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$ ve $2_3^+ \rightarrow 2_1^+$ geçişleri için belirtilen zıt işaret kuralı, bütün çift-çift tipteki çekirdekler için geçerlidir. Bu geçişler için δ 'nin işaretlerinde kullanılan model parametreleri aynıdır ve zıt işaretliliğin sebeplerinin bu parametrelerle ilgisi yoktur. Hesaplamalar; küresel çekirdeklerdeki 2^+ karma simetri hallerinin, 2 MeV civarında meydana geldiğini göstermektedir ^(7,37). 2_3^+ düzeyi aynı enerji bölgesinde bulunmaktadır. Yani, $E(2_3^+) = E(2_{MS}^+)$ 'dir ve rezonans teriminden dolayı δ 'nin işareti değişmektedir. Böylece, 2_3^+ 'nin bir karma simetriye karşılık geldiği düşünülmektedir. $e_\pi \approx e_\nu$ varsayılarak büyük χ_ν değerleri ($\chi_\nu > 0$) için $\delta < 0$ olarak bulunur. Burada χ parametresi ; Q 'nun iki kısmı arasındaki ilişkiyi belirtmekte olup, kutupsal karışım oranının (δ) işareti sadece $(\chi_\pi - \chi_\nu)$ farkına bağlıdır. Alt kabuk doldukça (yani etkileşen nükleon sayısı arttıkça) χ_π 'nin değeri; kabuğun ilk yarısındaki

negatif değerden, kabuğun ikinci yarısındaki pozitif değere değişir. Birkaç alt kabuk , eşzamanlı olarak dolduğunda, $\chi_v(N)$ ve $\chi_\pi(Z)$ bağımlılıkları gittikçe karışır. Ancak sihirli sayılara doğru χ_v değerlerinin etkisi daha fazla gibidir. N=50 ve N=82'ye yaklaştıkça $\chi_v > 0$ 'dır. Böylece $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$ için $\delta > 0$ olmaktadır. N=52,80 ve 84 hariç bütün çekirdekler için bu durum böyledir. χ_π ve χ_v parametreleri, $3_1^+ \rightarrow 2_1^+$ geçişleri için δ 'nin işaretini belirler.

$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$ ve $2_3^+ \rightarrow 2_1^+$ geçişlerine ait olan δ 'ların işaretleri, χ_π ve χ_v

parametreleri arasındaki ilişkiye bağlı olan $Q_\pi Q_v$ etkileşimi ile açıklanır.

Çizelge 3.1. A ~ 90 civarında incelenen izotopların elde edilen en uygun Hamiltonyen katsayıları

| $\begin{matrix} A \\ Z \end{matrix} X$ | N_π | N_v | N | EPS | ELL | RKAP | CHQ | OCT | HEX |
|---|---------|-------|---|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $\begin{matrix} 94 \\ 42 \end{matrix} Mo_{52}$ | 4 | 1 | 5 | 0.740 | -0,002 | 0,020 | -0,010 | 0,004 | 0,0059 |
| $\begin{matrix} 100 \\ 44 \end{matrix} Ru_{56}$ | 3 | 3 | 6 | 0.712 | -0.037 | -0.03 | -1.453 | 0.0127 | 0.0045 |
| $\begin{matrix} 104 \\ 46 \end{matrix} Pd_{58}$ | 2 | 4 | 6 | 0.824 | 0.0008 | - | - | - | - |
| | | | | | | 0.0800 | 0.8721 | 0.0022 | 0.0061 |

3.2. İterasyon Metodu

İterasyon metodu kısaca şöyle özetlenebilir :

Mevcut deneysel verilerden yola çıkılarak bilinmeyen dataları bulmak için program kodlarını istenilen amaç doğrultusunda , kod içerisindeki parametrelerde lokal değişiklikler yaparak deneysel olarak gözlenen sonuçlara yakın veriler bulup bunları bulunmamış deneysel verileri bulmada kullanılmaktadır.

Metot bu çalışmada bilinen bir B(E2) veya B(M1) geçiş olasılığından hareketle bilinmeyen diğer geçiş olasılıklarını hesaplamak için kullanılmıştır.

Örneğin incelenen izotoplardan herhangi biri için bilinen bir B(M1) geçiş olasılığı değeri alındı. PHINT program kodundaki PCIBAEM alt kodu kullanılıp M1,M1Q ve M1ND parametreleri programda lokal değişiklik yapılarak sınırlı bir limitte değiştirildi (bu sonuçlar EK-1 de verilmiştir).

Bulunan sonuçların bir çalıştırma grafiği çizildi (Şekil 3.3 - 3.4 - 3.6).

Buradan bilinen deneysel B(M1) değerine en yakın B(M1) değerini veren (program kodunda yapılan değişikliklerle yeniden üretilen) M1,M1Q ve M1ND parametreleri alındı. Sonra bu parametreler aynı alt kodda (PCIBAEM) kullanılarak istenilen geçişler için diğer B(M1) geçiş olasılıkları hesaplandı.

Her izotop için bu parametreleri gösterir bir tablo 3. Bölüm'de izotopların incelendiği alt başlıklarda verilmiştir.

Böylelikle İterasyon metodu kullanılarak ve programda gerekli düzenlemeler yapılarak bilinen tek değerden hareketle bilinmeyen parametreler elde edilebilir. Böylesi bir metot uygun katsayılarla kullanıldığında yeni teorik çalışmalar için oldukça iyi sonuçlar verebilir.

3.3. B(M1) ve B(E2) Oranlarının Hesaplanması

İterasyon metoduyla bulunan bir geçiş olasılığını (B(E2) veya B(M1)) kullanarak diğerini bulmak gerektiğinde , δ (E2/M1) kutupsal karışım oranı formüllünden hareketle bir sonuç elde edilebilir.

Geçiş olasılıkları genel olarak aşağıdaki ifadeyle verilmektedir. ⁽³⁸⁾

$$T(L, j_i \rightarrow J_f) = 8\pi(L+1)L^{-1}((2L+1)!)^{-2}(q^{2L+1}I\hbar)B(L, J_i \rightarrow J_f) \quad (3.8)$$

Burada , $B(L, J_i \rightarrow J_f)$ niceliği indirgenmiş geçiş olasılığı olup denklem (3.8) hem elektrik hem de manyetik çok kutuplu ışınmayı kapsar .

Yukarıda belirtilen genel yaklaşım ışığı altında T(E2) ve T(M1), elektrik kuadropol ve manyetik dipol geçiş olasılıkları şu şekildedir,

$$T(E2 | I \rightarrow I') = \frac{4\pi}{75} \cdot \frac{1}{\hbar} \left(\frac{\omega}{C} \right)^5 \cdot B(E2 | I \rightarrow I') \quad (39,28) \quad (3.9)$$

$$T(M1 | I \rightarrow I') = \frac{16\pi}{9} \cdot \frac{1}{\hbar} \left(\frac{\omega}{C} \right)^3 \cdot B(M1 | I \rightarrow I') \quad (39,28) \quad (3.10)$$

Böylelikle eğer B(E2) veya B(M1) değerlerinden herhangi birisi biliniyorsa denklem (3.24) ve (3.25) 'e gerek kalmadan , denklem (2.10) kullanılarak diğer bilinmeyen karışım oranı $\delta(E2/M1)$ formülünden bulunabilir. Aşağıda denklem (2.10) 'un denklem (3.9) ve (3.10) kullanılarak hesaplamalarda kullanılan son hali verilmiştir.

$$\delta(E2/M1) = \pm \sqrt{\frac{T(E2)}{T(M1)}} = \pm \frac{\sqrt{3}}{10} \cdot \frac{\omega}{C} \cdot \sqrt{\frac{B(E2 | I \rightarrow I')}{B(M1 | I \rightarrow I')}} \quad (3.11)$$

Örneğin; $^{100}_{44}\text{Ru}_{56}$ için $2^+_{2} \rightarrow 2^+_1$ geçişinde B(E2) deneysel değeri ^(40,41) 0.088 e^2b^2 olup , $\delta(E2/M1)$ karışım oranıda daha önceden ⁽²¹⁾ { 3.2 } olarak hesaplanmıştır.

Bu bilinen değerler denklem (3.11) de yerine konularak B(M1) değeri ;

$$\delta(E2/M1) = \frac{\sqrt{3}}{10} \cdot \frac{\omega}{C} \cdot \sqrt{\frac{0.088}{B(M1|I \rightarrow I')}} = 3.2 \quad \text{ara işlemlerden sonra}$$

$$B(M1|2_2^+ \rightarrow 2_1^+) = 0,258 \times 10^{-3} \mu_N$$

teorik değeri bulunmuş olur. Bu işlemler tekrarlanarak bilinmeyen diğer geçiş olasılıkları hesap edilebilir.

3.4. ⁹⁴₄₂Mo₅₂ İzotopunun İncelenmesi

Bu izotopun temel hal bandı 871, 1573.7, 2423.5, 2955.8, 3897 keV enerjilerinden oluşmaktadır. Bu düzeyler ise 0⁺, 2⁺, 4⁺, 6⁺, 8⁺, 10⁺ spin-parite durumlarından oluşmaktadır.

Bu düzeylerden bazılarına ait spin – parite bilgileri şöyledir;

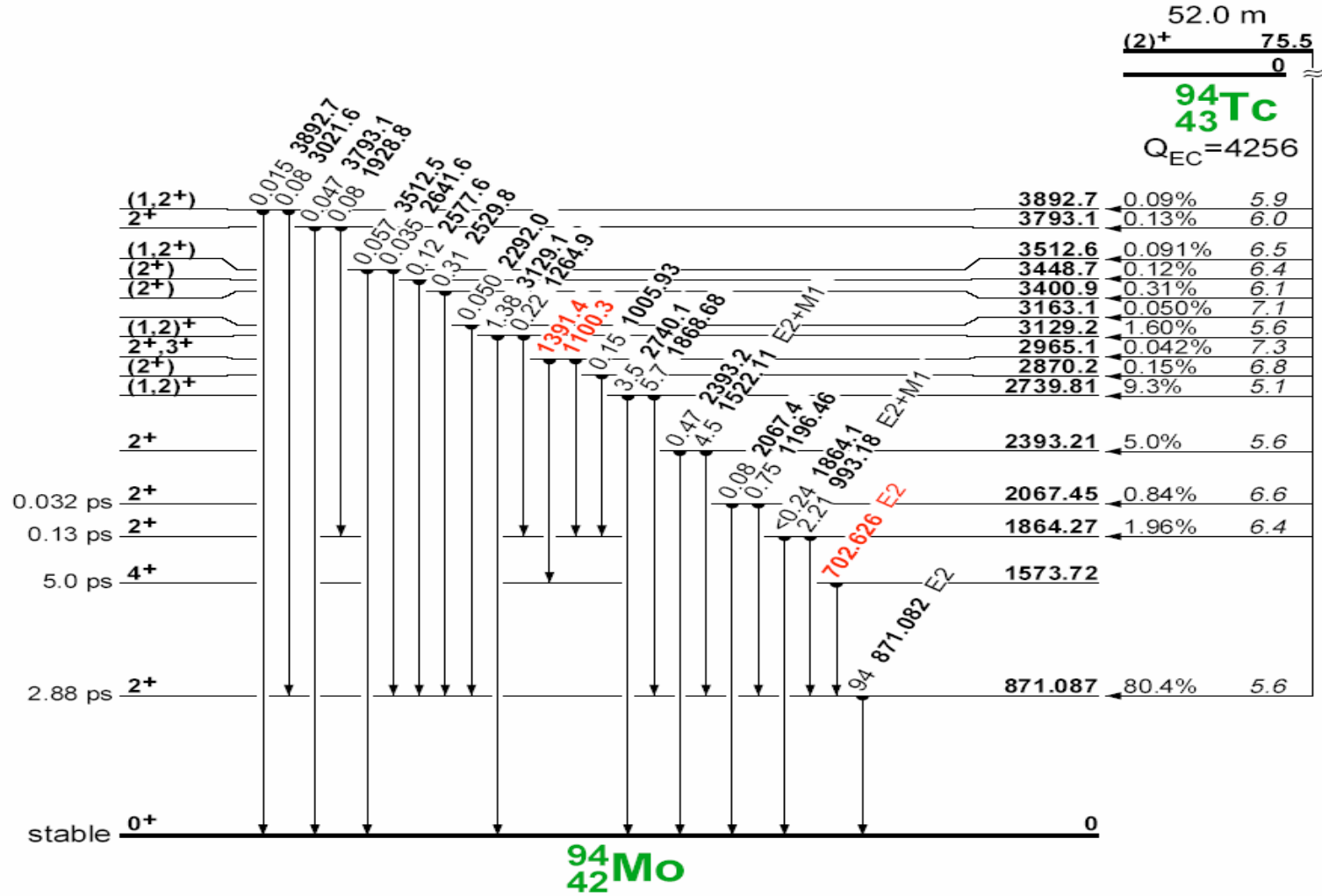
871.087 keV düzeyi: Bu düzey 2₁⁺ spin – paritesine sahip olup 871.082 keV lik enerji ile 0₁⁺ düzeyine bir (E2) geçişi ile bozunmaktadır.

1573.72 keV düzeyi: Bu düzey 4₁⁺ spin – paritesine sahip olup 702.626 keV lik enerji ile 2₁⁺ düzeyine yine bir elektrik kuadropol (E2) geçişi ile bozunmaktadır.

1864.27 keV düzeyi: 1864.27 ve 993.18 keV lik ışınımlarla 0₁⁺ ve 2₁⁺ düzeylerine bozulan bu düzey 2₂⁺ spin – paritesine sahiptir. İlk geçişin karakteri henüz belirlenmemiştir. İkinci geçiş ise bir multipol karışım olup (E2 + M1) kutupsallığına sahiptir.

2393.21 keV düzeyi: Bu düzey 2₄⁺ spin – paritesine sahip olup yine çok kutuplu karışıma sahip bir durum içerir ve 1522.11 keV lik bir (E2 + M1) karışımıyla 2₁⁺ düzeyine bozunur. Bu düzey 2392.2 keV lik henüz belirlenememiş bir ışınımla 0₁⁺ düzeyine bozulur.

Şekil 3.1'deki şemada ${}^{94}_{43}\text{Tc}$ çekirdeğinin 4256 keV lik elektron yakalama olayı (EC) ile bozunarak ${}^{94}_{42}\text{Mo}$ izotopuna dönüşmesi görülmektedir.



Şekil 3.1. ⁹⁴Tc çekirdeğinin elektron yakalama olayı ile ⁹⁴Mo çekirdeğine bozunumu şeması⁽⁴²⁾.

Çizelge 3.2 ve 3.3 (a - b)'de bu çekirdeğin hesaplanan B(E2) ve B(M1) geçiş olasılıkları daha önce yapılmış olan çalışmalardaki sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.2. $^{94}_{42}\text{Mo}_{52}$ İzotopunda hesaplanan bazı B(E2) geçiş olasılıkları.

| E _γ (keV) Geçiş enerjisi | Geçiş $J_i^+ \rightarrow J_s^+$ | B(E2) (e ² b ²) | | |
|--|------------------------------------|---|--|------------|
| | | Deney | Teorik | Bu Çalışma |
| 1196,6 | $2_{3\ ms}^+ \rightarrow 2_1^+$ | 0.0045 ^(a) | 1.7 ^(b) 1.65 ^(c) | 0.0048 |
| 1005,5 | $2_{2\ ms}^+ \rightarrow 2_2^+$ | 0.012 ^(b) | 0.001 ^(b) | 0.0369 |
| 993,1 | $2_{2\ ms}^+ \rightarrow 2_1^+$ | - | - | 0.0185 |
| 1522,1 | $2_{4\ ms}^+ \rightarrow 2_1^+$ | - | - | 0.0131 |

(a,c) Referans (43), (b) Referans (44)

Çizelge 3.3.a. $^{94}_{42}\text{Mo}_{52}$ İzotopunda hesaplanan bazı B(M1) geçiş olasılıkları

| E _γ (keV) Geçiş enerjisi | Geçiş $J_i^+ \rightarrow J_s^+$ | B (M1) (μ _N) | | |
|--|------------------------------------|-----------------------------|---|------------|
| | | Deney | Teorik | Bu Çalışma |
| 1196,6 | $2_{3\ ms}^+ \rightarrow 2_1^+$ | 0.69 ^(a) | 0.54 ^(a) 0.71 ^(b) | 0.6979 |
| 1005,5 | $2_{2\ ms}^+ \rightarrow 2_2^+$ | 0.51 ^(c) | 0.31 ^(c) | 0.7389 |
| 993,1 | $2_{2\ ms}^+ \rightarrow 2_1^+$ | - | - | 0.0005 |
| 1522,1 | $2_{4\ ms}^+ \rightarrow 2_1^+$ | - | - | 0.6577 |

(a) Referans (1), (b) Referans (44), (c) Referans (4)

Çizelge 3.3.b. $^{94}_{42}\text{Mo}_{52}$ İzotopunda hesaplanan μ_N^2 biriminden bazı B(M1) geçiş olasılıkları

| E_γ (keV) Geçiş enerjisi | Geçiş $J_i^+ \rightarrow J_s^+$ | B(M1) (μ_N^2) | | |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------|---|------------|
| | | Deney | Teorik | Bu Çalışma |
| 1196,6 | $2_{3\ ms}^+ \rightarrow 2_1^+$ | 0.48 ^(a) | 0.30 ^(a) 0.51 ^(b) | 0.48 |
| 1005.5 | $2_{2\ ms}^+ \rightarrow 2_2^+$ | 0.27 ^(c) | 0.10 ^(c) | 0.27 |
| 993.1 | $2_{2\ ms}^+ \rightarrow 2_1^+$ | - | - | 0.005 |
| 1522,1 | $2_{4\ ms}^+ \rightarrow 2_1^+$ | - | - | 0.22 |

(a) Referans (1), (b) Referans (44) , (c) Referans (4)

Sonuç olarak $^{94}_{42}\text{Mo}_{52}$ izotopu için tüm hesaplamalar ve katsayıları içeren bir tablo 4. Bölüm 'de verilmiştir.

3.5. $^{100}_{44}\text{Ru}_{56}$ İzotopunun İncelenmesi

Bu izotop 0^+ , 2^+ , 4^+ , 6^+ , 8^+ ve 10^+ spin-parite durumlu düzeylere karşılık gelen 0.0, 539.5, 1226.5, 2076.2, 3062.1 ve 4085.4 keV enerjili temel hal bandından oluşmaktadır. Bu düzeylerden bazılarında ait spin – parite bilgileri şöyledir;

593.53 keV düzeyi: Bu düzey 2^+ spin – paritesine sahip olup 539.53 keV lik enerji ile 0_1^+ düzeyine elektrik kuadropol (E2) geçişi ile bozunmaktadır.

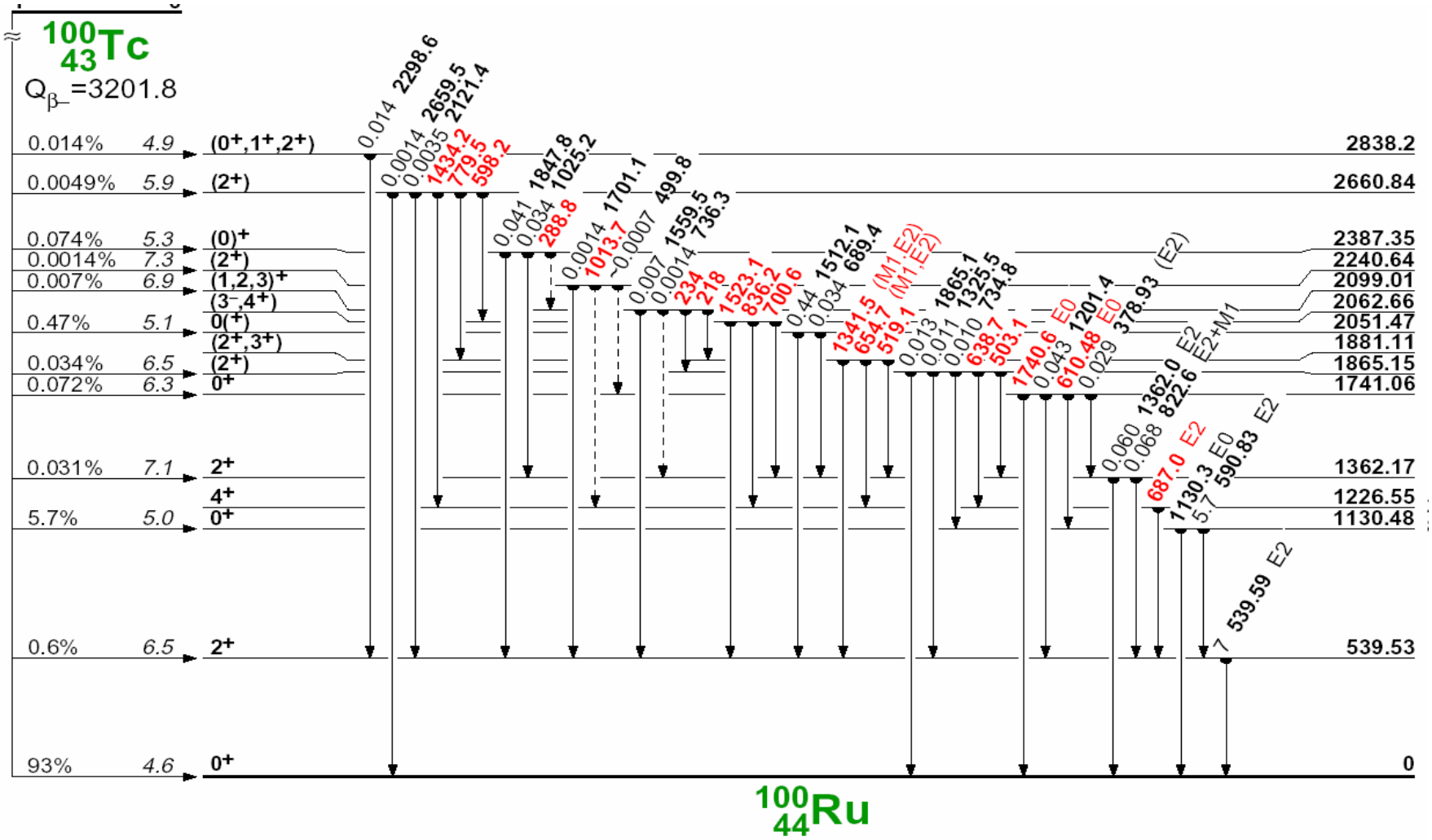
1130.48 keV düzeyi: 590.83 ve 1130.3 keV lik ışınımlarla 2_1^+ ve 0_1^+ düzeylerine bozulan bu düzey 0_2^+ spin – paritesine sahiptir. İlk geçiş E2 karakterine sahiptir.

1362.17 keV düzeyi: Bu düzey 2_2^+ spin – paritesine sahip olup çok kutuplu karışıma sahip bir durum içerir ve 822.6 keV lik bir (E2 + M1) karışımıyla 2_1^+ düzeyine bozunur. Yine bu düzey 1362.0 keV lik bir E2 geçişiyle 0_1^+ düzeyine bozular.

Fakat bu izotopun çok kutuplu karışım oranları henüz tam olarak hesaplanmamıştır. Hesaplanan verilerde daha çok negatif pariteli durumlara aittir.

Şekil 3.2'deki şema $^{100}_{43}\text{Tc}$ çekirdeğinin β^- ışınması ile $^{100}_{44}\text{Ru}_{56}$ çekirdeğine dönüşmesini göstermektedir. Bu tablodan belirli düzeyler arasındaki geçişlerin elektrik kuadropol (E2) ve manyetik dipol (M1) özellikleri görülebilir. Karma simetrik durumlar hakkında bir fikir edinebilir.

Çizelge 3.4 ve 3.5'de bu çekirdeğin hesaplanan B(E2) ve B(M1) geçiş olasılıkları daha önce yapılmış olan çalışmalardaki sonuçlarla karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.2. ^{100}Tc çekirdeğinin β^- olayı ile ^{100}Ru çekirdeğine bozunumu⁽⁴²⁾.

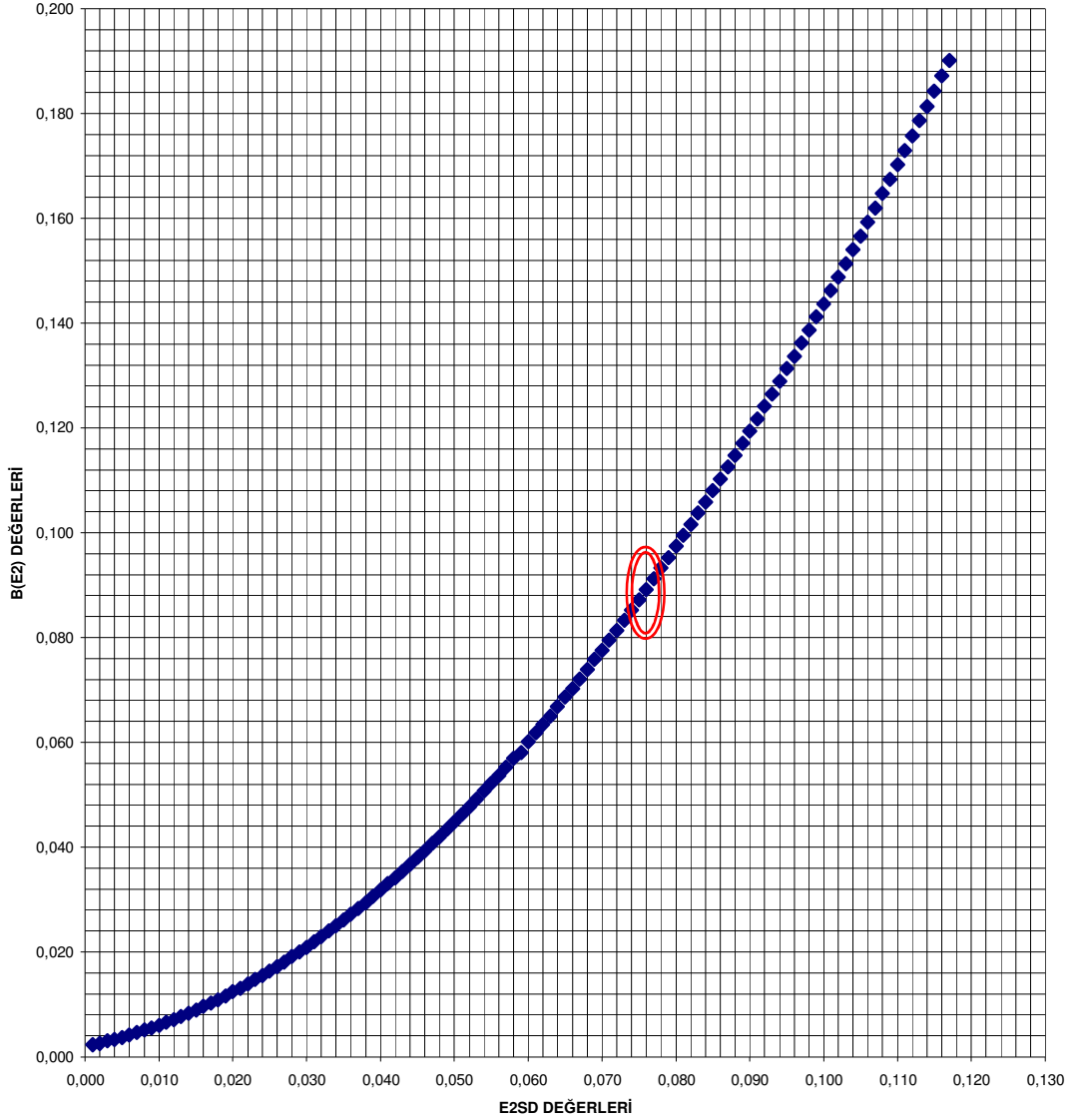
Çizelge 3.4. $^{100}_{44}\text{Ru}_{56}$ İzotopunda hesaplanan bazı B(E2) geçiş olasılıkları.

| E_γ (keV) | Geçiş $J_i^+ \rightarrow J_s^+$ | B(E2) | | |
|------------------|------------------------------------|------------------------|--|------------------|
| | | e^2b^2 | | |
| Geçiş enerjisi | | Deney | Teori | Bu Çalışma |
| 822.65 | $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$ | 0.088 ^(a,b) | 0.081 ^(a) 0.032 ^(b) | 0.0892 |
| 1325.5 | $2_3^+ \rightarrow 2_1^+$ | - | 0.143 ^(a) 0.163 ^(b) | 0.4549 0.0033 |
| 503.1 | $2_3^+ \rightarrow 2_2^+$ | - | - | 0.0007 |
| 1341.5 | $2_4^+ \rightarrow 2_2^+$ | - | - | 0.0006 |

(a) Referans (41), (b) Referans (42)

Çizelge 3.5. $^{100}_{44}\text{Ru}_{56}$ İzotopunda hesaplanan bazı B(M1) geçiş olasılıkları.

| E_γ (keV) | Geçiş $J_i^+ \rightarrow J_s^+$ | B(M1) | | |
|------------------|------------------------------------|------------------------|-------------------|----------------------|
| | | $10^{-3} \times \mu_N$ | | |
| Geçiş enerjisi | | Deney | Bu Çalışma Teorik | Bu Çalışma İTERASYON |
| 822.65 | $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$ | - | 0,2 | 0,2 |
| 1325.5 | $2_3^+ \rightarrow 2_1^+$ | - | 3,7 | 2,9 |
| 503.1 | $2_3^+ \rightarrow 2_2^+$ | - | - | 0,2 |
| 1341.5 | $2_4^+ \rightarrow 2_2^+$ | - | - | 4,0 |



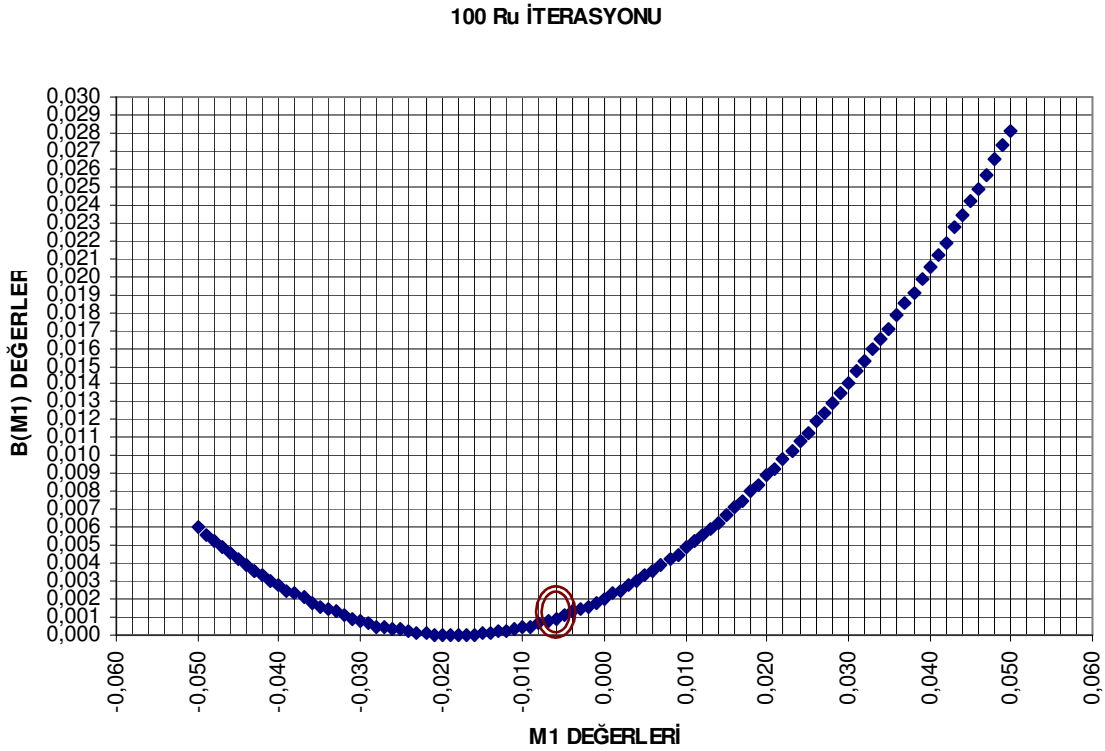
Şekil 3.3. İterasyon metoduyla elde edilen E2SD değerlerinin B(E2) oranına karşılık grafiği

Şekil 3.3'de İterasyon metoduyla elde edilen değerlerin B(E2) oranına karşılık grafiği verilmiştir. PHINT program kodunda kullanılan E2SD ve E2DD katsayılarının 3000 Çalıştırma değeri için çizilen grafikte, yukarıdaki hesaplamalarda kullanılmak üzere $B(E2; 2_2^+ \rightarrow 2_1^+) = 0.088$ deneysel

sonucuna en yakın E2SD ve E2DD değerleri grafik üzerinde ayrıca işaretlenmiş ve bu işaretlenen değerler PHINT kodunda kullanılarak B(E2) değerleri hesaplanmıştır. Bulunan B(E2) değerlerinden hareketle $\delta(E2/M1)$ Karışım Oranı formülü kullanılarak B(M1) oranları hesaplanmıştır.

Şekil 3.3'de grafik üzerinde daire içerisindeki bölge deneysel B(E2)=0.088 değerini veren en yakın E2SD katsayısını belirtmektedir. Bu değer E2SD = 0.076 iken diğer katsayıda E2DD= 1.00 değerine sahiptir.

Burada E2SD katsayıları (-1) – 2 aralığında 0.001 artırılarak döndürülürken E2DD değerleri sabit bırakılmıştır. Çünkü E2DD katsayısı B(E2) değerleri üzerinde hemen hemen etkisiz bir katsayıdır.



Şekil 3.4. İterasyon metoduyla elde edilen M1 değerlerinin B(M1) oranına karşılık grafiği

Şekil 3.4'de grafik üzerinde daire içerisindeki bölge, $\delta(E2/M1)$ formülünden bulunan teorik $B(M1)=0.2$ değerini veren en yakın M1 katsayısını belirtmektedir. Bu değer M1 = -0.012 iken diğer katsayılar da M1ND= 0.01 , M1Q= 0.01 değerlerine sahiptir.

Burada M1 katsayıları (-1) – 3 aralığında 0.001 artırılarak döndürülmüştür.

Sonuç olarak $^{100}_{44}\text{Ru}$ izotopu için tüm hesaplamalar ve katsayıları içeren bir tablo 4. Bölüm 'de verilmiştir.

3.6. $^{104}_{46}\text{Pd}$ $_{58}$ İzotopunun İncelenmesi

Bu Pd izotopunun temel hal bandı 0.0, 555.8, 1323.6, 2249.5 ve 3220.7 keV enerjilerine karşılık gelen 0^+ , 2^+ , 4^+ , 6^+ ve 8^+ spin-parite durumlu düzeylerdir.

Bu düzeylerden bazılarında ait spin – parite bilgileri şöyledir;

555.81 keV düzeyi: Bu düzey 2^+_1 spin – paritesine sahip olup 555.796 keV lik enerji ile 0^+_1 düzeyine bir (E2) geçişi ile bozunmaktadır.

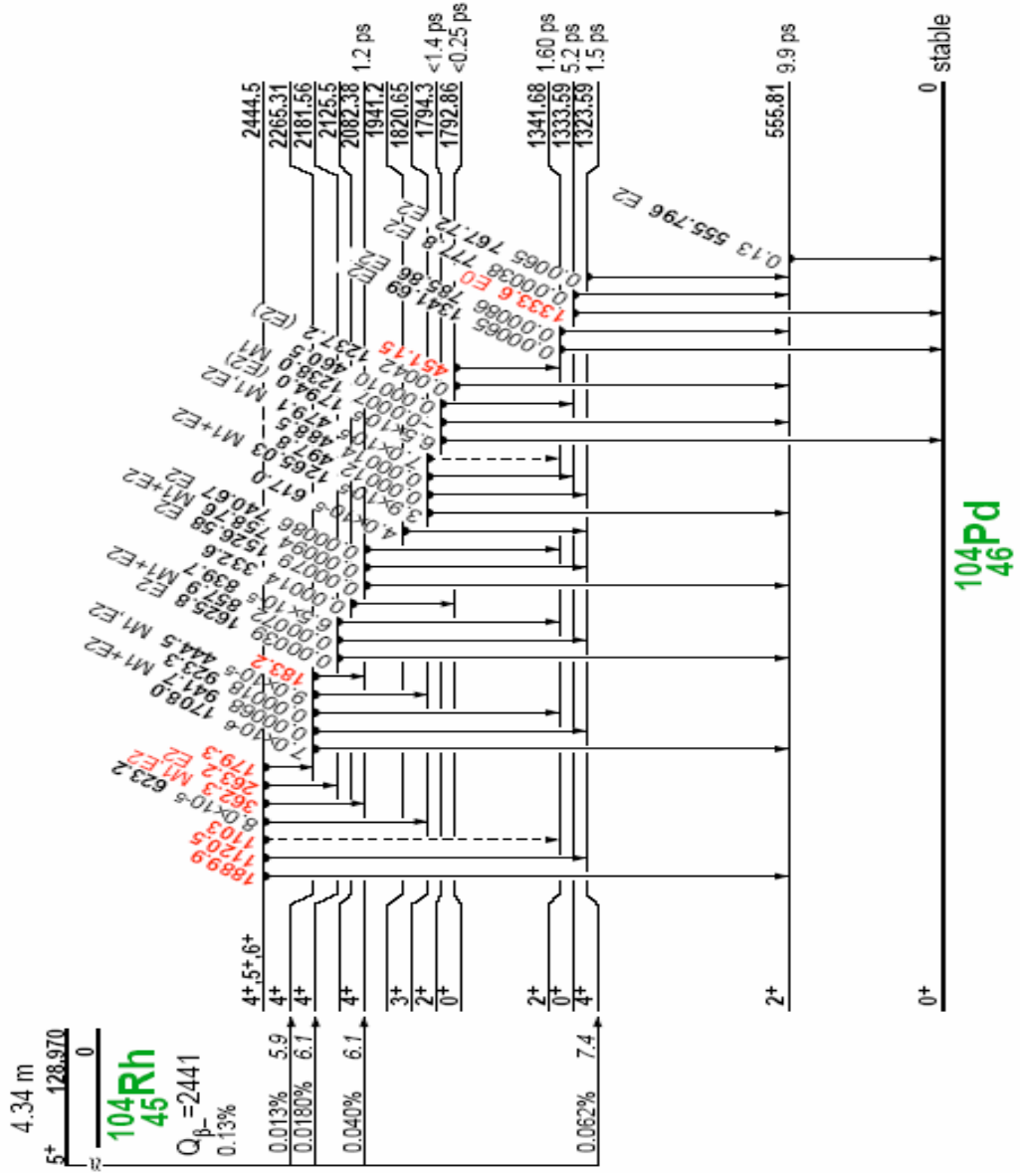
1820.65 keV düzeyi: Bu düzey 3^+_1 spin – paritesine sahip olup 1265.03 keV lik enerji ile 2^+_1 düzeyine yine (E2 + M1) kutupsallığında bir geçiş ile bozunmaktadır. Ayrıca bu düzeyden birkaç geçişle alt düzeylere bozunum vardır. Fakat bunlar multipol bir durum teşkil etmezler.

1323.59 keV düzeyi: Bu düzey 4^+_1 spin – paritesine sahip olup 767.72 .796 keV lik enerji ile 2^+_1 düzeyine bir elektrik kuadropol (E2) geçişi ile bozunmaktadır.

2082.38 keV düzeyi: Bu düzey 4_2^+ spin – paritesine sahip olup yine çok kutuplu karışıma sahip bir durumu içerir ve 758.76 keV lik bir (E2 + M1) karışımıyla 4_1^+ düzeyine bozunur. Ayrıca bu düzeyden daha alt düzeylere iki adet elektrik kuadropol E2 geçişi vardır.

2181.56 keV düzeyi: Bu düzey 4_3^+ spin – paritesine sahip olup çok kutuplu karışıma sahip bir karma simetrik durumu içerir ve 857.9 keV lik bir (E2 + M1) geçişiyle 4_1^+ düzeyine bozunur. Ayrıca bu düzeyden daha alt düzeylere bir adet elektrik kuadropol E2 geçişi ve henüz karakteri bilinmeyen bir geçiş vardır.

Yine daha üst düzeyde bir karma simetrik duruma rastlanmaktadır ki bu geçişin enerjisi de 941.7 keV olup 4_1^+ düzeyine bozunmaktadır. $^{104}_{45}\text{Rh}$ çekirdeğinin β^- ışınması ile bozularak $^{104}_{46}\text{Pd}$ çekirdeğine dönüşmesi ile ilgili şema **Şekil3.5**'de verilmiştir.



Sekil 3.5. ^{104}Rh çekirdeğinin β^- olayı ile ^{104}Pd çekirdeğine bozunumu⁽⁴²⁾.

Çizelge 3.6. ve Çizelge 3.7. 'da bu çekirdeğin hesaplanan B(E2) ve B(M1) geçiş olasılıkları verilmiştir.

Çizelge 3.6. $^{104}_{46}\text{Pd}_{58}$ çekirdeğinde hesaplanan bazı B(E2) geçiş olasılıkları.

| Geçiş $J_i^+ \rightarrow J_s^+$ | E_γ Geçiş Enerjisi (keV) | B(E2) $\times 10^{-4} (e^2b^2)$ | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------|
| | | Deneysel ^(a) | Referans ^(b) | Bu Çalışma |
| $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$ | 786 | 10 | 10 | 10 |
| $2_3^+ \rightarrow 2_1^+$ | 1238 | 87 | 56 | 19 |
| $2_4^+ \rightarrow 2_3^+$ | <500 | - | - | 18 |

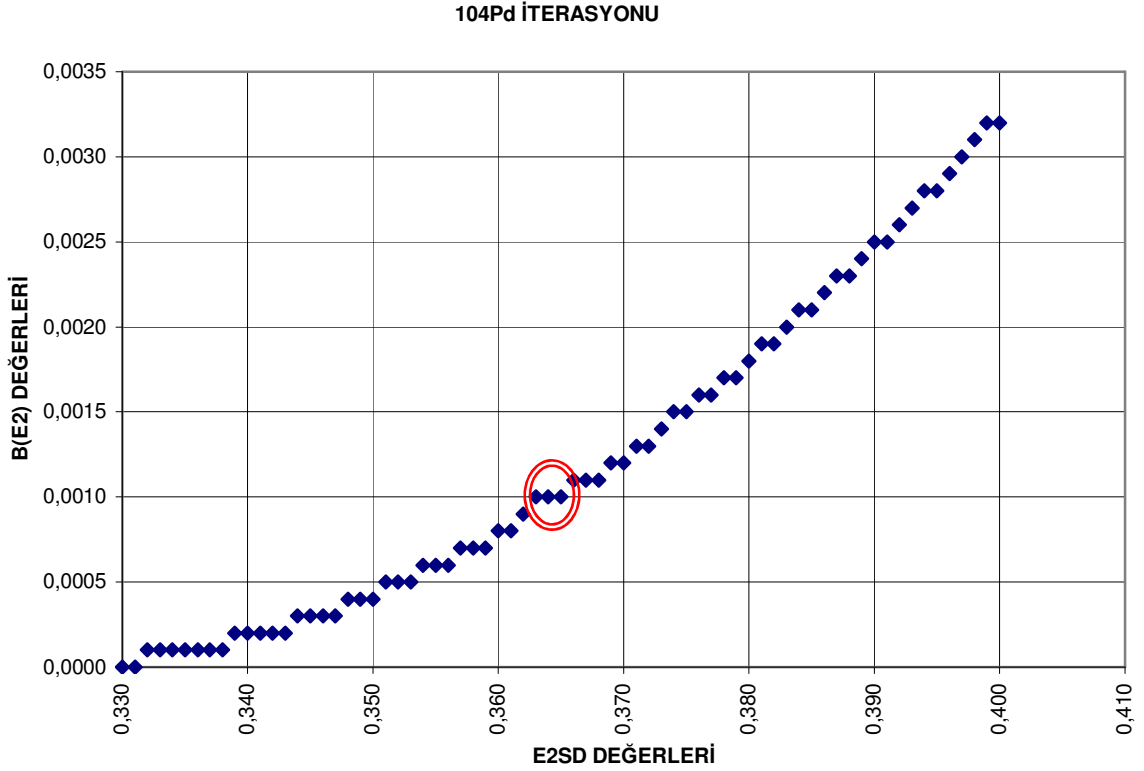
(a) Referans (16) , (b) Referans(45)

Çizelge 3.7. $^{104}_{46}\text{Pd}_{58}$ çekirdeğinde hesaplanan bazı B(M1) geçiş olasılıkları.

| Geçiş $J_i^+ \rightarrow J_s^+$ | E_γ Geçiş Enerjisi (keV) | B(M1) $\times 10^{-3} \mu_N$ | |
|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | | Bu Çalışma TEORİK | Bu Çalışma İTERASYON |
| $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$ | 786 | 0,0011 | 1,1 |
| $2_3^+ \rightarrow 2_1^+$ | 1238 | - | 0,8 |
| $2_4^+ \rightarrow 2_3^+$ | <500 | - | 1,0 |

$^{104}_{46}\text{Pd}$ izotopu için daha önce hesaplanmış deneysel bir değerden $\{ B(E2; 2_2^+ \rightarrow 2_1^+) = 0.0010 \}$ hareketle , İterasyon metodu kullanılıp E2SD ve E2DD katsayıları bulunmuştur. **Şekil 3.6.** 'da İterasyon metoduyla elde edilen değerlerin B(E2) oranına karşılık grafiği verilmiştir . Daire içerisindeki bölge

deneysel $B(E2)=0.0010$ değerini veren en yakın E2SD katsayısını belirtmektedir. E2SD = 0.364 iken diğer katsayıda E2DD= 1.00 değerine sahiptir.



Şekil 3.6. İterasyon metoduyla elde edilen E2SD değerlerinin B(E2) oranına karşılık grafiği

Elde edilen bu katsayılardan hareketle PHINT programının PCIBAEM kodu ile $B(E2; 2_2^+ \rightarrow 2_1^+) = 0.0010$ değeri hesaplanmıştır. Bulunan bu B(E2) değerinden hareketle $\delta(E2/M1)$ karışım oranı formülasyonu kullanılarak $B(M1) = 0.001 \times 10^{-3}$ teorik oranı hesaplanmıştır. Bu teorik B(M1) değerinden İterasyon yapılarak $B(M1; 2_2^+ \rightarrow 2_1^+) = 0.001 \times 10^{-3}$ değerine en yakın M1 , M1Q ve M1ND değerleri belirlenmiştir. Bu değerler PHINT program kodunda kullanılarak diğer B(M1) değerleri hesaplanmıştır.

$\delta(E2/M1)$ formülünden bulunan teorik $B(M1) = 0.001 \times 10^{-3}$ değerini veren en yakın M1 katsayısı $M1 = -0.031$ iken diğer katsayılar da $M1ND = 0.01$, $M1Q = 0.01$ değerlerine sahiptir.

Burada M1 katsayıları -1 – 3 aralığında 0.001 artırılarak döndürülmüştür.

Sonuç olarak $^{104}_{46}\text{Pd}_{58}$ izotopu için tüm hesaplamalar ve katsayıları içeren bir tablo **4. Bölüm** 'de verilmiştir.

4. SONUÇ

İncelenen bazı çift-çift A~90 civarındaki İzotopların , PHINT program kodu kullanılarak,İterasyon metoduyla hesaplanan B(E2) ve B(M1) matris elemanlarından birinin bilinmesi ile denklem (3.11) de belirtilen $\delta(E2M1)$ kutupsal karışım oranı formülünde, deneysel kutupsal karışım oranları yerine konularak diğer bilinmeyen B(E2) veya B(M1) değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu değerlerden de yine İterasyon metodu ile E2SDD,E2DD,M1,M1ND ve M1Q katsayıları bulunmuştur.

Bu değerler her bir izotop için ayrı bir çizelge ile verilmiştir. Ayrıca İterasyon sonuçları ve karşılaştırma değerleri EK-1 ve 2 de sunulmuştur.

İterasyon karşılaştırma değerlerinden bulunan katsayıların grafikleri de 3. Bölüm'de gösterilmiştir.

Bu izotopların belirli geçişlerine ait B(E2) ve B(M1) geçiş olasılıkları elde edilerek, daha önce yapılmış deneysel ve teorik verilerle karşılaştırılmış tır.

4.1. $^{94}_{42}\text{Mo}_{52}$ İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çizelge 4.1. $^{94}_{42}\text{Mo}_{52}$ İzotopunda belirli bazı geçişlerin $\delta(E2/M1)$ kutupsal karışım oranları ile İterasyon Metoduyla bulunan katsayı ve değerler.

| E_γ (keV) | Geçiş $J_i^+ \rightarrow J_s^+$ | $\delta(E2/M1)$ (a) | $B(E2)$ e^2b^2 | $B(M1)$ μ_N | E2SD | E2DD | M1 | M1ND | M1Q |
|------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------|--------------------|------|------|-------|------|------|
| 1196,6 | $2_{3ms}^+ \rightarrow 2_1^+$ | 0.62 | 0.0048 | 0.6979 | 0.05 | 1.0 | -0.37 | 0.01 | 0.01 |
| 1005,5 | $2_{2ms}^+ \rightarrow 2_2^+$ | - | 0.0369 | 0.7389 | 0.05 | 1.0 | -0.37 | 0.01 | 0.01 |
| 993,1 | $2_{2ms}^+ \rightarrow 2_1^+$ | -2 | 0.0185 | 0.0005 | 0.05 | 1.0 | -0.37 | 0.01 | 0.01 |
| 1522,1 | $2_{4ms}^+ \rightarrow 2_1^+$ | - | 0.0131 | 0.6577 | 0.05 | 1.0 | -0.37 | 0.01 | 0.01 |

(a) Referans (21)

4.2. ¹⁰⁰₄₄Ru₅₆ İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çizelge 4.2. ¹⁰⁰₄₄Ru₅₆ İzotopunda belirli bazı geçişlerin $\delta(E2/M1)$ kutupsal karışım oranları ile İterasyon Metoduyla bulunan katsayı ve değerler.

| E_γ (keV) | Geçiş Geçiş enerjisi $J_i^+ \rightarrow J_s^+$ | $\delta(E2/M1)$ (a) | $B(E2)$ e^2b^2 | $B(M1)$ $\times 10^{-3} \mu_N$ | E2SD | E2DD | M1 | M1ND | M1Q |
|------------------|--|------------------------|---------------------|-----------------------------------|-------|------|--------|------|------|
| 822.65 | $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$ | 3.2 | 0.0892 | 0,2 | 0.076 | 1.00 | -0.012 | 0.01 | 0.01 |
| 1325.5 | $2_3^+ \rightarrow 2_1^+$ | 0.36 | 0.4549 0.0033 | 2,9 | 0.076 | 1.00 | -0.012 | 0.01 | 0.01 |
| 503.1 | $2_3^+ \rightarrow 2_2^+$ | - | 0.0007 | 0,2 | 0.076 | 1.00 | -0.012 | 0.01 | 0.01 |
| 1341.5 | $2_4^+ \rightarrow 2_2^+$ | - | 0.0006 | 4,0 | 0.076 | 1.00 | -0.012 | 0.01 | 0.01 |

(a) Referans (21)

4.3 . $^{104}_{46}\text{Pd}_{58}$ İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Çizelge 4.3. $^{104}_{46}\text{Pd}_{58}$ İzotopunda belirli bazı geçişlerin $\delta(E2/M1)$ kutupsal karışım oranları ile İterasyon Metoduyla bulunan katsayı ve değerler.

| E_γ (keV) | Geçiş Geçiş enerjisi $J_i^+ \rightarrow J_s^+$ | $\delta(E2/M1)$ (a) | $B(E2)$ $\times 10^{-4}$ e^2b^2 | $B(M1)$ $\times 10^{-3}$ μ_N | E2SD | E2DD | M1 | M1ND | M1Q |
|------------------|--|------------------------|---|--|-------|------|------------|------|------|
| 786 | $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$ | -4.8 ^(a) | 10 | 1,1 | 0.364 | 1.00 | - 0.031 | 0.01 | 0.01 |
| 1238 | $2_3^+ \rightarrow 2_1^+$ | - | 19 | 0,8 | 0.364 | 1.00 | - 0.031 | 0.01 | 0.01 |
| <500 | $2_4^+ \rightarrow 2_3^+$ | - | 18 | 0 | 0.364 | 1.00 | - 0.031 | 0.01 | 0.01 |

(a) Referans (21)

Yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlardan;

1) İterasyon metodu uygun bir başlangıç değeri bulunduğunda çok iyi sonuçlar verebilmektedir. Deneysel yollarla henüz gözlenmeyen bir çok Karma simetri durumuna ışık tutabilir. Ve buradan hareketle halen devam etmekte olan bir çok deneysel çalışmanın farklı yollarla desteklenebileceğini ortaya koyar.

2) Teorik olarak yüksek düzeyli bantlarda iyi sonuçlar elde etmek için yeni program kodları üzerinde çalışmak gerekmektedir.

3) Sonuçta toplu MS uyarımının farklı modları için deneysel kanıt şuan önemlidir ve bu uyarımların farklı teorisel esaslarla kavranılabilmesi için çok iyi temel atılmıştır. MS uyarımı çekirdeğin tümü için genel bir özellik olarak düşünülebilir. Nükleer yapının partiküler detaylara bağlı olacağı açıkça belirlenmiştir.

4) Karma simetri durumları özellikle Türkiye’de oldukça yeni bir konudur ve daha bir çok çalışma ve AR-GE ‘ye gerek vardır.

KAYNAKLAR

- (1) C.Fransen, N.Pietralla ve ark., ACTA Physc., Polonica B, Vol (32) (2001)
- (2) W. D. Hamilton ve ark., J. Phys. G:Nucl.Part.Phys., **16** (1990)
- (3) N.Pietrella, H. Klein, A. F. Lisetskiy, C.Fransen, A. Gade, P. von Brentano
Phys.Rev.C, **65** , 044315 (2002)
- (4) C.Fransen, N.Pietralla ve ark., Phys.Rev.C, **67** , 024307 (2003)
- (5) N. Loludice ve F. Palumbo, Phys.Rev.Lett., **41** , 1532 (1978)
- (6) D. Buhle, A. Richter, W. Steffen, A. Diepering, N. Loludice, F. Palumbo ve
O. Scholten, Phys.Lett., 137 B, **27** (1971)
- (7) N.Pietrella ve ark., Nucl.Phys.A, **640** , 293 (1998)
- (8) R. F. Casten ve ark., Phys. Rev. C, **64**, 031301 (2001)
- (9) K. Chaturvedi ve ark., Phys.Rev. C , **67**, 064317 (2003)
- (10) C.M.Lederer ve ark.,Nucl.Phys. A, **169** , 449 (1971)
- (11) M. Behar ve ark, Phys.Rev. C, **16(4)** ,1590 (1977)
- (12) J.Barette, Phys.Rev. A,**172**,41 (1971)
- (13) J.Barette ve ark., Phys.Rev. C, **5(4)**,1376 (1972)
- (14) P.Paradis ve ark.,Phys.Rev. C, **14(3)** , 835 (1976)
- (15) S.Landsberger ve ark.,Phys. Rev., C, **21**, 588 (1979)
- (16) J.Hirata, S.Salem-Vasconcelos ve ark.,Phys.Rev.C, **57(1)**,76 (1998)
- (17) A.Giannatiempo ve ark., Phys.Rev.C, **58(6)**,3316 (1998)
- (18) J.Lange ve ark., Rev.ModPhys., **54(1)** ,119 (1982)
- (19) T.Otsuka, O.Scholten ve G. Puddu, Nucl. Phys. A, **348**, 109 (1980)
- (20) Lange ve Kumar, Rev. Mod.Phys., Vol. 54, No.1, 144-145 (1982)

- (21) National Nuclear Data Center (www.nndc.bnl.gov/ensdf/index.jsp)
- (22) N.Pietrella, Phys.Rev.C, **58** , 184 (1998)
- (23) P.Von Isacker, J.E. Garcia-Ramos, Annals of Phys., 274, 45-75 (1999)
- (24) F. Iachello ve A.Arima, The interacting boson model , Cambridge Univ. Press.,Cambridge,1987
- (25) A.Arima, T.Otsuka, F.Iachello ve I.Talmi, Phys.Lett.B, **66** ,205 (1977)
- (26) F.Iachello ve O.Scholten , Phys.Rev.Lett. , **43** ,679 (1979)
- (27) F.Iachello, Interacting Bosons in Nucl.Phys., Plenum-New York, 1979
- (28) A.Bohr ve B.R.Mottelson, Nucl.Structure(Vol. II) ,Benjamin ,1975
- (29) L.Wilets ve M.Jean, Phys.Rev.,**102**,788 (1956)
- (30) P.Von Isacker ve ark., Annals of Phys., **71** , No 2, 23-296 (1986)
- (31) Faessler A, Nucl. Phys. , **85** , 653 (1966)
- (32) Marrison I , Phys.Rev., C **23** ,1831 (1981)
- (33) G.Puddu, O.Scholten ve T.Otsuka , Nucl.Phys. A, **348**, 109 (1980)
- (34) A. Wolf, R.F.Casten ve D.D.Warner, Phys.Lett., 190 B, **19** (1987)
- (35) O.Scholten, The Program Package PHINT,North Holland, 1979
- (36) L.E.Svensson ve ark., Nucl.Phys. A, **584** ,547 (1995)
- (37) S.Takeda ve ark., J.Phys.Soc.Jpn., **34** ,1115 (1973)
- (38) W. Pfeifer, An Introduction to the Interacting Boson Model of the Atomic Nucleus , Publisher: vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich (1998)
- (39) W. Grainer, Nucl.Phys. , **80** ,417 (1966)
- (40) I.Thorslund ve ark., Nucl.Phys. A, **568**, 306 (1994)
- (41) I.Thorslund ve ark., Nucl.Phys. A,**564**, 285 (1994)
- (42) R.B.Firestone ve ark., Table of Isotopes, 1996
- (43) N.Pietralla, C. J. Barton ve ark., Phys.Rev.C, **64** , 031301(R) (2001)

(44) C.Fransen , N.Pietralla ve ark.,Phys.Rev. C, **65** , 044315 (2002)

(45) N. TÜRKAN , A~100 Bölgesi Civarında Bazı Çift-Çift Çekirdeklerin Özelliklerinin Ve Geçişlerinin E2/M1 Kutupsal Karışımlarının İncelenmesi Doktora Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2002.

EK - 1

İTERASYON SONUÇLARI

⁹⁴Mo için İterasyon ile elde edilen M1,M1Q,M1ND parametreleri ve E2SD,E2DD parametreleri, Run değerlerinden bir kısmı aşağıda verilmiştir.

İterasyon 1:

--- Program PCibaEM ,version JANUARY 1990 ---

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 5
TRUNCATION AT ND = 5

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.7400 , QQ = 0.0200 , CHQ=-0.0100
ELL=-0.0020 , OCT = 0.0040 , HEX= 0.0059

CH1 = 0.00000 , CH2 = 0.02000 , EPSD = 0.00000 , FELL = 0.00000 , FQQ = 0.00000
KAP3 = 0.00000 , CHO = 0.00000

0 2+ ENERGY 3- ENERGY | 2+ 2+ INTER. | 2+ 3- INTER. ONE PHONON TWO PHONON F3 (S+F+DF)
0.77510 0.00000 0 0.06220 1 0.00000 -0.00020 0.02236 0.00000
2 0.06834 2 0.00000
4 -0.00316 3 0.00000
5 0.00000

REDUCED MATRIX ELEMENTS ARE LABELLED RE OR RM. THEIR VALUES ARE DIVIDED BY SQRT(2^l+1), l=L INITIAL

L,P(ST#)=>L,P(ST#) BE= /:/ L,P(ST#)=>L,P(ST#) BE= /:/ L,P(ST#)=>L,P(ST#) BE= /:/ L,P(ST#)=>L,P(ST#) BE= /:/
E2 Transitions
parameters: E2SD= 0.0000 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.2013 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0369 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4928 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0764 /:/
E2 Transitions
parameters: E2SD= 0.0100 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.2013 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0007 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0007 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0369 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0002 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0002 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4928 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0005 /:/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0005 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0764 /:/
E2 Transitions
parameters: E2SD= 0.0200 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.2013 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0030 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0030 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0369 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0008 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0008 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4928 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0021 /:/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0021 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0764 /:/
E2 Transitions
parameters: E2SD= 0.0300 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.2013 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0067 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0067 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0369 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0017 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0017 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4928 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0047 /:/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0047 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0764 /:/
E2 Transitions
parameters: E2SD= 0.0400 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.2013 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0119 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0119 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0369 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0031 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0031 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4928 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0084 /:/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0084 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0765 /:/
E2 Transitions
parameters: **E2SD= 0.0500 , E2DD= 1.0000**

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.2014 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0185 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0185 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0369 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0048 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0048 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4928 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0131 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0131 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0765 /:/
 E2 Transitions
 parameters: E2SD= 0.0600 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.2014 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0267 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0267 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0369 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0069 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0069 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4929 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0189 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0189 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0765 /:/
 E2 Transitions
 parameters: E2SD= 0.0700 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.2014 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0364 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0364 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0369 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0094 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0094 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4929 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0257 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0257 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0765 /:/
 E2 Transitions
 parameters: E2SD= 0.0800 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.2014 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0475 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0475 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0369 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0122 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0122 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4929 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0336 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0336 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0765 /:/
 E2 Transitions
 parameters: E2SD= 0.0900 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.2014 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0602 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0602 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0369 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0155 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0155 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4929 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0425 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0425 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0765 /:/
 E2 Transitions
 parameters: E2SD= 0.1000 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.2014 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0743 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0743 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0369 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0191 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0191 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4929 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0525 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0525 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0765 /:/
 E2 Transitions
 parameters: E2SD= 0.1100 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.2014 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0899 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0899 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0369 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0231 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0231 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4929 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0635 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0635 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0765 /:/

.....

Iterasyon 2:

--- Program PCibaEM ,version JANUARY 1990 ---

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 5
 TRUNCATION AT ND = 5

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.7400 , QQ = 0.0200 , CHQ=-0.0100
 ELL=-0.0020 , OCT = 0.0040 , HEX= 0.0059

CH1 = 0.00000 , CH2 = 0.02000 , EPSD = 0.00000 , FELL = 0.00000 , FQQ = 0.00000
 KAP3 = 0.00000 , CHO = 0.00000

0 2+ ENERGY 3- ENERGY | 2+ 2+ INTER. | 2+ _3- INTER. ONE PHONON TWO PHONON F3 (S+F+DF)
 0.77510 0.00000 0.06220 1 0.00000 -0.00020 0.02236 0.00000
 2 0.06834 2 0.00000
 4 -0.00316 3 0.00000
 4 0.00000
 5 0.00000

REDUCED MATRIX ELEMENTS ARE LABELLED RE OR RM. THEIR VALUES ARE DIVIDED BY SQRT(2^I+1), I=L INITIAL

L,P(ST#)=>L,P(ST#) BE= /:/ L,P(ST#)=>L,P(ST#) BE= /:/ L,P(ST#)=>L,P(ST#) BE= /:/ L,P(ST#)=>L,P(ST#) BE= /:/

.....

M1 Transitions
 parameters: M1= -0.3780 , M1ND= 0.0100 , M1Q= 0.0100

2+(1)=> 2+(1)BM1= 0.7642 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BM1= 0.0005 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BM1= 0.0005 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BM1= 0.7222 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BM1= 0.0001 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BM1= 0.0001 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BM1= 0.6816 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BM1= 0.0004 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BM1= 0.0004 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BM1= 0.6419 /:/
 M1 Transitions
 parameters: ,M1= -0.3660 , M1ND= 0.0100 , M1Q= 0.0100

2+(1)=> 2+(1)BM1= 0.7599 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BM1= 0.0005 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BM1= 0.0005 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BM1= 0.7180 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BM1= 0.0001 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BM1= 0.0001 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BM1= 0.6776 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BM1= 0.0004 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BM1= 0.0004 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BM1= 0.6380 /:/
 M1 Transitions
 parameters: ,M1= -0.3650 , M1ND= 0.0100 , M1Q= 0.0100

2+(1)=> 2+(1)BM1= 0.7557 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BM1= 0.0005 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BM1= 0.0005 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BM1= 0.7139 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BM1= 0.0001 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BM1= 0.0001 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BM1= 0.6735 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BM1= 0.0004 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BM1= 0.0004 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BM1= 0.6341 /:/

¹⁰⁰Ru için İterasyon ile elde edilen M1,M1Q,M1ND ve E2SD,E2DD parametreleri , Run değerlerinden bir kısmı aşağıda verilmiştir.

İterasyon 1:

-- Program PCibaEM
 TOTAL NUMBER OF BOSONS = 6
 TRUNCATION AT ND = 6
 MULTIPOLE EXPANTION :
 EPS= 0.7120 , QQ =-0.0300 , CHQ=-1.4530
 ELL=-0.0370 , OCT = 0.0127 , HEX= 0.0045
 CH1 = 0.00000 , CH2 =-0.03000 , EPSD = 0.00000 , FELL = 0.00000 , FQQ = 0.00000
 KAP3 = 0.00000 , CHO = 0.00000

REDUCED MATRIX ELEMENTS ARE LABELLED RE OR RM. THEIR VALUES ARE DIVIDED BY SQRT(2^l+1), l=L INITIAL

.....

M1 Transitions
 parameters: ,M1= -0.0190 , M1ND= 0.0100 , M1Q= 0.0100

2+(1)=> 2+(1)BM1= 0.0001 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BM1= 0.0009 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BM1= 0.0009 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BM1= 0.0002 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BM1= 0.0002 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BM1= 0.0014 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BM1= 0.0006 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BM1= 0.0006 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BM1= 0.0021 /:/
 M1 Transitions
 parameters: ,M1= -0.0180 , M1ND= 0.0100 , M1Q= 0.0100

2+(1)=> 2+(1)BM1= 0.0001 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BM1= 0.0009 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BM1= 0.0009 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BM1= 0.0002 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BM1= 0.0002 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BM1= 0.0015 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BM1= 0.0006 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BM1= 0.0006 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BM1= 0.0023 /:/
 M1 Transitions
 parameters: ,M1= -0.0170 , M1ND= 0.0100 , M1Q= 0.0100

2+(1)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BM1= 0.0009 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BM1= 0.0009 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BM1= 0.0002 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BM1= 0.0002 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BM1= 0.0017 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BM1= 0.0006 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BM1= 0.0006 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BM1= 0.0026 /:/
 M1 Transitions
 parameters: ,M1= -0.0160 , M1ND= 0.0100 , M1Q= 0.0100

2+(1)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BM1= 0.0009 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BM1= 0.0009 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BM1= 0.0002 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BM1= 0.0002 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BM1= 0.0020 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BM1= 0.0006 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BM1= 0.0006 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BM1= 0.0028 /:/
 M1 Transitions
 parameters: ,M1= -0.0150 , M1ND= 0.0100 , M1Q= 0.0100

2+(1)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BM1= 0.0009 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BM1= 0.0009 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BM1= 0.0001 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BM1= 0.0002 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/

2+(3)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BM1= 0.0002 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BM1= 0.0054 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BM1= 0.0006 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BM1= 0.0006 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BM1= 0.0068 /:/
 M1 Transitions
 parameters: ,M1= -0.0030 , M1ND= 0.0100 , M1Q= 0.0100

2+(1)=> 2+(1)BM1= 0.0008 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BM1= 0.0009 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BM1= 0.0009 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BM1= 0.0014 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BM1= 0.0002 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BM1= 0.0002 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BM1= 0.0058 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BM1= 0.0006 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BM1= 0.0006 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BM1= 0.0072 /:/

.....

İterasyon 2:

--- Program PCibaEM

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 6
 TRUNCATION AT ND = 6

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.7120 , QQ =-0.0300 , CHQ=-1.4530
 ELL=-0.0370 , OCT = 0.0127 , HEX= 0.0045

CH1 = 0.00000 , CH2 =-0.03000 , EPSD = 0.00000 , FELL = 0.00000 , FQQ = 0.00000
 KAP3 = 0.00000 , CHO = 0.00000

REDUCED MATRIX ELEMENTS ARE LABELLED RE OR RM. THEIR VALUES ARE DIVIDED BY SQRT(2^I+1), I=L INITIAL

.....

E2 Transitions

parameters: E2SD= 0.0670 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1730 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0721 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0031 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0721 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0271 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0002 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0005 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0031 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0002 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4576 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0466 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0005 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0466 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0646 /:/

E2 Transitions

parameters: E2SD= 0.0680 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1726 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0739 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0031 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0739 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0270 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0003 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0005 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0031 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0003 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4573 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0478 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0005 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0478 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0645 /:/

E2 Transitions

parameters: E2SD= 0.0690 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1722 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0758 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0032 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0758 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0269 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0003 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0005 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0032 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0003 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4570 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0490 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0005 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0490 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0644 /:/

E2 Transitions

parameters: E2SD= 0.0700 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1718 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0776 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0032 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0776 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0268 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0005 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0032 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4567 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0502 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0005 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0502 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0643 /:/

E2 Transitions

parameters: E2SD= 0.0710 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1713 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0795 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0032 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0795 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0267 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0005 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0032 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4564 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0514 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0005 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0514 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0642 /:/

E2 Transitions

parameters: E2SD= 0.0720 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1709 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0814 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0032 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0814 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0266 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0005 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0005 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0032 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0005 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4561 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0527 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0005 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0527 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0640 /:/

E2 Transitions

parameters: E2SD= 0.0730 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1705 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0833 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0032 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0833 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0265 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0005 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0005 /:/

2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0032 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0005 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4558 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0539 /:/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0005 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0539 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0639 /:/
E2 Transitions
parameters: E2SD= 0.0740 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1701 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0853 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0033 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0853 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0264 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0006 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0005 /:/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0033 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0006 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4555 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0552 /:/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0005 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0552 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0638 /:/
E2 Transitions
parameters: E2SD= 0.0750 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1697 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0872 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0033 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0872 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0264 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0007 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0005 /:/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0033 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0007 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4552 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0565 /:/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0005 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0565 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0637 /:/
E2 Transitions
parameters: E2SD= 0.0760 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1692 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0892 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0033 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0892 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0263 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0007 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0006 /:/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0033 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0007 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4549 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0578 /:/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0006 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0578 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0636 /:/
E2 Transitions
parameters: E2SD= 0.0770 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1688 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0912 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0033 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0912 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0262 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0008 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0006 /:/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0033 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0008 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4546 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0591 /:/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0006 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0591 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0635 /:/
E2 Transitions
parameters: E2SD= 0.0780 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1684 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0933 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0033 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0933 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0261 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0009 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0006 /:/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0033 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0009 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4543 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0605 /:/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0006 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0605 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0634 /:/
E2 Transitions
parameters: E2SD= 0.0790 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1680 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0953 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0034 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0953 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0260 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0010 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0006 /:/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0034 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0010 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4540 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0618 /:/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0006 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0618 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0632 /:/
E2 Transitions
parameters: E2SD= 0.0800 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1676 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0974 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0034 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0974 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0259 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0011 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0006 /:/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0034 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0011 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.4537 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0632 /:/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0006 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0632 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0631 /:/

.....
.....

¹⁰⁴Pd için İterasyon ile elde edilen M1,M1Q,M1ND ve E2SD,E2DD parametreleri , Run değerlerinden bir kısmı aşağıda verilmiştir.

İterasyon1:

--- Program PCibaEM

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 6
TRUNCATION AT ND = 6

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.8240 , QQ =-0.0800 , CHQ=-0.8721
ELL= 0.0008 , OCT =-0.0022 , HEX=-0.0061

CH1 = 0.00000 , CH2 =-0.08000 , EPSD = 0.00000 , FELL = 0.00000 , FQQ = 0.00000
KAP3 = 0.00000 , CHO = 0.00000

.....

E2 Transitions

parameters: E2SD= 0.3570 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1574 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 2.1267 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0019 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0309 /:/

2+(2)=> 2+(1)BE2= 2.2532 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0011 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.1913 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0019 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.1913 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0747 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0018 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0310 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0018 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.3073 /:/
 E2 Transitions
 parameters: E2SD= 0.3690 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1506 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 2.2648 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0019 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0310 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 2.2648 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0012 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.1914 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0019 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.1914 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0747 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0018 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0310 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0018 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.3069 /:/
 E2 Transitions
 parameters: E2SD= 0.3700 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1501 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 2.2766 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0019 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0311 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 2.2766 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0012 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.1914 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0019 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.1914 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0747 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0018 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0311 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0018 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.3065 /:/
 E2 Transitions
 parameters: E2SD= 0.3710 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1495 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 2.2883 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0019 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0311 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 2.2883 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0013 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.1915 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0019 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.1915 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0747 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0018 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0311 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0018 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.3066 /:/
 E2 Transitions
 parameters: E2SD= 0.3720 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1489 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 2.3001 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0019 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0311 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 2.3001 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0013 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.1915 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0019 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.1915 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0746 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0018 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0311 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0018 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.3056 /:/
 E2 Transitions
 parameters: E2SD= 0.3730 , E2DD= 1.0000

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.1484 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 2.3119 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0019 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0311 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 2.3119 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0014 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.1916 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0019 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.1916 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0746 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0018 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0311 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0018 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.3051 /:/

iterasyon 2:

--- Program PCibaEM

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 6
 TRUNCATION AT ND = 6

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.8240 , QQ =-0.0800 , CHQ=-0.8721
 ELL= 0.0008 , OCT=-0.0022 , HEX=-0.0061

CH1 = 0.00000 , CH2 =-0.08000 , EPSD = 0.00000 , FELL = 0.00000 , FQQ = 0.00000
 KAP3 = 0.00000 , CHO = 0.00000

REDUCED MATRIX ELEMENTS ARE LABELLED RE OR RM. THEIR VALUES ARE DIVIDED BY SQRT(2^{I+1}), I=L INITIAL

.....

M1 Transitions

parameters: .M1= -0.0350 , M1ND= 0.0100 , M1Q= 0.0100

2+(1)=> 2+(1)BM1= 0.0002 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BM1= 0.0011 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BM1= 0.0010 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BM1= 0.0011 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BM1= 0.0003 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BM1= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BM1= 0.0010 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/

M1 Transitions

parameters: .M1= -0.0340 , M1ND= 0.0100 , M1Q= 0.0100

2+(1)=> 2+(1)BM1= 0.0001 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BM1= 0.0011 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BM1= 0.0010 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BM1= 0.0011 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BM1= 0.0002 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(3)=> 2+(1)BM1= 0.0000 /:/ 2+(3)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(3)=> 2+(3)BM1= 0.0004 /:/ 2+(3)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/
 2+(4)=> 2+(1)BM1= 0.0010 /:/ 2+(4)=> 2+(2)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(4)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/

M1 Transitions

parameters: .M1= -0.0330 , M1ND= 0.0100 , M1Q= 0.0100

2+(1)=> 2+(1)BM1= 0.0001 /:/ 2+(1)=> 2+(2)BM1= 0.0011 /:/ 2+(1)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(1)=> 2+(4)BM1= 0.0010 /:/
 2+(2)=> 2+(1)BM1= 0.0011 /:/ 2+(2)=> 2+(2)BM1= 0.0001 /:/ 2+(2)=> 2+(3)BM1= 0.0000 /:/ 2+(2)=> 2+(4)BM1= 0.0000 /:/

EK - 2

PHINT ENERJİ SEVİYELERİ SONUÇLARI

⁹⁴Mo için Phint Program Kodu ile Uygun Enerji Seviyelerinin Run Sonuçları

--- Program PCIBAXW

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 5

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.7400 , QQ = 0.0200 , CHQ=-0.0100
ELL=-0.0020 , OCT = 0.0040 , HEX= 0.0059

CH1 = 0.00000 , CH2 = 0.02000 , EPSD = 0.00000 , FELL = 0.00000 , FQQ = 0.00000
KAP3 = 0.00000 , CHO = 0.00000

ENERGIES , L= 0+
0.0000 1.7455 2.6592 3.4476 4.3389
NO STATE WITH L= 1 AND PARITY +
ENERGIES , L= 2+
0.8568 1.7437 2.5851 3.4502 3.5100 4.2584 4.3866
ENERGIES , L= 3+
2.5979 4.2776
ENERGIES , L= 4+
1.6722 2.5571 3.3787 3.4385 4.2368 4.3151
ENERGIES , L= 5+
3.3875 4.2640
ENERGIES , L= 6+
2.4447 3.3262 4.1244 4.2027
ENERGIES , L= 7+
4.1312
ENERGIES , L= 8+
3.1730 4.0495
NO STATE WITH L= 9 AND PARITY +
ENERGIES , L=10+
3.8554
BINDING-ENERGY = -0.0115 , EPS-EFF = 0.8551

¹⁰⁰Ru için Phint Program Kodu ile Uygun Enerji Seviyelerinin Run Sonuçları

--- Program PCIBAXW

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 6
MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.7120 , QQ =-0.0300 , CHQ=-1.4530
ELL=-0.0370 , OCT = 0.0127 , HEX= 0.0045

CH1 = 0.00000 , CH2 =-0.03000 , EPSD = 0.00000 , FELL = 0.00000 , FQQ = 0.00000
KAP3 = 0.00000 , CHO = 0.00000

ENERGIES , L= 0+
0.0000 1.4745 2.8295 3.2733 4.7776 5.3472 6.8799
NO STATE WITH L= 1 AND PARITY +
ENERGIES , L= 2+
0.6362 1.5858 2.2814 3.3828 3.8834 4.2273 5.2328 5.4703 5.9790
ENERGIES , L= 3+

2.5056 4.4502 6.5556
 ENERGIES , L= 4+
 1.1982 2.2883 3.0049 3.5079 4.2400 4.8554 5.0932 5.5976 6.3403
 ENERGIES , L= 5+
 3.853 4.5879 5.3266
 ENERGIES , L= 6+
 1.6849 2.9123 3.6449 4.2658 5.0142 5.7454 5.7475
 ENERGIES , L= 7+
 3.8845 5.3700
 ENERGIES , L= 8+
 2.0945 3.4574 4.2010 4.9434
 ENERGIES , L= 9+
 4.4526
 ENERGIES , L=10+
 2.4255 3.9228
 NO STATE WITH L=11 AND PARITY +
 ENERGIES , L=12+
 2.6766
 BINDING-ENERGY = -0.0463 , EPS-EFF = 0.6341

¹⁰⁴Pd İçin Phint Program Kodu İle Uygun Enerji Seviyelerinin Run Sonuçları

--- Program PCIBAXW

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 6
 MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.8240 , QQ =-0.0800 , CHQ=-0.8721
 ELL= 0.0008 , OCT =-0.0022 , HEX=-0.0061

CH1 = 0.00000 , CH2 =-0.08000 , EPSD = 0.00000 , FELL = 0.00000 , FQQ = 0.00000
 KAP3 = 0.00000 , CHO = 0.00000

ENERGIES , L= 0+
 0.0000 1.4368 2.2198 3.2237 4.2248 5.2283 5.3144
 NO STATE WITH L= 1 AND PARITY +
 ENERGIES , L= 2+
 0.5682 1.3331 2.2731 3.1474 3.2119 4.1912 4.2273 5.2570 5.3082
 ENERGIES , L= 3+
 2.1758 4.2100 5.3436
 ENERGIES , L= 4+
 1.3144 2.2183 3.1650 3.800 4.2210 4.2666 5.3031 5.3243 5.3743
 ENERGIES , L= 5+
 3.1789 4.2458 5.3514
 ENERGIES , L= 6+
 2.2226 3.895 4.2856 4.3108 5.4082 5.4291 5.4407
 ENERGIES , L= 7+
 4.3153 5.4758
 ENERGIES , L= 8+
 3.2786 4.3922 5.4903 5.5433
 ENERGIES , L= 9+
 5.5779
 ENERGIES , L=10+
 4.4714 5.6701
 NO STATE WITH L=11 AND PARITY +
 ENERGIES , L=12+
 5.7920
 BINDING-ENERGY = -0.3821 , EPS-EFF = 0.5100