

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZİK ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS

$A \cong 80$ BÖLGESİ CİVARINDA BULUNAN BAZI ÇİFT-ÇİFT Zr
ÇEKİRDEKLERİNİN ELEKTROMANYETİK GEÇİŞLERİNİN ÇOK
KUTUPLULUKLARININ İNCELENMESİ

FATİH MEHMET BAL

NİSAN 2009

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürünün onayı.

Doç. Dr. Burak BİRGÖREN

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

Prof. Dr. Mehmet ZENGİN

Prof. Dr. Şerafettin EREL

ÖZET

A \cong 80 BÖLGESİ CİVARINDA BULUNAN BAZI ÇİFT-ÇİFT Zr
ÇEKİRDEKLERİNİN
ELEKTROMANYETİK GEÇİŞLERİNİN ÇOK KUTUPLULUKLARININ
İNCELENMESİ

BAL, Fatih Mehmet

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. İhsan ULUER

Nisan 2009, 128 sayfa

Bu tez çalışmasında Zr çekirdeklerinin enerji düzeyleri ve B(E2) geçiş olasılıkları Etkileşen Bozon Modeli-2 (IBM-2) kullanılarak incelendi. $\delta(E2/M1)$ kutupsal karışım oranları etkileşen bozon modeli kullanılarak incelenmiştir. Yapılan hesaplamalar da PHINT kodu kullanılarak B(E2) geçiş olasılıkları ve enerji düzeyleri hesaplanmıştır. $\delta(E2/M1)$ kutupsal karışım oranları IBM-2 modeli kullanılarak hesaplanmıştır. İzlenen metotta $\delta(E2/M1)$ değerlerine bağlı olan A değerlerinin değişimi hesaplanarak çizelge haline getirilmiştir. Oluşturulan bu çizelgeden hata oranı minimum olan deneysel $\delta(E2/M1)$ değerine karşılık gelen A değeri belirlenerek bütün geçişler için bu A değerine karşılık gelen $\delta(E2/M1)$ değerleri hesaplanmış ve hata oranları belirlenmiştir. Hesaplanmış olduğumuz enerji seviyeleri, B(E2) geçiş

olasılıkları ve $\delta(E2/M1)$ kutupsal karışım oranları deneysel verilerle karşılaştırıldı. Yapılan hesaplamaların deneysel verilerle uyum sağladığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji düzeyleri, B(E2) elektromanyetik geçiş olasılıkları, etkileşen bozon modeli (IBM-2), $\delta(E2/M1)$ kutupsal karışım oranları, PHINT program kodu.

ABSTRACT

THE INVESTIGATION OF THE MULTIPOLARITIES OF
ELECTROMAGNETIC TRANSITIONS OF SOME EVEN-EVEN Zr
ISOTOPES NEAR THE REGION $A \cong 80$

BAL, Fatih Mehmet

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Physics, M. Sc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. İhsan Uluer

April 2009, 128 pages

In this work, the energy levels and transition probabilities $B(E2)$ of Zr isotopes have been investigated by using the interacting boson model-2 (IBM). The multipole mixing ratios $\delta(E2/M1)$ have also been investigated by using the model of interacting boson. In calculations, transition probabilities $B(E2)$ and the theoretical energy levels have been obtained by using PHINT program code. In order to obtain the multipole mixing ratios $\delta(E2/M1)$, the variation of A values which depend on sequentially ascent $\delta(E2/M1)$ were calculated by using the iteration method and these obtained results have been tabulated. From this, the values of A which correspond to the experimental values of $\delta(E2/M1)$ with minimum error were determined, and the values of $\delta(E2/M1)$ with minimum error were theoretically calculated for all transitions. Finally, the determined results theoretical energy levels of Zr

nucleus, transition probabilities $B(E2)$, the multipole mixing ratios $\delta(E2/M1)$ were compared with the experimental data respectively. It has been seen that our obtained theoretical results are in good agreement with the experimental data.

Key Words: Energy levels, $B(E2)$ electromagnetic transition probabilities, the interacting Boson model-2 (IBM-2), the polar mixing ratios, PHINT program code.

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının her aőamasında yardım ve desteklerini sabırla gosteren değerli danışman hocam Sn. Prof. Dr. İhsan ULUER' e teőekkürlerimi ve en içten őükranlarımı sunarım. Yardımlarını ve desteklerini gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Nurettin Türkan' a, Araő. Gör. Mahmut Büyükata' ya ve Sinan Yaőar' a teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
SİMGE VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Kaynak Özetleri.....	2
1.2. Çalışmanın Amacı.....	3
2. MATERYAL VE YÖNTEM	4
2.1. Etkileşen Bozon Modeli.....	4
2.2. Elektromanyetik Geçişler ve Kuadrupol Moment.....	12
2.3. IBM'de Toplam N Bozon Sayısı.....	12
2.4. IBM Faz Üçgeni ve Dinamik Simetrier.....	13
2.4.1. U(5) Limitinde Enerji Özdeğerleri.....	16
2.4.2. SU(3) Limitinde Enerji Özdeğerleri.....	16
2.4.3. SO(6) Limitinde Enerji Özdeğerleri.....	16
2.5. $\delta(E2/M1)$ Kutupsal Karışım Oranı ve B(E2) Geçiş Olasılıkları.....	17
2.6. PHINT Programı.....	18
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	21
3.1. Belirsizlikler.....	22

3.2. Birimler.....	22
3.3. Parametreler.....	22
3.4. ⁹² Zr İzotopunun İncelenmesi.....	24
3.4.1. ⁹² Zr İzotopunun $\delta(E2/M1)$ Çok kutuplu Karışım Oranlarının Hesaplanması.....	28
3.4.1.1. A' nın Hata Hesabı.....	32
3.4.1.2. $\delta(E2/M1)$ 'in Hata Hesabı.....	33
3.5. ⁹⁴ Zr İzotopunun İncelenmesi.....	36
3.5.1. ⁹⁴ Zr İzotopunun $\delta(E2/M1)$ Çok Kutuplu Karışım Oranlarının Hesaplanması.....	40
3.6. ⁹⁶ Zr İzotopunun İncelenmesi.....	40
3.6.1. ⁹⁶ Zr İzotopunun $\delta(E2/M1)$ Çok Kutuplu Karışım Oranlarının Hesaplanması.....	45
3.6.1.1. A' nın Hata Hesabı.....	48
3.6.1.2. $\delta(E2/M1)$ 'nin Hata Hesabı.....	49
3.7. ⁹⁸ Zr İzotopunun İncelenmesi.....	52
3.7.1. ⁹⁸ Zr İzotopunun $\delta(E2/M1)$ Çok Kutuplu Karışım Oranlarının Hesaplanması.....	56
3.7.1.1. A' nın Hata Hesabı.....	60
3.7.1.2. $\delta(E2/M1)$ 'in Hata Hesabı.....	61
3.8. ¹⁰⁰ Zr İzotopunun İncelenmesi.....	63
3.8.1. ¹⁰⁰ Zr İzotopunun $\delta(E2/M1)$ Çok Kutuplu Karışım Oranlarının Hesaplanması.....	67
3.8.1.1. A' nın Hata Hesabı.....	71
3.8.1.2. $\delta(E2/M1)$ 'nin Hata Hesabı.....	72

3.9. ^{102}Zr İzotopunun İncelenmesi.....	74
3.9.1. ^{102}Zr İzotopunun $\delta(\text{E2/M1})$ Çok Kutuplu Karışım Oranlarının Hesaplanması.....	78
3.10. ^{104}Zr İzotopunun İncelenmesi.....	78
3.10.1. ^{104}Zr İzotopunun $\delta(\text{E2/M1})$ Çok Kutuplu Karışım Oranlarının Hesaplanması.....	82
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	83
4.1. ^{92}Zr İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi	85
4.2. ^{94}Zr İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi	87
4.3. ^{96}Zr İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	89
4.4. ^{98}Zr İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	91
4.5. ^{100}Zr İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	92
KAYNAKLAR	98
EK-1. ^{92}Zr İzotopu Enerji Seviyeleri, PHINT Program Verileri.....	101
EK-2. ^{94}Zr İzotopu Enerji Seviyeleri, PHINT Program Verileri.....	102
EK-3. ^{96}Zr İzotopu Enerji Seviyeleri, PHINT Program Verileri.....	104
EK-4. ^{98}Zr İzotopu Enerji Seviyeleri, PHINT Program Verileri.....	105
EK-5. ^{100}Zr İzotopu Enerji Seviyeleri, PHINT Program Verileri.....	107
EK-6. ^{102}Zr İzotopu Enerji Seviyeleri, PHINT Program Verileri.....	108
EK-7. ^{104}Zr İzotopu Enerji Seviyeleri, PHINT Program Verileri.....	110
EK-8. http://www.nndc.bnl.gov/nudat/getdataset.jsp?nucleus Bazı Zr Çekirdeklerinin Enerji Seviye Verileri.....	111
EK-9. http://www.nndc.bnl.gov/be2/adopted.jsp Bazı Zr Çekirdeklerinin B(E2) Geçiş Olasılıklarının Deneysel Değerleri.....	113

EK-10.	^{92}Zr izotopuna ait B(E2) geçiş olasılıkları PHINT program verileri.....	113
EK-11.	^{94}Zr İzotopuna Ait B(E2) Geçiş Oasılıkları PHINT Program Verileri.....	115
EK-12.	^{96}Zr İzotopuna Ait B(E2) Geçiş Olasılıkları PHINT Program Verileri.....	118
EK-13.	^{98}Zr İzotopuna Ait B(E2) Geçiş Olasılıkları PHINT Program Verileri.....	120
EK-14.	^{100}Zr İzotopuna Ait B(E2) Geçiş Olasılıkları PHINT Program Verileri.....	122
EK-15.	^{102}Zr İzotopuna Ait B(E2) Geçiş Olasılıkları PHINT Program Verileri.....	124
EK-16.	^{104}Zr İzotopuna Ait B(E2) Geçiş Olasılıkları PHINT Program Verileri.....	126

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

2.1. PHİNT Programını Çalıştıran Alt Programlar.....	18
2.2. IBM–2 Modelindeki Hamiltoniyen Parametreleri.....	20
3.1. A ~ 80 civarında İncelenen İzotopların Elde Edilen Uygun Hamiltoniyen Katsayıları.....	23
3.2. B(E2) Değerlerini Hesaplamada Kullanılan Parametreler.....	23
3.3. ⁹² Zr İzotopunun IBM–2 Modelinde Hesaplanan Enerji Değerleri.....	27
3.4. ⁹² Zr İzotopunun IBM–2 Modelinde Hesaplanan Bazı B(E2) Geçiş Olasılıkları.....	27
3.5. ⁹² Zr İzotopuna Ait Ardışık Artan Delta Değerlerine Karşılık Gelen A Değerleri.....	29
3.6. ⁹² Zr İzotopu İçin δ (E2/M1)' in Hata Hesabı.....	34
3.7. ⁹² Zr İzotopunun Bazı Geçişleri İçin δ bu çalışma (E2/M1) Elektromanyetik Çok Kutuplu Karışım Oranları.....	35
3.8. ⁹⁴ Zr İzotopunun IBM–2 Modelinde Hesaplanan Enerji Değerleri.....	39
3.9. ⁹⁴ Zr İzotopunun IBM–2 Modelinde Hesaplanan Bazı B(E2) Geçiş Olasılıkları.....	39
3.10. ⁹⁶ Zr İzotopunun IBM–2 Modelinde Hesaplanan Enerji Değerleri.....	44
3.11. ⁹⁶ Zr İzotopunun IBM–2 Modelinde Hesaplanan Bazı B(E2) Geçiş Olasılıkları.....	44
3.12. ⁹⁶ Zr izotopuna Ait Ardışık Artan Delta Değerlerine Karşılık Gelen A Değerleri.....	46

3.13.	^{96}Zr İzotopu İçin δ (E2/M1)' in Hata Hesabı.....	50
3.14.	^{96}Zr İzotopunun Bazı Geçişleri İçin $\delta_{\text{bu çalışma}}$ (E2/M1) Elektromanyetik Çok Kutuplu Karışım Oranları.....	51
3.15.	^{98}Zr İzotopunun IBM–2 Modelinde Hesaplanan Enerji Değerleri.....	55
3.16.	^{98}Zr İzotopunun IBM–2 Modelinde Hesaplanan Bazı B(E2) Geçiş Olasılıkları.....	55
3.17.	^{98}Zr İzotopuna Ait Ardışık Artan Delta Değerlerine Karşılık Gelen A Değerleri.....	57
3.18.	^{98}Zr İzotopu İçin δ (E2/M1)' in Hata Hesabı.....	61
3.19.	^{98}Zr İzotopunun Bazı Geçişleri İçin $\delta_{\text{bu çalışma}}$ (E2/M1) Elektromanyetik Çok Kutuplu Karışım Oranları.....	62
3.20.	^{100}Zr İzotopunun IBM–2 Modelinde Hesaplanan Enerji Değerleri.....	66
3.21.	^{100}Zr İzotopunun IBM–2 Modelinde Hesaplanan Bazı B(E2) Geçiş Olasılıkları.....	66
3.22.	^{100}Zr İzotopuna Ait Ardışık Artan Delta Değerlerine Karşılık Gelen A Değerleri.....	68
3.23.	^{100}Zr İzotopu İçin δ (E2/M1)' in Hata Hesabı.....	72
3.24.	^{100}Zr İzotopunun Bazı Geçişleri İçin $\delta_{\text{bu çalışma}}$ (E2/M1) Elektromanyetik Çok Kutuplu Karışım Oranları.....	73
3.25.	^{102}Zr İzotopunun IBM–2 Modelinde Hesaplanan Enerji Değerleri.....	77
3.26.	^{102}Zr İzotopunun IBM–2 Modelinde Hesaplanan Bazı B(E2) Geçiş Olasılıkları.....	77
3.27.	^{104}Zr İzotopunun IBM–2 Modelinde Hesaplanan Enerji Değerleri.....	81
3.28.	^{104}Zr İzotopunun IBM–2 Modelinde Hesaplanan Bazı B(E2) Geçiş Olasılıkları.....	81

4.1. ^{92}Zr İzotopunda Belirli Bazı Geçişlerin $\delta(E2/M1)$ Kutupsal Karışım Oranları.....	86
4.2. ^{94}Zr İzotopunda Belirli Bazı Geçişlerin $\delta(E2/M1)$ Kutupsal Karışım Oranları.....	88
4.3. ^{96}Zr İzotopunda Belirli Bazı Geçişlerin $\delta(E2/M1)$ Kutupsal Karışım Oranları.....	90
4.4. ^{98}Zr İzotopunda Belirli Bazı Geçişlerin $\delta(E2/M1)$ Kutupsal Karışım Oranları.....	91
4.5. ^{100}Zr İzotopunda Belirli Bazı Geçişlerin $\delta(E2/M1)$ Kutupsal Karışım Oranları.....	93

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

2.1. Kuadropol Şekiller.....	11
2.2. IBM Faz Üçgeni.....	14
3.1. ⁹² Zr İzotopunun Enerji Bozunum Şeması.....	26
3.2. ⁹² Zr İzotopunun İterasyon Metodu İle Elde Edilen A Değerlerinin $\delta(E2/M1)$ Değerine Karşı Değişimi.....	31
3.3. ⁹⁴ Zr İzotopunun Enerji Bozunum Şeması.....	38
3.4. ⁹⁶ Zr İzotopunun Enerji Bozunum Şeması.....	43
3.5. ⁹⁶ Zr İzotopunun İterasyon Metodu İle Elde Edilen A Değerlerinin $\delta(E2/M1)$ Değerine Karşı Değişimi.....	47
3.6. ⁹⁸ Zr İzotopunun Enerji Bozunum Şeması.....	54
3.7. ⁹⁸ Zr İzotopunun İterasyon Metodu İle Elde Edilen A Değerlerinin $\delta(E2/M1)$ Değerine Karşı Değişimi.....	59
3.8. ¹⁰⁰ Zr İzotopunun Enerji Bozunum Şeması.....	65
3.9. ¹⁰⁰ Zr İzotopunun İterasyon Metodu İle Elde Edilen A Değerlerinin $\delta(E2/M1)$ Değerine Karşı Değişimi.....	70
3.10. ¹⁰² Zr İzotopunun Enerji Bozunum Şeması.....	76
3.11. ¹⁰⁴ Zr Çekirdeğinin Enerji Geçişleri.....	80
4.1. B(E2; $0_1^+ \rightarrow 2_1^+$) Değerlerinin Nötron Bozon Sayılarına Göre Değişimi..	84

4.2.	${}_{40}^{92}\text{Zr}_{52}$	Çekirdeği İçin Bazı Durumların IBM–2 Modelinde Hesaplanan Bazı Enerji Seviyeleri.....	86
4.3.	${}_{40}^{94}\text{Zr}_{54}$	Çekirdeği İçin Bazı Durumların IBM–2 Modelinde Hesaplanan Bazı Enerji Seviyeleri.....	88
4.4.	${}_{40}^{96}\text{Zr}_{56}$	Çekirdeği İçin Bazı Durumların IBM–2 Modelinde Hesaplanan Bazı Enerji Seviyeleri.....	90
4.5.	${}_{40}^{98}\text{Zr}_{58}$	Çekirdeği İçin bazı Durumların IBM–2 Modelinde Hesaplanan Bazı Enerji Seviyeleri.....	92
4.6.	${}_{40}^{100}\text{Zr}_{60}$	Çekirdeği İçin Bazı Durumların IBM–2 Modelinde Hesaplanan Bazı Enerji Seviyeleri.....	93
4.7.	${}_{40}^{102}\text{Zr}_{62}$	Çekirdeği İçin Bazı Durumların IBM–2 Modelinde Hesaplanan Bazı Enerji Seviyeleri.....	94
4.8.	${}_{40}^{104}\text{Zr}_{64}$	Çekirdeği İçin Bazı Durumların IBM–2 Modelinde Hesaplanan Bazı Enerji Seviyeleri.....	95
4.9.	Zr İzotoplarının 2_1^+ Durumlarının IBM–2 Modelinde Hesaplanan Enerji Değerlerinin Nötron Bozon Sayılarına Göre Karşılaştırması.....		96
4.10.	Zr İzotoplarının 4_1^+ Durumlarının IBM–2 Modelinde Hesaplanan Enerji Değerlerinin Nötron Bozon Sayılarına Göre Karşılaştırması.....		97

SİMGELER VE KISALTMALAR

IBM	Etkileşen Bozon Modeli
IBM-1	Etkileşen Bozon Modeli-1
IBM-2	Etkileşen Bozon Modeli-2
ϵ_s	s-Bozon Bağlanma Enerjisi
ϵ_d	d-Bozon Bağlanma Enerjisi
E2	Elektromanyetik Kuadrupol Geçiş Operatörü
M1	Manyetik Dipol Geçiş Operatörü
B(E2)	Elektromanyetik Kuadrupol Geçiş Olasılığı
δ	Karışım Oranı
Q	Kuadrupol Moment
χ	Kuadrupol Deformasyon Parametresi
κ	Nötron İle Proton Arasındaki Kuadrupol Etkileşim Kuvveti
M	Majonara Etkileşme Parametresi
N	Toplam Bozon Sayısı
N_π	Proton Bozon Sayısı
N_ν	Nötron Bozon Sayısı
W.u.	Wiesskopf Birimleri

1.GİRİŞ

Bohr ve Mottelson tarafından ortaya atılan Kollektif model daha önce anlatılan sıvı damlası ve kabuk modelin birleştirilmesi sonucu oluşmuş, başarılı sonuçlar veren bir modeldir. Bu model; kabuk modelinde öngörülen, çekirdeklerin manyetik ve kuadropol momentlerini belirlemedeki eksiklikleri, bazı çekirdeklerin uyarılmış enerji seviyeleri için beklenen değerlerinde meydana gelen hatalar giderilir. Bunun yanında çift-çift olmayan bütün çekirdeklerin küresel olmayan şekilleri ile dönen bir çekirdeğin merkezkaç kuvvetinden doğan şekil bozukluklarını da hesaba katar.⁽¹⁾

Proton ve nötronların farklı etkileşmelere sahip olmaları çekirdekte bulunan nötronlar ve protonlar için deformasyonunun ortaya çıkmasına neden olur. Son yıllarda ortaya konulan çekirdek modelleri çekirdeklerin deneysel durumlarını açıklamakta oldukça etkili olmuştur. Bu modeller sayesinde çekirdeklerin çeşitli elektromanyetik özellikleri deneylerle karşılaştırılarak hesaplanan değerlerin güvenilirliğinin anlaşılmasında büyük yarar sağlamıştır. Bu sayede yapılan çalışmalarla deneysel çalışmaların desteklenmesine imkân olmuştur.

Yapmış olduğumuz çalışmada ise etkileşen bozon modeli kullanılarak teorik hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar deneylerle karşılaştırılarak bu modelin güvenilirliği bir kez daha ortaya konmuştur.

1.1. Kaynak Özetleri

Bostosun (2005)⁽¹⁾ Yapmış olduğu çalışma içerisinde modeller hakkında genel bilgi vermiştir.

Iachello ve arkadaşları (1987)⁽²⁾ Etkileşen Bozon Modeli hakkında genel bilgi vermiştir.

Arima ve Iachello (1976)⁽³⁾ IBM modelini ortaya koyarak çeşitli formüller elde etmişlerdir.

Tagziria ve arkadaşları (1990)⁽⁴⁾ Bazı çekirdeklerin çeşitli elektromanyetik özelliklerini tespit edebilmek için çeşitli teorik hesaplamalar yapmışlardır.

Baylan ve arkadaşları (2002)⁽⁵⁾ Bazı çift-çift Platonyum izotoplarının IBM-2 modelini kullanarak E2 geçişlerini, M1 özelliklerini, Elektrik kuadrupol momentleri incelemişlerdir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada Etkileşen Bozon Modeli kullanılarak bazı çift-çift $^{92-104}\text{Zr}$ çekirdeklerinin enerji düzeyleri, B(E2) geçiş olasılıkları, $\delta(E2/M1)$ kutupsal karışım oranları teorik hesaplamaları yapılarak deneysel verilerle karşılaştırılıp yapılan çalışmanın ve kullanılan modelin güvenilirliğini ortaya koymaktır. Her bir izotop için B(E2) geçiş olasılıkları ve enerji seviyeleri hesaplamalarında PHINT kodu kullanılacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Etkileşen Bozon Modeli

Etkileşen Bozon Yaklaşımı Çekirdeklerin çeşitli elektromanyetik özelliklerini ortaya koymak için Arima ve Iachello tarafından 1970 yılında ortaya konmuştur.

1930 yılında Bohr sıvı damlası modelini önermiş ancak bu modelde çıkan çeşitli eksikliklerden dolayı 1934 yılında kabuk modeli ortaya konmuştur. Ancak bu modelde deforme bölgedeki bazı özellikleri açıklayamadığı için 1970'li yıllarda etkileşen bozon modeli ortaya çıkmıştır. Bu modelde sınırlı sayıda etkileşen bozonlar olarak bilinir.

Proton ve nötronun ayırma enerjileri yarı deneysel bağlanma enerjisi formülü ile hesaplanan değerlerden sapmalar göstermesi, nükleer kabukların varlığını destekleyen kanıtlardan biridir. Ayrılma enerjisi, atomik iyonlaşma enerjisi gibi N veya Z ile düzgün olarak artar. Ayrılma enerjilerindeki ani ve kesikli davranışlar aynı proton ve nötron sayılarında ortaya çıkar. Bu sayılara (N veya $Z= 2, 8, 20, 50, 82$ ve 126) sihirli sayılar denir⁽¹⁾. En yakın kapalı kabuğa göre hesaplama yapılır. $2, 8, 20, 28, 50, 82, 126, \dots$ sihirli sayıları baz alınarak nötron ve proton bozonlarının sayıları belirlenir.

Etkileşen Bozon Modeli çift-çift çekirdek N tane etkileşen bozonlar sistemi olarak belirtilir. Başlangıçta biri nötron bozonu diğeri proton bozonu olmak üzere iki çeşit bozonun varlığı kabul edilmiştir. Bozonlar iki durumda bulunabilir. Bu iki durum, $J=0$ durumunda olanlar s bozonları ve $J=2$

durumunda olan d bozonları olarak tanımlanır. ⁽²⁾

$$s^+, d_\mu^+ \quad (\mu=0, \pm 1, \pm 2) \qquad s, d_\mu \quad (\mu=0, \pm 1, \pm 2) \qquad (2.1)$$

olur. Bu işlemciler aşağıdaki sıra-değişim bağıntılarını sağlarlar.

$$\begin{aligned} [s, s^+] &= 1 & [s, s] &= 0 & [s^+, s^+] &= 0 \\ [d_\mu, d_\mu^+] &= \delta_{\mu\mu'} & [d_\mu, d_\mu] &= 0 & [d_\mu^+, d_\mu^+] &= 0 \\ [s, d_\mu^+] &= 0 & [s^+, d_\mu^+] &= 0 & & \\ [s, d_\mu^+] &= 0 & [s^+, d_\mu] &= 0 & \mu &= 0, \pm 1, \pm 2 \end{aligned} \qquad (2.2)$$

Bu bozon operatörü için

$$\begin{aligned} b_\alpha^+; b_\alpha; \quad (\alpha = 1, \dots, 6) \\ b_1 = s, \quad b_2 = d_{+2}, \quad b_3 = d_{+1}, \quad b_4 = d_0, \quad b_5 = d_{-1}, \quad b_6 = d_{-2} \end{aligned} \qquad (2.3)$$

gösterimlerini kullanırız. Buna göre (2.3) sıra değiştirme bağıntıları

$$[b_\alpha, b_\alpha^+] = \delta_{\alpha\alpha'} \qquad [b_\alpha, b_\alpha'] = [b_\alpha^+, b_\alpha^+] = 0 \qquad (2.4)$$

olarak yazabiliriz.

Çift-çift çekirdeklerin özelliklerini hesaplayabilmek için ilk olarak uygun işlemciler bulmak gerekir. Bütün bu işlemciler de bozon işlemcileri cinsinden tanımlanmalıdır. Burada enerji düzeylerini bulabilmek için Hamilton işlemcisine gerek duyulur. Bozon topluluğunun öz durumlarını bulmak için uygun hamiltonyen oluşturulur. En basit olarak hamiltonyenin tek-parçacık bozon enerjilerini ve bozon-bozon etkileşimlerini içerdiği kabul edilir. Böyle bir Hamiltoniyeni oluşturmak için bozon oluşturucu ve yok edici işlemcileri kullanılır. Toplam bozon sayısı N' nin korunumlu olduğu kabul edilirse, hamiltonyen işlemcisi bozon işlemcileri cinsinden ⁽²⁾

$$H = \epsilon_0 + \sum \epsilon_{\alpha\beta} b_{\alpha}^{\dagger} b_{\beta} + \sum 1/2 U_{\alpha\beta\delta\gamma} b_{\alpha}^{\dagger} b_{\beta}^{\dagger} b_{\delta} b_{\gamma} + \dots \quad (2.5)$$

olarak yazılabilir. Burada ϵ_0 sabit sayıdır. $b^{\dagger}b$ terimi tek-parçacık katkılarını ve ondan sonraki terim de iki-cisim katkılarını temsil ederler. Etkileşme terimlerinin varlığı, modelin bu tipine " Etkileşen Bozon Modeli " isminin verilmesine neden olmuştur. Etkileşen bozon modelinin temel kabullerini (2.5) yukarıdaki eşitlikteki etkileşmelerde bozon sayısının korunumlu olmasıdır. IBA-1 Hamiltoniyenini bozon işlemcileri cinsinden yazmak istediğimiz takdirde ikinci kuantize formu kullanmamız daha uygun olur. Böylece d_{μ}^{\dagger} ve s^{\dagger} işlemcileri oluşturulur. Birincisi $Jz=\mu$ olan durumda bir d bozonu ve ikincisi de bir tane s bozonu oluşmaktadır. Bu işlemciler kullanılarak

$$d_{\mu}^{\dagger}d_{\mu}, d_{\mu}^{\dagger}s, s^{\dagger}d_{\mu}, s^{\dagger}s \quad (2.6)$$

gibi tek-parçacık bozon işlemcileri yazılabilir. 36 tane birbirinden bağımsız

böyle işlemciler vardır. Hamiltoniyenin dönmeler altında değişmez olması gerektiğinden yukarıdaki eşitlikte (2.6) işlemcilerin belirli çizgisel karışımlarını kullanmak çok daha uygun olur. Oluşturucu d_{μ}^{+} işlemcileri, dönmeler altında rankı 2 olan indirgenemez tensör bileşenleri gibi davranırlar. d_{μ} yok etme işlemcileri böyle dönüşüm özellikleri sağlamadıkları için bu özelliği sağlayan

$$d_{\mu} = (-)^{2\mu} d_{-\mu} = (-)^{\mu} d_{\mu} \quad (2.7)$$

tanımlaması kullanılır. Bu durumda k ranklı indirgenemez tensör olan

$$(d^{+}d)q^{(k)} = \sum_{\mu} \langle 2\mu | 2\mu \rangle \langle 2k | 2k \rangle d_{\mu}^{+} d_{\mu}^{-} \quad k=0.1.2.3.4 \quad (2.8)$$

İşlemcileri ve rankı 2 olan $d_{\mu}^{+} s, s^{+} d_{\mu}$ kuadropol işlemcileri ve (rankı 0) olan $s^{+} s$ işlemcilerinden oluşan tam bir set tanımlanır. Bu işlemcilerin toplam sayısı yine 36' dır.

En genel Hamiltoniyen tek-parçacık bozon terimleri ve bozon-bozon etkileşme terimleri içerir. Dönmeler altında değişmez olmalıdır. Böylece Hamiltoniyen (2.7) ve (2.8) denklemlerindeki rankı sıfırdan farklı indirgenemez tensörlerin bütün mümkün skaler çarpımlarının çizgisel karışımları olur. Bunlar açıkça --eşitliklerindeki $k = 0$ tensörleridir. Bütün tek parçacık bozon işlemcileri s ve d bozonlarının sayısı değişmeyeceği için Hamiltoniyende toplam bozon sayısını değiştirmeyecektir. Diğer bir değişle Hamiltoniyenle sayı işlemcisi

$$N = s^{+} s + \sum_{\mu} d_{\mu}^{+} d_{\mu} = s^{+} s + d^{+} d \quad (2.9)$$

sıra değişimlidir. Bu sayı işlemcisinin N özdeğeri Hamiltoniyenin öz durumları için uygun kuantum sayısıdır.

Bozon Hamiltoniyenin hermityen olma koşulu, iki kuadrupol işlemcisinin, yalnızca belirli karışımlarında içerebilecektir. Terimlerin sayısı yine de fazladır. İki tane tek-parçacık bozon terimine ek olarak dokuz mümkün skaler çarpım vardır. Fakat skaler çarpımlarının tümü birbirinden bağımsız değildir. Bozon durumlarının simetrisinden dolayı yalnızca $L = 0, 2, 4$ değerine sahip iki d bozonlu durumlara izin verilir. L'nin tek değerli durumları anti simetriktir. Böylece herhangi iki d bozonu etkileşmeleri en fazla üç bağımsız terime sahip olabilir. Böylece (2.8) eşitliğindeki beş skaler çarpımın yalnızca üç bağımsız karışımı kullanılabilir. Bunun için çiftenim sırasını değiştirerek skaler çarpımları oluşturmak mümkündür. Sıra-değişim bağıntılarından dolayı bozon-bozon etkileşmesine ek olarak tek-parçacık bozon terimleri de ortaya çıkar. Elde edilen Hamiltoniyen aşağıdaki şekilde yazılabilir.⁽²⁾

$$\begin{aligned}
H = & \epsilon_s(s^+s) + \epsilon_d(d^+d) + \sum (1/2)(2L+1)^{1/2} c_L [(d^+xd^+)^{(L)}(dxd)^{(L)}]^{(0)} \\
& + (1/\sqrt{2})v_2 [(d^+xd^+)^{(2)}(dxs)^{(2)} + (d^+xs^+)^{(2)}(dxd)^{(2)}]^{(0)} \\
& + (1/\sqrt{2})v_0 [(d^+xd^+)^{(0)}(sxs)^{(0)} + (s^+xs^+)^{(0)}(dxd)^{(0)}]^{(0)} + u_2 [(d^+xs^+)^{(2)}(dxs)^{(2)}]^{(0)} + \\
& \frac{1}{2} u_0 [(s^+xs^+)^{(0)}(sxs)^{(0)}]
\end{aligned} \tag{2.10}$$

Burada ϵ_s ve ϵ_d , sırasıyla s ve d bozonlarının bağlanma enerjilerini, s^+s ve (d^+d) ise sırasıyla s ve d bozonları için sayı işlemcilerini ve $d_\mu = (-1)^\mu d_{-\mu}$ küresel tensörü tanımlar. c_0, c_2, c_4 kat sayıları d-bozonları, u_0 katsayısı da s-bozonları

arasındaki, v_2, v_0 ve u_2 katsayılarıyla da s-bozonları ile d-bozonları arasındaki etkileşmelerin şiddetini belirtir. Ayrıca burada $\mu = 0, \pm 1, \pm 2$ şeklindedir.⁽³⁾

Verilen çekirdekler için, N_v ve N_π bozon sayıları kapalı kabuklara en yakın nötron ve protonların sayılmasıyla bulunur. O zaman IBM-2 ' nin vektör alanı, muhtemel tüm $(s,d)^{N_v}$ ile $(s,d)^{N_\pi}$ nin tam çarpımıdır. Bu analizde biz aşağıdaki hamiltoniyeni kullandık⁽⁴⁾:

$$H = \varepsilon(\tilde{\eta}_{d_v} + \tilde{\eta}_{d_\pi}) + \kappa Q_v \cdot Q_\pi + \tilde{\kappa}(Q_v \cdot Q_v + Q_\pi \cdot Q_\pi) + V_{v_v} + V_{\pi_\pi} + M_{v_\pi} \quad (2.11)$$

Burada ε , d-bozon enerjisi, κ nötron ile proton arasındaki kuadrupol etkileşiminin kuvvetidir⁽⁵⁾.

IBA-2 modelinde kuadrupol moment operatörü denklem (2.12)' de şu şekilde verilmiştir⁽⁶⁾:

$$Q_\rho = (s_\rho^+ \bar{d}_\rho + d_\rho^+ s_\rho)^{(2)} + \chi_\rho (d_\rho^+ d_\rho)^{(2)} \quad (2.12)$$

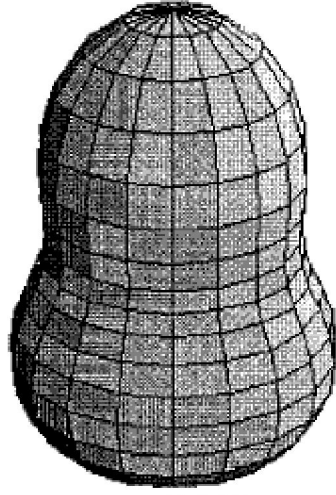
Burada $\rho = v, \pi$ ' dir. χ_ρ nötronlar ($\rho = v$) ve protonlar ($\rho = \pi$) için kuadrupol deformasyon parametresidir⁽⁵⁾. Son terim M_{v_π} Majorana etkileşimidir. Bu şu forma sahiptir:

$$M_{v_\pi} = \frac{1}{2} (\xi_2 s_v^+ d_\pi^+)^{(2)} \cdot (\tilde{s}_v \tilde{d}_\pi - \tilde{d}_v s_\pi)^{(2)} - \sum_{k=1,3} \xi_k (d_v^+ d_\pi^+)^{(k)} \cdot (\tilde{d}_v \tilde{d}_\pi)^{(k)} \quad (2.13)$$

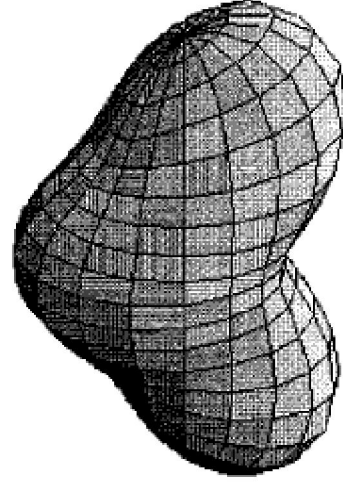
$\tilde{\kappa}(Q_v \cdot Q_v + Q_\pi \cdot Q_\pi)$ terimi benzer bozonlar arasındaki kuadrupol etkileşimidir. χ_v ve χ_π zıt işarete sahip olduğu zaman, bu kısım etkileşimin üç eksenli bir bileşimini IBM-2 ' ye sunar. Her zaman ki IBA-2 hamiltoniyeni ile bu hamiltoniyen arasındaki asıl fark budur.

$$H = \varepsilon(\tilde{\eta}_{d_v} + \tilde{\eta}_{d_\pi}) + \kappa Q_v \cdot Q_\pi + V_{v_v} + V_{\pi_\pi} + M_{v_\pi} \quad (2.14)$$

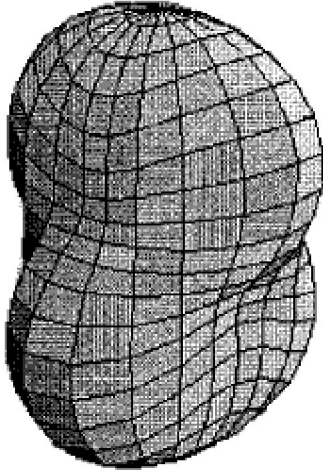
Burada V_{uu} ve $V_{\pi\pi}$ terimleri yalnızca nötron-nötron ve proton-proton d-bozon etkileşimleridir.



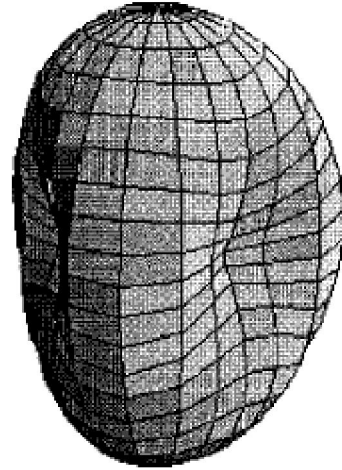
$$\mu=0$$



$$\mu=1$$



$$\mu=2$$



$$\mu=3$$

Şekil 2.1 Kuadrupol Şekiller çok kutuplu büyümeleri temsil etmiştir⁽⁷⁾.

2.2. Elektromanyetik Geçişler Ve Kuadrupol Momentler

IBM-2 'deki genel tek-kütle E2 geçiş operatörü

$$T(E2) = e_{\nu} Q_{\nu} + e_{\pi} Q_{\pi} \quad (2.15)$$

şeklindedir.

Burada Q_{ρ} , denk.(2.12) formundaki gibidir. Basitlik için χ_{ρ} Hamiltoniyen⁽⁸⁾ 'deki gibi aynı değere sahiptir. Bu aynı zamanda tek j-kabuk mikroskobisi tarafından önerilir. Genel olarak $e_{\nu} = e_{\pi}$ olsa da olmasa da e_{ν} ve e_{π} 'nin seçilmesiyle E2 geçiş sonuçları hassas değildir.

I^+ spini için, kuadrupol moment;

$$Q_I = \frac{3\kappa^2 - I(I+1)}{(I+1)(2I+3)} \cdot Q_0 \quad (2.16)$$

şeklindedir.

2.3. IBM' de Toplam N Bozon Sayısının Belirlenmesi

Örnek olarak ${}^{92}_{40}\text{Zr}_{52}$ çekirdeğini göz önüne alalım. En yakın kapalı kabuktan p-p ve n-n bozonlarının sayılmasıyla bulunur. IBM 'e göre etkileşen bozon sayısı ($N = N_{\pi} + N_{\nu}$). Zr' nin proton sayısı 40, 50 sihirli sayısına daha yakın olduğu için proton bozonlarının sayısı;

$$N_{\pi} = (50-40)/2 = 5$$

Nötron sayısı 52, 50 kapalı kabuğuna daha yakın olduğu için nötron bozonlarının sayısı;

$$N_{\nu} = (52-50)/2 = 1$$

Olarak bulunur. O halde toplam bozon sayısı;

$$N_T = 5+1 = 6 \text{ olacaktır.}$$

Etkileşen Bozon Modeli'nin ilk versiyonunda, (IBA-1 {IBM-1})⁽⁹⁾ proton-proton ve nötron-nötron bozonları özdeş kabul edilerek ele alınmıştır.

Modelin bundan sonraki versiyonu olan (IBA-2 {IBM-2})⁽¹⁰⁾ 'de ise proton-proton bozonları ile nötron-nötron bozonları birbirlerinden ayrı çiftler halinde ele alınarak işlem yapılır.

2.4. IBM Faz Üçgeni Ve Dinamik Simetriler

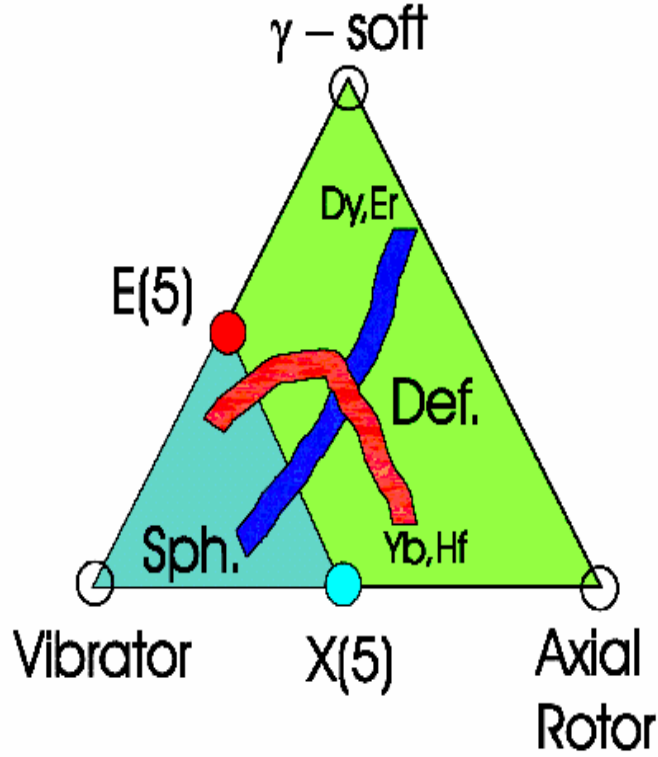
Birçok çekirdek, dinamik simetriler arasında benzer özellikleri gösterir. Herhangi üç dinamik simetri arasında geçiş bölgelerini tanımlamak için en genel IBM hamiltonyen formu kullanılmalıdır. Bunun özdeğerleri ve özvektörleri nümerik olarak dinamik simetriler kullanılarak elde edilebilir.

Dinamik Simetriler, IBA 'nın en temel özelliği olup, Hamiltonyenin üç limitte üç basit analitik çözümü vardır. Her bir Dinamik Simetri bir grupta ilişkilidir. O halde IBM faz üçgenine göre dinamik simetrileri yazacak olursak;⁽¹¹⁾

U(5) Dinamik Simetrisi	→	Harmonik Olmayan Titreşici
SU(3) Dinamik Simetrisi	→	Eksenel Rotor
O(6) Dinamik Simetrisi	→	γ - Soft (Yayıcı) Rotor

şeklindedir.

Bu sonuçlar Şekil 2.1' de faz üçgeni şeklinde özetlenmiştir. Her bir dinamik simetrilerin denge durumları üçgenin köşelerinde, geçiş bölgeleri ise bu köşelerin arasında üçgenin kenarlarında gösterilmiştir.



Şekil 2.2 IBM faz üçgeni

Hamiltoniyen'in öz değerlerini bulmak için H'nin köşegen olduğu bir bazın bulunması gerekir. Bu problem Hamiltoniyenin grup yapısının çalışmasıyla kolaylaştırılmıştır⁽¹²⁾. U(6)'nın alt grup zincirlerinin Casimir operatörleri cinsinden Hamiltoniyenin diğer bir yazımı aşağıdaki Şekilde verilmiştir⁽¹³⁾.

$$H = \varepsilon''' C_{1U5} + \alpha' C_{2U5} + \beta' C_{2O5} + \gamma' C_{2O3} + \delta' C_{2SU3} + \eta' C_{2O6} \quad (2.17)^{(14)}$$

Buradaki ε''' , α' , β' , γ' , δ' , η' altı bağımsız parametreyi ifade eder. $SU(6)$ 'nın bu genel Hamiltoniyenin grup yapısının çalışması; iyi tanımlı kuantum sayısına sahip üç boyutlu ortogonal dönme grubunu her bir alt zincirinin içermesi halinde, bir baz kurulmasının mümkün üç yolu olduğunu göstermiştir. Bu alt grup zincirleri aşağıdaki gibidir⁽¹⁵⁾.

$$U(6) \rightarrow \left[\begin{array}{l} U(5) \supset O(5) \supset O(3) \supset O(2) \\ U(3) \supset O(3) \supset O(2) \\ O(6) \supset O(5) \supset O(3) \supset O(2) \end{array} \right]$$

Denklem 2' deki Hamiltoniyenin bu grup zincirleriyle ilişkisi şöyledir;

- I. Zayıf etkileşim için $SU(5)$ titreşim limitine sahip olunması δ' ve η' 'nin sıfır olması haline⁽³⁾.
- II. $SU(3)$ dönme limitine sahip olunması ε''' , α' , β' ve η' 'nin sıfır olması haline⁽¹⁶⁾.
- III. Tamamen bozulmuş bir γ' -kararsız titreşici için $O(6)$ titreşim limitine sahip olunması ε''' , α' ve γ' 'nin sıfır olması haline karşılık gelmektedir⁽¹⁷⁾.

2.4.1. U(5) Limitinde Enerji Özdeğerleri

$$E(n, v, L) = E_0 + \epsilon_n + \alpha n(n+4) + \beta v(v+3) + \gamma_L(L+1) \quad (2.18)$$

ile verilir. Burada n , v ve L kuantum sayılarıdır ve ana düzeyleri etiketler, n kuadrupole bozonların sayısını, v bozon senioritisini ve L açısai momentumu belirler.⁽¹¹⁾

2.4.2. SU(3) Limitinde Enerji Özdeğerler

$$E(\lambda, \mu, L) = E_0 - \kappa[\lambda(\lambda+3) + \mu(\mu+3) + \lambda\mu - 2N(2N+3)] + \kappa' L(L+1) \quad (2.19)$$

Burada λ , μ ve L ana düzeyleri etiketler. Spektrum (λ, μ) ile etiketlenen bir seri bandlarla rijit rotor modelinde karakterize edilebilir. Burada enerji aralıkları $L(L+1)$ ile doğru orantılıdır. Temel seviye bandı $(\lambda, \mu) = (2N, 0)$ prolate rotor için ya da $(\lambda, \mu) = (0, 2N)$ oblate rotor içindir. Her iki durumda temel seviye enerjisi E_0 ' dir.⁽¹¹⁾

2.4.3. SO(6) Limitinde Enerji Özdeğerleri

$$E(\sigma, \tau, L) = E_0 + A(N - \sigma)(N + \sigma + 4) + B\tau(\tau + 3) + cL(L + 1) \quad (2.20)$$

Burada σ, τ ve L ana düzeyleri karakterize etmektedir. σ ve τ bozon senioriti etiketleri olup τ U(5) limitindeki v ile aynı anlamdadır. σ monopole ve kuadrupole bozonlarını içeren genelleştirilmiş senioritidir. Enerji spektrumu σ ile etiketlenen birçok titreşim multiplet serisinden oluşmaktadır.⁽¹¹⁾

2.5. $\delta(E2/M1)$ Kutupsal Karışım Oranı ve $B(E2)$ Geçiş Olasılıkları

$\Delta(E2/M1)$ oranı belirli E2 matris elemanının belirli M1 matris elemanına oranıdır. Bu oran δ karışım oranı ile ilgilidir ve aşağıdaki denklemdeki gibi yazılır.

$$\delta(E2/M1) = (0,832).E_{\gamma}. \Delta(E2/M1) \quad (2.21)$$

Burada E_{γ} geçişte açığa çıkan γ ışını enerjisi olup MeV cinsindedir.

$\Delta(E2/M1)$ eb/μ_n dir. Bu formül Arima ve Iachello⁽¹⁸⁾ tarafından yazıldı ve

$$\Delta (E2/M1) = A.f (l_f, l_i) \quad (2.22)$$

şeklinde ifade edildi. Burada A bir sabittir. $f (l_f, l_i)$ faktörü geçişlerin spinlerinin durumlarına bağlıdır. Mümkün olan durumlara bağlı olarak $f (l_f, l_i)$ nin alacağı değerler aşağıdaki gibidir.

$$f(l_f, l_i) = \left[\begin{array}{ll} 10[(2l_f - 1)(2l_f + 3)]^{-1/2}, & l_i = l_f \\ 10[3l_f(l_f + 2)]^{-1/2}, & l_i = l_f + 1 \\ 10[3(l_f - 1)(l_f + 1)]^{-1/2}, & l_i = l_f - 1 \end{array} \right] \quad (2.23)$$

Arima ve Iachello⁽¹⁸⁾, nun ortaya koyduğu karışım oranı hesabı sonuç olarak;

$$\delta(E2/M1) = (0,832). (E_{\gamma}).A.f (l_f, l_i) \quad (2.24)$$

şeklinde yazılır.

Yapmış olduğumuz hesaplamada A değeri belirlenerek $\delta (E2/M1)$ karışım oranı hesaplamaları yapılmıştır.

B(E2) geçiş olasılığı değerleri, E2 operatörü kullanılarak hesaplanmıştır. E2 geçiş operatörünün, ikinci derecede bir hermitsel tensörü olması gerekir ve bu nedenle bozon sayısı korunmalıdır E2 geçişleri için B(E2) geçişi şu şekilde verilebilir:

$$B(E2; L_i \rightarrow L_f) = 1/(2L_i + 1)^{1/2} \left\langle L_f \parallel T(E2) \parallel L_i \right\rangle^2 \quad (2.25)$$

Bu alışmada B(E2) geçişi değerleri nötron proton bozonlarının ayrı parçacıklar olarak ele alındığı IBM–2 kullanılarak hesaplanmıştır.

2.6. PHINT Programı

IBM modeli hesaplamarı PHINT programında yapılmaktadır. Çift-ift çekirdekler için çalışan program, nötron-proton bozon sayılarının toplu olarak ele alındığı IBM–1 ve nötron-proton bozon sayılarının ayrı ayrı ele alındığı IBM–2 modelleri olmak üzere iki ayrı modeli teşkil etmektedir. Program FORTRAN programında derlenerek çalışmaktadır.

Çizelge 2.1 PHINT programını çalıştıran alt programlar⁽¹⁹⁾

Program İsmi	Hesaplanan
PCIBAXW	Uyarılma Enerjileri ve Dalga Fonksiyonları
PCIBAEM	Elektromanyetik Geçişler
CFPGEN	Kesirsel Kaynak Etkinlikleri

Hamiltoniyen parametreleri IBM modelinde kullanılmakta olup IBM-1 ve IBM-2 olmak üzere iki ayrı durumu için kullanılan parametreler birbirlerinden farklılık arz etmektedirler. Ayrıca bu modelde bozon sayıları korunur. Bu çalışma IBM-2 modeline göre yapılmıştır.

Çizelge 2.2 IBM–2 Modelindeki Hamiltoniyen parametreleri

Parametre Adı ⁽¹⁹⁾	Parametre Açıklaması ⁽¹⁹⁾	Parametre Sınırları ⁽²⁰⁾
ED	d-bozon Enerjisi (ε_d)	0.5 ~ 1,0 (MeV)
RKAP	Nötron-proton Kuadrupol Güç (κ)	—0,08 ~ 0,25 (Mev)
CHN	Nötron Kuadrupol Operatör Parametresi (χ_ν)	—1,2 ~ +1,2
CHP	Proton Kuadrupol Operatör Parametresi (χ_π)	—1,2 ~ +1,2
CLN	Anharmonik korunumlu d-bozon ($\xi_{1,2}$) (Nötron Bozonu)	
CLP	Anharmonik korunumlu d-bozon (ξ_3) (Proton Bozonu)	
E2SD	E2 Geçişi (s-d) Parametresi	
E2DD	E2 Geçişi (d-d) Parametresi	

2. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmanın bu kısmında Etkileşen Bozon Modeli-2 (IBM-2)'nin uygulamasını teőkil eden PHINT⁽²¹⁾ bilgisayar programı kullanılarak bazı çift-çift Zirkonyum çekirdekleri için parametreler kullanılarak enerji seviyelerini içeren değerler elde edildi. Bu elde edilen değerler deneysel değerlerle karşılaştırılarak çizelge haline getirildi. Bulunan bu enerji değerlerinin yanında düzeyler arası elektromanyetik geçiş olasılıkları $[B(E2)]$ ' de hesaplandı ve deneysel sonuçlarla beraber çizelge halinde gösterildi. Yapılan çalışmada elde edilen bu sonuçlarla deneysel sonuçlar arasında bir uyum olduğu görüldü.

Hesaplamalarda istenen sıraya uygun olarak bozon sayıları girildikten sonra gerekli olan parametreler girilerek enerji değerleri ve elektromanyetik geçiş olasılıkları hesaplandı. Daha sonra mevcut olan deneysel veriler kullanılarak $\delta(E2/M1)$ çok kutuplu karışım oranlarının hata hesabına bakıldı. Karışım oranlarının hata hesabı için Microsoft Excel'de yapılan program Çizelge haline getirilerek her çekirdek için grafik çizildi. Burada kullanılan parametreler iterasyon metodu kullanılarak elde edilmiştir. Program çıktıları EK'ler de verilmiştir.

3.1. Belirsizlikler

Herhangi bir değerdeki belirsizlikler biraz daha küçük italik sayılarla gösterilir. Bunlar belirsizliğin en küçük ondalık adımla gösterilir. Örneğin; 0,2 (1) → 0,2 ± 0,1 demektir. Örneğin; $1,7_{-14}^{+8}$ → 1.7 + 0.8, 1.7 – 1.4 demektir.

3.2. Birimler

IBM–2 modelinde hesaplanan enerji değerleri MeV cinsinden hesaplanmıştır. B(E2) geçiş olasılıkları e^2b^2 biriminde hesaplanmıştır. Referans(24)'den alınan deneysel B(E2) değerleri Wiesskopf Birimleri cinsinden (W.u) e^2b^2 birimine çevrilmiştir. $\delta(E2/M1)$ karışım oranlarının gösterildiği Çizelgelerdeki enerji değerleri keV cinsinden ifade edilmiştir.

$$1000 \text{ keV} = 1 \text{ MeV}$$

$$1 \text{ W.u} = 25,39 \text{ e}^2\text{fm}^4$$

$$= 25,39 \cdot 10^{-4} \text{ e}^2\text{b}^2$$

şeklindedir.

3.3. Parametreler

PHINT programında, IBM–2 modelinde enerji seviyeleri için kullanılan Hamiltoniyen parametreleri; ED, RKAP, CHN, CHP, CLN, CLP şeklindedir. B(E2) elektromanyetik geçiş olasılıkları için kullanılan parametreler; E2SD, E2DD şeklindedir.

Çizelge 3.1 A ~ 80 civarında incelenen izotopların elde edilen uygun Hamiltonyen katsayıları

İzotop	N_{π}	N_{ν}	$ED(\varepsilon_d)$	$RKAP(\kappa)$	$CHN(\chi_{\nu})$	$CHP(\chi_{\pi})$	$CLN(\xi_{1,2})$	$CLP(\xi_3)$
${}^{92}_{40}Zr_{52}$	5	1	0.7	0.16	1.2	-1.2	0.1	-0.4,0.1,-0.2
${}^{94}_{40}Zr_{54}$	5	2	0.7	0.04	1.2	-1.2	0.1	-0.4,0.1,-0.2
${}^{96}_{40}Zr_{56}$	5	3	1.0	0.17	-1.2	1.2	0	0
${}^{98}_{40}Zr_{58}$	5	4	1.0	-0.079	-1.2	1.19	0	0
${}^{100}_{40}Zr_{60}$	5	5	0.5	-0.2	0.46	0.81	0	0
${}^{102}_{40}Zr_{62}$	5	6	0.5	-0.15	-1.16	0.07	0	0
${}^{104}_{40}Zr_{64}$	5	7	0.5	-0.14	-1.12	-1.01	0	0

Çizelge 3.2 B(E2) değerlerini hesaplamada kullanılan parametreler

İzotop	E2SD	E2DD
${}^{92}_{40}Zr_{52}$	0.0628	0.08
${}^{94}_{40}Zr_{54}$	0.047	0.06
${}^{96}_{40}Zr_{56}$	0.0472	0.05
${}^{98}_{40}Zr_{58}$	0.006	5.5
${}^{100}_{40}Zr_{60}$	0.0896	0.08
${}^{102}_{40}Zr_{62}$	0.11678	0.09
${}^{104}_{40}Zr_{64}$	0.1222	0.09

3.4. ⁹²Zr İzotopunun İncelenmesi

Bu izotopun temel hal bandı 0.0 keV, 934.49 keV ve 1382.84 keV enerjilerinden oluşmaktadır. Ayrıca bu izotop 1495.47 keV, 1847.33 keV, 2398.35 keV ve 2066.66 keV enerjilerinden oluşmaktadır. Bu düzeyler ise 0^+ , 2^+ , 4^+ spin-parite durumlarından oluşmaktadır. Bu düzeylerden bazılarında ait spin – parite bilgileri şöyledir;

934.49 keV düzeyi: Bu düzey 2_1^+ spin – paritesine sahip olup 934.46 keV' lik enerji ile 0_1^+ düzeyine bir elektrik kuadrupol (E2) geçişi ile bozunmaktadır.

1382.84 keV düzeyi: Bu düzey 0_2^+ spin – paritesine sahip olup 1383 keV ve 448.34 keV' lik ışınlarla 0_1^+ ve 2_1^+ düzeylerine bir elektrik monopol (E0) bir elektrik kuarupol (E2) geçişleri ile bozunmaktadır.

1495.47 keV düzeyi: Bu düzey 4_1^+ spin – paritesine sahip olup 561.03 keV' lik enerji ile 2_1^+ düzeyine yine bir elektrik kuadrupol (E2) geçişi ile bozunmaktadır.

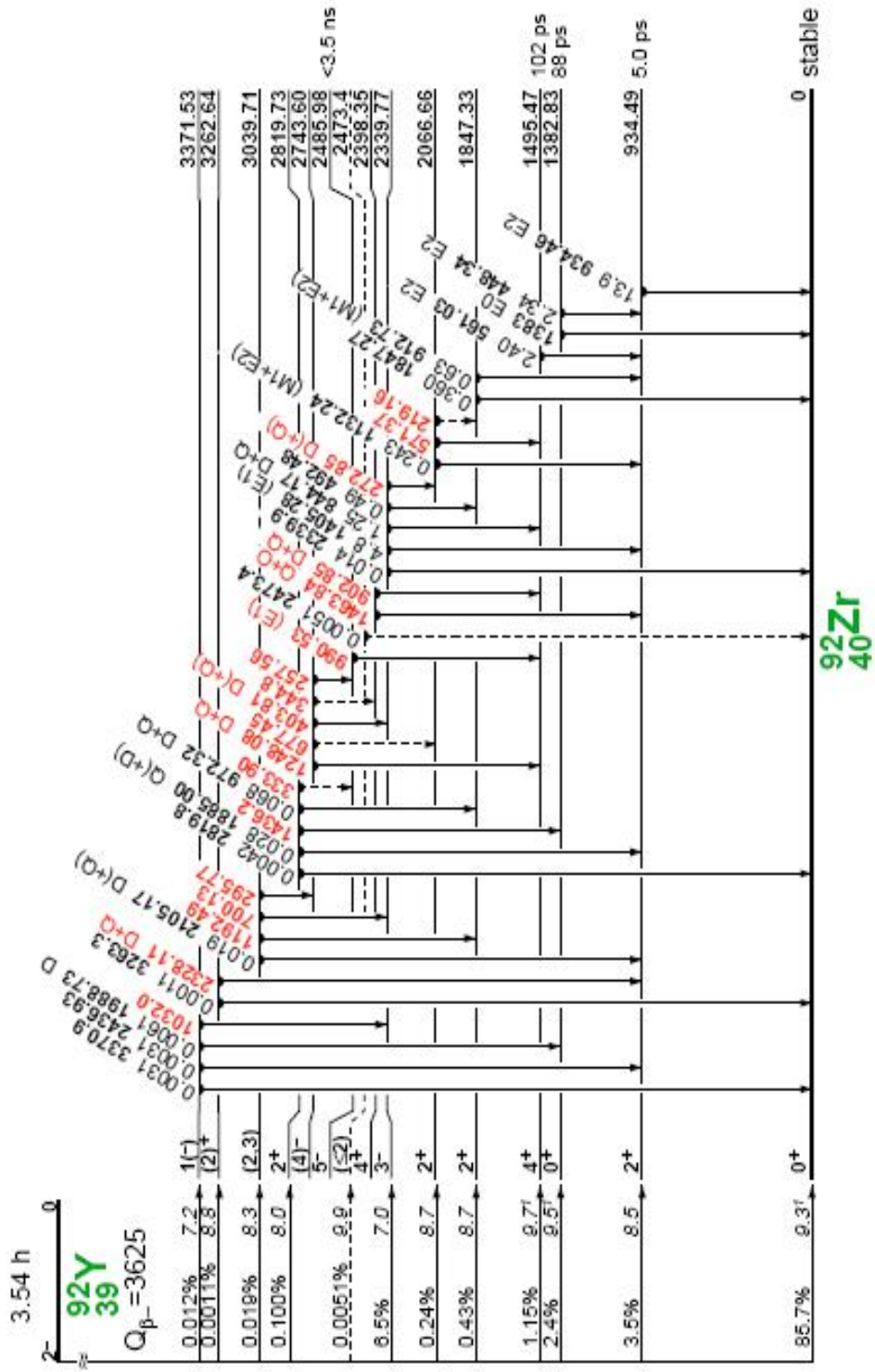
1847.33 keV düzeyi: 1847.27 keV ve 912.73 keV' lik ışınlarla 0_1^+ ve 2_1^+ düzeylerine bozulan bu düzey 2_2^+ spin – paritesine sahiptir. İlk geçişin karakteri henüz belirlenmemiştir. İkinci geçiş ise bir multipol karışım olup (E2 + M1) kutupsallığına sahiptir.

2066.66 keV düzeyi: Bu düzey 2_3^+ spin – paritesine sahip olup 219.16 keV' lik bir enerjiyle 2_2^+ düzeyine 571.37 keV' lik bir enerjiyle 4_1^+ düzeyine 1132.24 keV lük bir enerjiyle 2_1^+ düzeyine bozunur. İlk iki geçişin

karakteri henüz belirlenmemiştir. Üçüncü geçiş ise bir multipol karışım olup (E2 + M1) kutupsallığına sahiptir.

2398.35 keV düzeyi: Bu düzey 4_2^+ spin – paritesine sahip olup 1463.84 keV' lik 2_1^+ düzeyine ve 902.85 keV' lik enerji ile 4_1^+ düzeyine bozunur. Her iki geçişin karakteri henüz belirlenmemiştir.

Şekil 3.1'deki şemada $^{92}_{39}\text{Y}$ çekirdeğinin 3625 keV' lik β^{-1} ile bozunarak $^{92}_{40}\text{Zr}_{52}$ izotopuna dönüşmesi görülmektedir. Çizelge 3.3 bu çekirdeğin IBM–2 modelinde hesaplanan enerji değerlerini göstermektedir. Çizelge 3.4 bu çekirdeğin IBM–2 modelinde hesaplanan B(E2) geçiş olasılıklarını göstermektedir.



Şekil 3.1 ^{92}Y çekirdeğinin β^- olayı ile ^{94}Zr çekirdeğine bozunumu⁽²²⁾.

Çizelge 3.3 $^{92}_{40}\text{Zr}_{52}$ İzotopunun IBM–2 modelinde hesaplanan enerji değerleri

İzotop	Spin Parite (I^π)	IBM–2 (MeV)	Deney ⁽²²⁾
$^{92}_{40}\text{Zr}_{52}$	2_1^+	0.924	0.934
	4_1^+	1.575	1.495
	6_1^+	1.992	-
	8_1^+	1.985	-
	10_1^+	2.355	-
	2_2^+	1.814	1.847
	4_2^+	1.958	2.398
	0_2^+	1.396	1.382
	2_3^+	1.901	2.066

Çizelge 3.4 $^{92}_{40}\text{Zr}_{52}$ İzotopunun IBM–2 modelinde hesaplanan B(E2) geçiş

olasılıkları

İzotop	$I_i^+ \rightarrow I_f^+$	B(E2) (e^2b^2)	
		IBM–2	Deneysel
$^{92}_{40}\text{Zr}_{52}$	$0_1^+ \rightarrow 2_1^+$	0.0792	0.079 ⁽²³⁾
	$0_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0.0048	0.0363 ⁽²⁴⁾
	$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$	0.0158	0.01625 ⁽²⁴⁾
	$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$	0.0228	0.0103 ⁽²⁴⁾
	$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$	0.0204	0.000 ⁽²⁴⁾

3.4.1. ^{92}Zr İzotopunun $\delta(E2/M1)$ Çok Kutuplu Karışım Oranlarının Hesaplanması

Çift-çift ^{92}Zr izotopunun $\delta(E2/M1)$ elektromanyetik çok kutup karışım oranları, nötron ve proton bozonlarının farklı olarak ele alındığı Etkileşen Bozon Modeli-2 (IBM-2) çerçevesinde hesaplanan değerlerle deneysel veriler arasındaki uyumun incelenmesini yapalım:

Bu hesaplamalarda bölüm 2.5 deki 2.21 – 2.22 – 2.23 – 2.24 denklemleri kullanılmıştır.

Yukarıda yazılan formüller yardımıyla $\delta(E2/M1)$ çok kutuplu karışım oranı ile ilgili hesaplamalar yapılabilir. Bu hesaplamalarda öncelikli olarak bir geçiş referans olarak kabul edilip, buradan A değeri elde edilecektir. Elde edilen A değeri sabit bir değerdir. Bu sabit değer kullanılarak diğer geçişler için $\delta(E2/M1)$ değerlerinin hesabı yapılacaktır. Elde edilen bu değerler, deneysel $\delta(E2/M1)$ değerleriyle karşılaştırılacaktır

Çizelge 3.5 ^{92}Zr izotopuna ait ardışık artan delta değerlerine karşılık gelen A değerleri

DELTA	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$	$2_3^+ \rightarrow 2_1^+$	$3_1^+ \rightarrow 2_1^+$	$5_1^+ \rightarrow 4_1^+$
0	0	0	0	0	0
0,01	0,006045	0,011689	0,004871	0,001664	0,004796
0,02	0,012091	0,023377	0,009741	0,003329	0,009592
0,03	0,018136	0,035066	0,014612	0,004993	0,014388
0,04	0,024182	0,046755	0,019482	0,006658	0,019184
0,05	0,030227	0,058443	0,024353	0,008322	0,02398

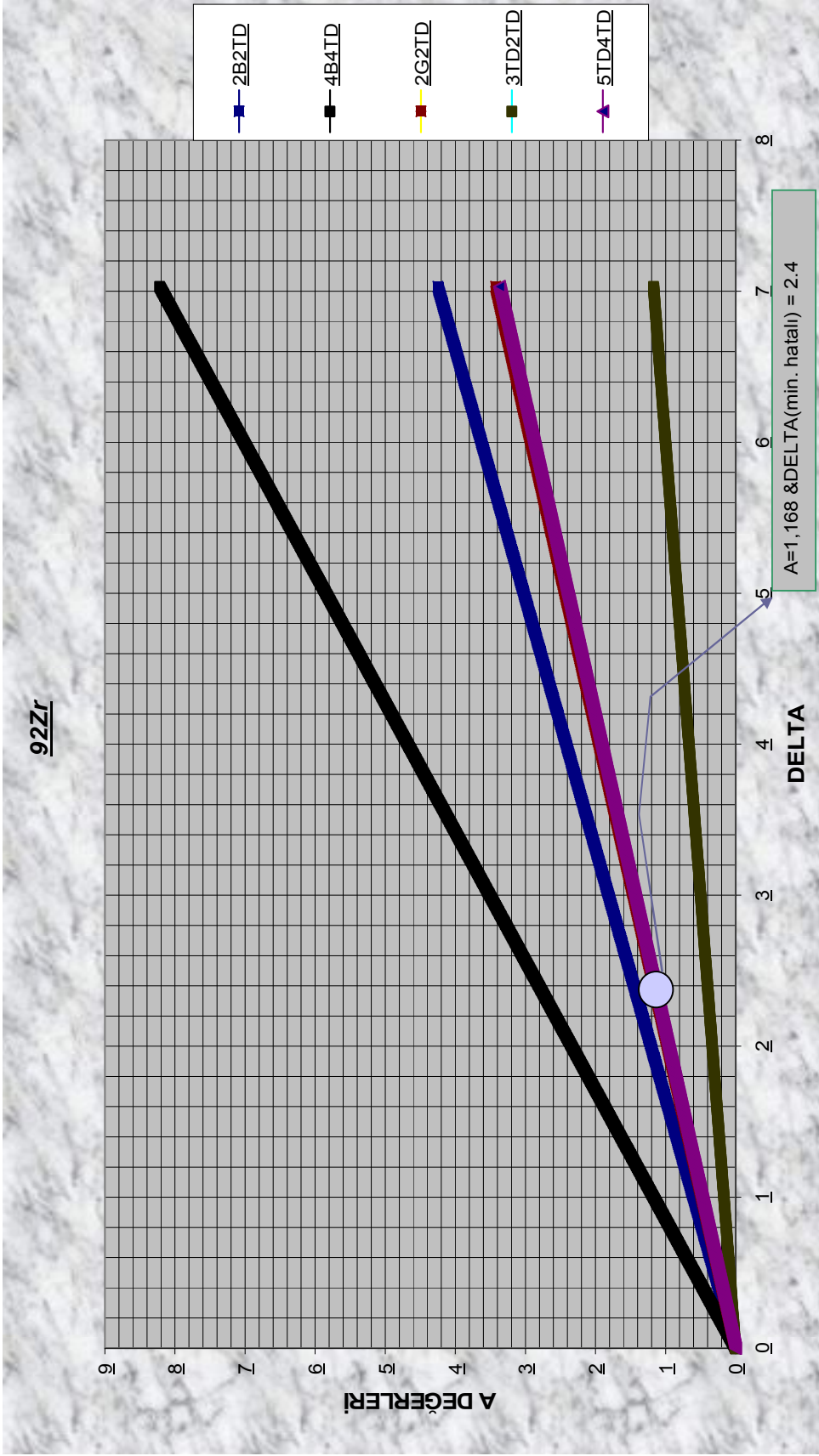
0,97	0,586404	1,133801	0,472439	0,161455	0,465204
0,98	0,59245	1,14549	0,477309	0,16312	0,47
0,99	0,598495	1,157179	0,48218	0,164784	0,474795
1	0,60454	1,168868	0,48705	0,166449	0,479591
1,01	0,610586	1,180556	0,491921	0,168113	0,484387
1,02	0,616631	1,192245	0,496791	0,169778	0,489183

1,91	1,154672	2,232537	0,930266	0,317917	0,916019
1,92	1,160718	2,244226	0,935136	0,319581	0,920815
1,93	1,166763	2,255914	0,940007	0,321246	0,925611
1,94	1,172808	2,267603	0,944877	0,32291	0,930407

2,39	1,444852	2,793593	1,16405	0,397812	1,146223
2,4	1,450897	2,805282	1,168921	0,399477	1,151019
2,41	1,456942	2,816971	1,173791	0,401141	1,155815
2,42	1,462988	2,828659	1,178662	0,402806	1,160611
2,43	1,469033	2,840348	1,183532	0,40447	1,165407
2,44	1,475079	2,852037	1,188403	0,406134	1,170203

6,99	4,225738	8,170384	3,404481	1,163475	3,352344
7	4,231783	8,182073	3,409352	1,16514	3,357139

- * Delta değerleri 0,01 aralıklarla arttırılmıştır. Buna karşılık gelen A değerleri her bir Delta değeri için hesaplanmıştır.
- * Koyu renkli olarak gösterilen A değerleri o geçiş için Delta deneysel değerine karşılık gelen A değerleridir.
- * Burada altı çizili kutudaki A değeri, HATA ORANI minimum olan deneysel Delta değerine karşılık gelmektedir.
- * Delta = 2,4'e karşılık gelen A= 1,168921 değeri sabittir ve tüm geçişler için hesaplamalarda kullanılacaktır.
- * Dolayısıyla bu tespit A değeri (1,168921)'e göre yeniden yukarıdaki çizelgeden bu A değerine karşılık gelen Delta değerlerine bakılırsa her bir geçiş için çok kutuplu karışım oranları belirlenmiş olur.



Şekil 3.2 ⁹²Zr izotopunun iterasyon metodu ile elde edilen A değerlerinin $\delta(E2/M1)$ değerine karşı değişimi

Elde edilen $\delta(E2/M1)$ değerleri için hata sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikli olarak A'nın hata hesabının yapılması gerekmektedir. A'nın hata hesabı önceden seçilmiş olan referans geçişi ile yapılacaktır. Bulunan A_+ , A_- değerleri yardımıyla $\delta(E2/M1)$ için hata sınırları belirlenecektir.

3.4.1.1. A' nın Hata Hesabı ($2,4_{-4}^{+3}$)

Bu geçişte $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$ (2 Gama'dan 2 Temel Duruma) geçişi referans olarak alınmıştır;

$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$ geçişi referans olarak alınır,

Bu geçişte alınan değerler;

$$E_\gamma = 1132,24 \text{ keV} = 1,132 \text{ MeV}$$

$$\delta(E2/M1) = 2,4$$

$$f(l_f, l_i) = 2,18$$

A+'nın Hesaplanması

$$2,4 + 0,3 = (0,832).(1,132). A_+. (2,18) \quad \text{yazılır. Buradan}$$

$A_+ = 1,31$ olarak bulunur.

A-'nin Hesaplanması

$$2,4 - 0,4 = (0,832).(1,132). A_-. (2,18) \quad \text{yazılır. Buradan}$$

$A_- = 0,974$ olarak bulunur.

A Değerini 1.168 olarak almıştık o halde;

$$A \text{ nın hata sınırları} \Rightarrow \begin{bmatrix} 1,31 - 1,168 = 0,142 \\ 1,168 - 0,974 = 0,194 \end{bmatrix}$$

$$A = 1.168^{+0,142}_{-0,194} \text{ bulunacaktır.}$$

Elde edilen A_+ , A_- kullanılarak $\delta(E2/M1)$ için hata sınırları belirlenecektir.

3.4.1.2. $\delta(E2/M1)$ ' in Hata Hesabı

Yukarıda yapmış olduğumuz A değerinin bulunmasıyla her geçiş için bu A değerine karşılık gelen delta değerlerinin tespit ettiğimiz otomatik hesaplamada bu sefer delta $\delta(E2/M1)$ değerinin 0,01 arttırarak her bir geçiş için $A_+=0,142$ ve $A_-=0,194$ değerlerine karşılık gelen delta değerlerini bulabiliriz. Bulmuş olduğumuz bu değerler ise bize delta değerlerinin hata sınırlarını verecektir. Böylece yapmış olduğumuz hesaplama sayesinde de hem A değerinin tespit etmiş hem de her bir geçiş için delta değerinin hesaplamış ve hata sınırlarını da [deltayı 0,01 hassasiyette arttırarak] belirlemiş oluyoruz. O halde bulmuş olduğumuz $\delta(E2/M1)$ ' in hata sınırlarını her bir geçiş için çizelge haline getirecek olursak;

Çizelge 3.6 ^{92}Zr İzotopu için $\delta(E2/M1)$ ' in hata hesabı

GEÇİŞLER	$\delta_{+}(E2/M1)$	$\delta_{-}(E2/M1)$
$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0,23	0,32
$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$	0,12	0,163
$2_3^+ \rightarrow 2_1^+$	0,3	0,4
$3_1^+ \rightarrow 2_1^+$	0,87	1,17
$5_1^+ \rightarrow 4_1^+$	0,3	0,4

$\delta(E2/M1)$ ' in hata sınırlarının da belirlenmesinden sonra yapmış olduğumuz çalışmada bulmuş olduğumuz karışım oranı değerlerini çizelge haline getirebiliriz;

Çizelge 3.7 ^{92}Zr izotopunun bazı geçişleri için δ_{bu} çalışma (E2/M1) elektromanyetik çok kutuplu karışım oranları

E_{γ} -geçiş enerjisi (keV)	Geçişler	δ_{bu} çalışma(E2/M1)
902	$2_3^+ \rightarrow 2_1^+$	2,4 ⁽²⁵⁾
912	$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$	1,0 ^{+0,12} _{-0,163}
1132	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	1,93 ^{+0,23} _{-0,32}
2142	$5_1^+ \rightarrow 4_1^+$	2,43 ^{+0,3} _{-0,4}
3539	$3_1^+ \rightarrow 2_1^+$	7,02 ^{+0,87} _{-1,17}

PHINT programı ile hesaplanan değerler deneysel değerlerle yakın düzeydedir. Yapılan çalışmada elde edilen bütün verilerin program çıktısı, tezin sonunda bulunan Ek-1 ile Ek-10' da gösterilmiştir.

3.5. ⁹⁴Zr İzotopunun İncelenmesi

Bu izotop 0^+ , 2^+ ve 4^+ spin-parite durumlu düzeylere karşılık gelen 0.0 keV, 918.75 keV, 1469.62 keV temel hal bantlarından, 1300.19 keV, 1671.40 keV ve 2330.2 keV' lik enerji bantlarından oluşmaktadır. Bu düzeylerden bazılarına ait spin – parite bilgileri şöyledir;

918.75 keV düzeyi: Bu düzey 2^+ spin – paritesine sahip olup 918.74 keV' lik enerji ile 0_1^+ düzeyine elektrik kuadrupol (E2) geçişi ile bozunmaktadır.

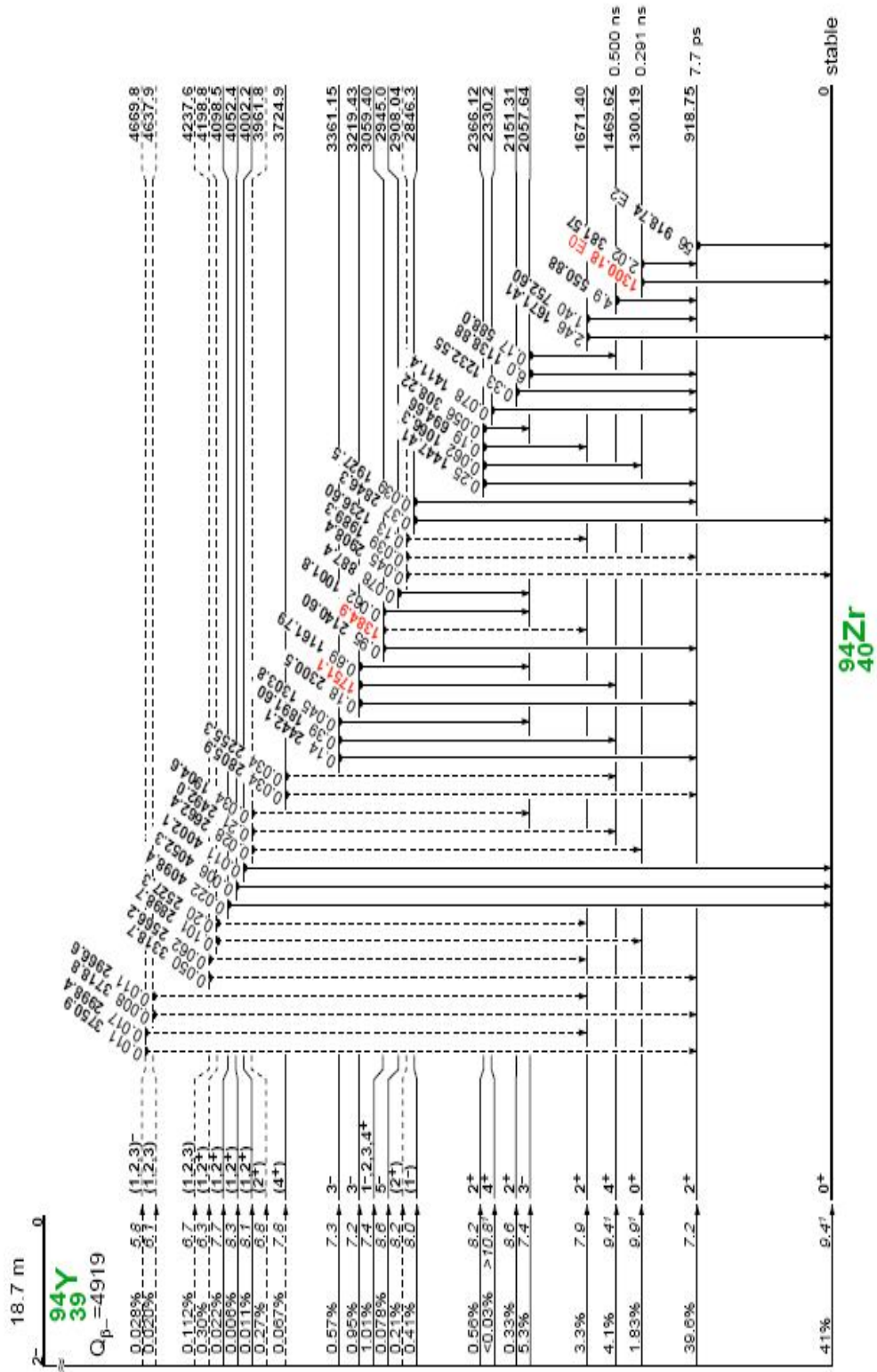
1300.19 keV düzeyi: Bu düzey 0^+ spin – paritesine sahip olup 1300.18 keV' lik enerji ile 0_1^+ düzeyine elektrik monopol (E0) geçişi ile bozunmakta, 381.57 keV' lik enerji ile 2_1^+ düzeyine bozunmaktadır.

1469.62 keV düzeyi: Bu düzey 4^+ spin-paritesine sahip olup 550.88 keV' lik bir enerji ile 0_1^+ düzeyine bozunmaktadır. Bu geçişin karakteri henüz belirlenmemiştir.

1671.40 keV düzeyi: Bu düzey 2^+ spin – paritesine sahip olup 2^+ durumunun ikinci düzeyidir. 1671.41 keV' lik enerji ile 0_1^+ düzeyine, 752.60 keV' lik enerji ile 2_1^+ düzeyine bozunmaktadır.

2330.2 keV düzeyi: Bu düzey 4^+ spin-paritesine sahip olup 4^+ durumunun ikinci düzeyidir. 1411.4 keV' lik enerji ile 2_1^+ düzeyine bozunmaktadır.

Şekil 3.3' deki şema $^{94}_{39}\text{Y}$ çekirdeğinin β^- ışınması ile $^{94}_{40}\text{Zr}_{54}$ çekirdeğine dönüşmesini göstermektedir. Çizelge 3.8 bu çekirdeğin IBM-2 modelinde hesaplanan enerji değerlerini göstermektedir. Çizelge 3.9 bu çekirdeğin IBM-2 modelinde hesaplanan $B(E2)$ geçiş olasılıklarını göstermektedir.



Şekil 3.3 ^{94}Y çekirdeğinin β^- olayı ile ^{94}Zr çekirdeğine bozunumu⁽²²⁾.

Çizelge 3.8 ${}^{94}_{40}\text{Zr}_{54}$ İzotopunun IBM–2 modelinde hesaplanan enerji değerleri

İzotop	Spin Parite (I^π)	IBM–2 (MeV)	Deney ⁽²²⁾
${}^{94}_{40}\text{Zr}_{54}$	2_1^+	0.809	0.918
	4_1^+	1.480	1.469
	6_1^+	2.012	-
	8_1^+	2.407	-
	2_2^+	1.636	1.671
	4_2^+	2.258	2.330
	0_2^+	1.377	1.300
	2_3^+	1.958	2.151

Çizelge 3.9 ${}^{94}_{40}\text{Zr}_{54}$ İzotopunun IBM–2 modelinde hesaplanan bazı B(E2) geçiş olasılıkları

İzotop	$I_i^+ \rightarrow I_f^+$	B(E2) (e^2b^2)	
		IBM–2	DeneySEL
${}^{94}_{40}\text{Zr}_{54}$	$0_1^+ \rightarrow 2_1^+$	0.0662	0.066 ⁽²³⁾
	$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$	0.0132	0.0117 ⁽²⁴⁾
	$0_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0.0242	0.0236 ⁽²⁴⁾
	$4_1^+ \rightarrow 2_1^+$	0.0226	0.002 ⁽²⁴⁾

3.5.1. ⁹⁴Zr İzotopunun $\delta(E2/M1)$ Çok Kutuplu Karışım Oranlarının Hesaplanması

Çift-çift ⁹⁴Zr izotopunun $\delta(E2/M1)$ elektromanyetik çok kutuplu karışım oranı 0.64 tam değerine sahip olduğundan hata hesabı yoktur.

PHINT programı ile hesaplanan değerler deneysel değerlerle yakın düzeydedir. Yapılan çalışmada elde edilen bütün verilerin program çıktısı, tezin sonunda bulunan Ek-2 ile Ek-11 ' de gösterilmiştir.

3.6. ⁹⁶Zr İzotopunun İncelenmesi

Zr izotopunun temel hal bandı 0.0 keV, 1750.503 keV, 2857.441 keV, 3482.13 keV, 4388.8 keV' lik enerjilerine karşılık gelen 0^+ , 2^+ , 4^+ , 6^+ ve 8^+ spin-parite durumlu düzeylerdir. 2225.843 keV, 3082.36 keV' lik enerjili 2^+ , 4^+ spin-parite durumlu düzeylerdir. Bu düzeylerden bazılarına ait spin – parite bilgileri şöyledir;

1750.503 keV düzeyi: Bu düzey 2_1^+ spin – paritesine sahip olup 1750.42 keV' lik enerji ile 0_1^+ düzeyine bozunmaktadır. Bu geçişin karakteri henüz belirlenmemiştir.

2225.843 keV düzeyi: Bu düzey 2_2^+ spin – paritesine sahip olup çok kutuplu karışıma sahip bir karma simetrik durumu içerir ve 475.33 keV' lik bir enerjiyle (E2 + M1) geçişiyle 2_1^+ düzeyine bozunur. 2225.93 keV' lik bir enerjiyle 0_1^+ durumuna, 644.18 keV' lik bir enerjiyle 0_2^+ durumuna, bir

elektrik kuadrupol (E2) geçişi gözlenmektedir. Ayrıca bir alt düzeyde 146.653 keV' lik bir enerjyle 2_1^+ düzeyine elektrik dipol (E1) geçişi gözlenmektedir.

2857.441 keV düzeyi: Bu düzey 4_1^+ spin – paritesine sahip olup 1106.88 keV' lik enerji ile 2_1^+ düzeyine E2(+M3) kutupsallığında bir geçişi ile bozunmakta, 631.63 keV' lik bir enerjyle 2_2^+ düzeyine E2(+M3) kutupsallığında bir geçişi ile bozunmakta ve 961.5 keV' lik bir enerjyle 3_1^- düzeyine bozunmaktadır. Son geişiye ait bir karakter henüz belirtilmemişi.

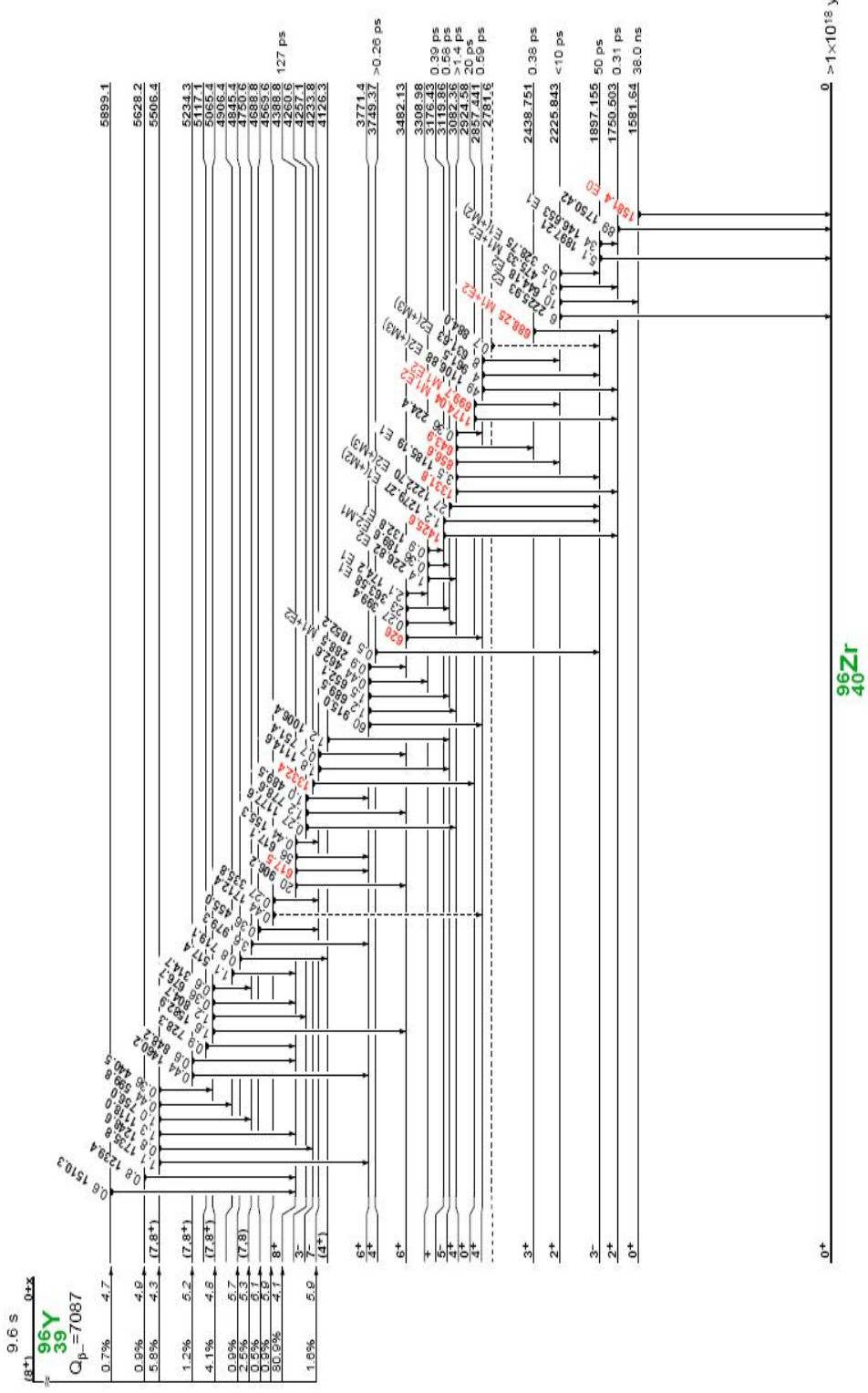
3082.36 keV düzeyi: Bu düzey 4_2^+ spin – paritesine sahip olup 1331.8 keV' lik enerji ile 2_1^+ düzeyine bozunmaktadır. 1185.19 keV' lik enerji ile 3_1^- düzeyine elektrik dipol (E1) geçişi gözlenmektedir. 856.6 keV' lik enerji ile 2_2^+ düzeyine, 643.9 keV' lik enerji ile 3_1^+ düzeyine, 224.4 keV' lik enerji ile 4_1^+ düzeyine bozunmaktadır.

3482.13 keV düzeyi: Bu düzey 6_1^+ spin – paritesine sahip olup 626 keV' lik enerji ile 4_1^+ düzeyine bozunmaktadır. 399.4 keV' lik bir enerji ile 4_2^+ düzeyine bozunmaktadır. 174.2 keV' lik bir enerji ile elektrik dipol (E1) geçişi ile alt düzeye bozunmaktadır. 363.58 keV' lik bir enerji ile 5_1^- durumuna elektrik dipol geçişi (E1) ile bozunmaktadır. Ayrıca st düzeyde bir multipol karışım (E2 + M1) kutupsallığına sahip olup bu geçişi'nin enerjisi 288.5 keV olup spin-paritesi 6_2^+ olup bu 6_1^+ düzeyine bozunmaktadır. Bu durum multipol karışım olup (E2 + M1) kutupsallığına sahiptir. Ayrıca bir alt düzeyinde 226.82 keV' lik bir enerjyle 4_2^+ durumuna bir elektrik kuadrupol (E2) geçişi bulunmakta, 189,8 keV' lik enerjyle 5_1^- lik düzeye bir karma simetrik durum

(M1) ve elektrik kuadropol (E2) geçişi gözlenmektedir. 132.8 keV' lik bir enerjiyle elektrik dipol (E1) geçişiyle bir alt düzeye bozunmakta olup geçişi düzeyleri belirtilmemiştir.

4388.8 keV düzeyi: Bu düzey 8_1^+ spin – paritesine sahip olup 906,2 keV' lik enerjiyle 6_1^+ düzeyine, 617.6 keV' lik enerjiyle 6_2^+ durumuna bozunmaktadır. 115.3 keV' lik enerjiyle de 7_1^- düzeyine bozunmaktadır. Bu geçişlere ait karakterler henüz belirtilmemiştir.

$^{96}_{39}\text{Y}$ ekirdeğinin β^- işması ile bozunarak $^{96}_{40}\text{Zr}_{56}$ çekirdeğine dönüşmesi ile ilgili şema şekil 3.4'de verilmiştir. Çizelge 3.10 bu çekirdeğin IBM–2 modelinde hesaplanan enerji değerlerini göstermektedir. Çizelge 3.11 bu çekirdeğin IBM–2 modelinde hesaplanan B(E2) geçişi olasılıklarını göstermektedir.



Şekil 3.4 96Y çekirdeğinin β^- olayı ile 96Zr çekirdeğine bozunumu⁽²²⁾.

Çizelge 3.10 ${}^{96}_{40}\text{Zr}_{56}$ İzotopunun IBM–2 modelinde hesaplanan enerji değerleri

İzotop	Spin Parite (I^π)	IBM–2 (MeV)	Deney ⁽²²⁾
${}^{96}_{40}\text{Zr}_{56}$	2_1^+	1.563	1.750
	4_1^+	2.950	2.857
	6_1^+	4.159	3.482
	8_1^+	5.215	4.388
	10_1^+	6.019	-
	12_1^+	6.916	-

Çizelge 3.11 ${}^{96}_{40}\text{Zr}_{56}$ İzotopunun IBM–2 modelinde hesaplanan bazı B(E2) geçiş olasılıkları

İzotop	$I_i^+ \rightarrow I_f^+$	B(E2) (e^2b^2)		
		IBM–2	Deneysel	Teorik
${}^{96}_{40}\text{Zr}_{56}$	$0_1^+ \rightarrow 2_1^+$	0.0563	0.056 ⁽²³⁾	0.060 ⁽²⁶⁾
	$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$	0.0113	0.0101 ⁽²⁴⁾	-
	$2_2^+ \rightarrow 0_1^+$	0.0001	>0.00005 ⁽²⁴⁾	-
	$2_2^+ \rightarrow 0_2^+$	0.0005	0.0068 ⁽²⁴⁾	-

3.6.1. ^{96}Zr İzotopunun $\delta(E2/M1)$ Çok Kutuplu Karışım Oranlarının Hesaplanması

Çift-çift ^{96}Zr izotopunun $\delta(E2/M1)$ elektromanyetik çok kutup karışım oranları, nötron ve proton bozonlarının farklı olarak ele alındığı Etkileşen Bozon Modeli-2 (IBM-2) çerçevesinde hesaplanan değerlerle deneysel veriler arasındaki uyumun incelenmesini yapalım:

Bu hesaplamalarda bölüm 2.5 deki 2.21 – 2.22 – 2.23 – 2.24 denklemleri kullanılmıştır.

Yukarıda yazılan formüller yardımıyla $\delta(E2/M1)$ çok kutuplu karışım oranı ile ilgili hesaplamalar yapılabilir. Bu hesaplamalarda öncelikli olarak bir geçiş referans olarak kabul edilip, buradan A değeri elde edilecektir. Elde edilen A değeri sabit bir değerdir. Bu sabit değer kullanılarak diğer geçişler için $\delta(E2/M1)$ değerlerinin hesabı yapılacaktır. Elde edilen bu değerler, deneysel $\delta(E2/M1)$ değerleriyle karşılaştırılacaktır

Çizelge 3.12 ⁹⁶Zr izotopuna ait ardışık artan delta değerlerine karşılık gelen

A değerleri

DELTA	2B2TD	2G2B	3TD2TD	4B4TD	6B6TD
0	0	0	0	0	0
0,005	0,005804	0,003003	0,004282	0,023534	0,027006
0,01	0,011607	0,006006	0,008564	0,047068	0,054012
0,015	0,017411	0,009009	0,012845	0,070602	0,081018
0,02	0,023214	0,012012	0,017127	0,094136	0,108023
0,025	0,029018	0,015015	0,021409	0,117669	0,135029
0,03	0,034822	0,018018	0,025691	0,141203	0,162035
0,035	0,040625	0,021021	0,029973	0,164737	0,189041
0,04	0,046429	0,024024	0,034255	0,188271	0,216047
0,045	0,052232	0,027027	0,038536	0,211805	0,243053

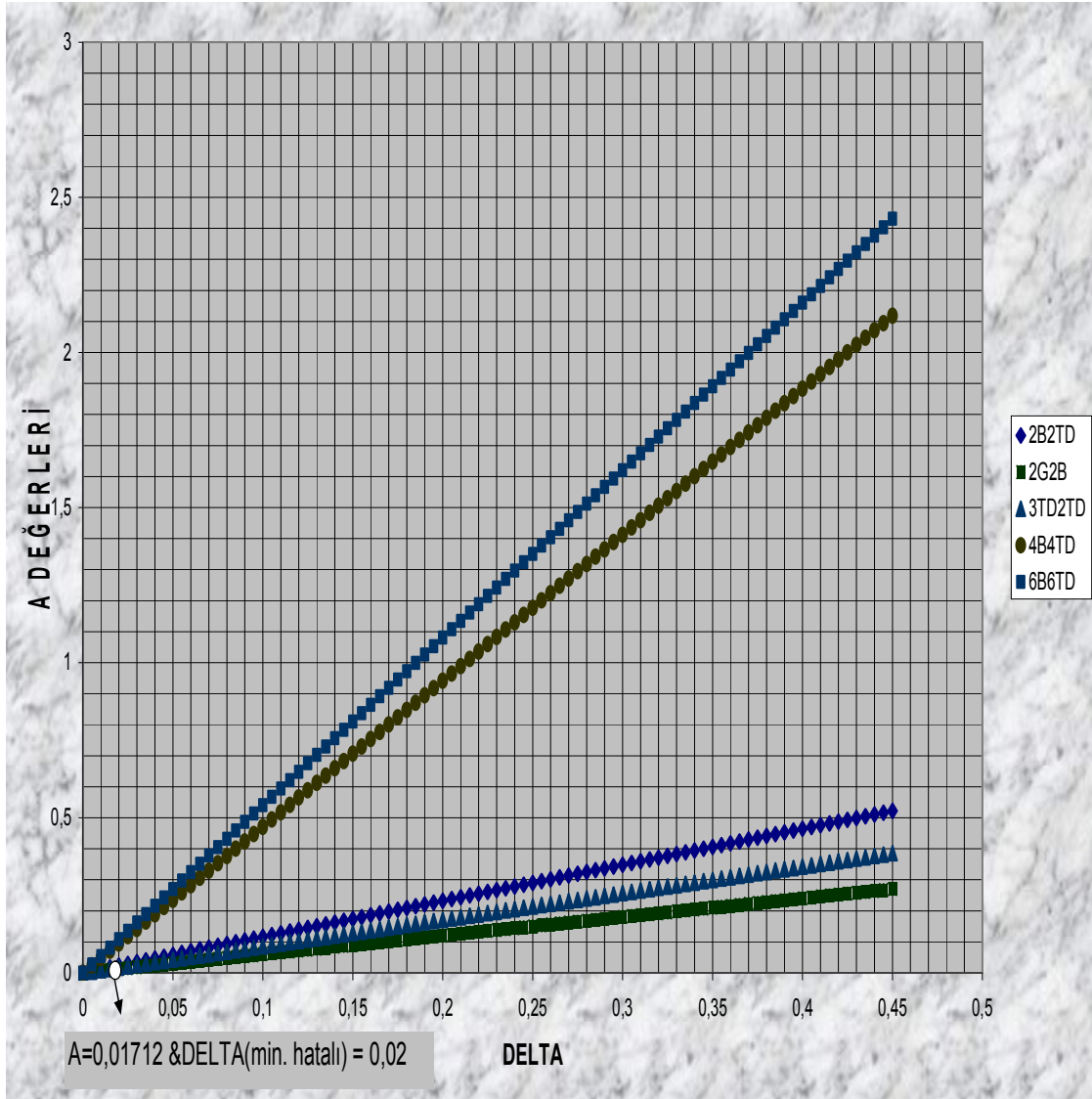
* Delta değerleri 0,005 aralıklarla arttırılmıştır. Buna karşılık gelen A değerleri her bir Delta değeri için hesaplanmıştır.

* Koyu renkli olarak gösterilen A değerleri o geçiş için Delta deneysel değerine karşılık gelen A değerleridir.

* Burada altı çizili kutudaki A değeri, HATA ORANI minimum olan deneysel Delta değerine karşılık gelmektedir.

* Delta = 0,02'ye karşılık gelen A = 0,017127267 değeri sabittir ve tüm geçişler için hesaplamalarda kullanılacaktır.

* Dolayısıyla bu tespit A değeri (0,017127267)'ye göre yeniden yukarıdaki çizelgeden bu A değerine karşılık gelen Delta değerlerine bakılırsa her bir geçiş için çok kutuplu karışım oranları belirlenmiş olur.



Şekil 3.5 ^{96}Zr izotopunun iterasyon metodu ile elde edilen A değerlerinin

$\delta(E2/M1)$ değerine karşı değişimi

Elde edilen $\delta(E2/M1)$ değerleri için hata sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikli olarak A'nın hata hesabının yapılması gerekmektedir. A'nın hata hesabı önceden seçilmiş olan referans geçişi ile yapılacaktır. Bulunan A_+ , A değerleri yardımıyla $\delta(E2/M1)$ için hata sınırları belirlenecektir.

3.6.1.1. A' nın Hata Hesabı (0,02⁺²₋₁)

Bu geçişte $2_3^+ \rightarrow 2_2^+$ (2 Gama'dan 2 Beta'ya) geçişi referans olarak alınmıştır;

$2_3^+ \rightarrow 2_2^+$ geçişi referans olarak alınır,

Bu geçişte alınan değerler;

$$E_\gamma = 688,25 \text{ keV} = 0,688 \text{ MeV}$$

$$\delta(E2/M1) = 0,02$$

$$f(l_f, l_i) = 2,04$$

A+'nın Hesaplanması

$$0,02 + 0,02 = (0,832) \cdot (0,688) \cdot A_+ \cdot (2,04) \quad \text{yazılır. Buradan}$$

$$A_+ = 0,034 \text{ olarak bulunur.}$$

A-'nin Hesaplanması

$$0,02 - 0,01 = (0,832) \cdot (1,132) \cdot A_- \cdot (2,18) \quad \text{yazılır. Buradan}$$

$$A_- = 0,0085 \text{ olarak bulunur.}$$

A Değerini 0,0171 olarak almıştık o halde;

$$A \text{ nın hata sınırları} \Rightarrow \begin{bmatrix} 0,034 - 0,0171 = 0,069 \\ 0,78 - 0,0171 = 0,076 \end{bmatrix}$$

$$A = 0,0171^{+0,069}_{-0,076} \text{ bulunacaktır.}$$

Elde edilen A_+ , A_- kullanılarak $\delta(E2/M1)$ için hata sınırları belirlenecektir.

3.6.1.2. $\delta(E2/M1)$ 'in Hata Hesabı

Yukarıda yapmış olduğumuz A değerinin bulunmasıyla her geçiş için bu A değerine karşılık gelen delta değerlerinin tespit ettiğimiz otomatik hesaplamada bu sefer delta $\delta(E2/M1)$ değerinin 0,01 artırarak her bir geçiş için $A+=0,069$ ve $A-=0,076$ değerlerine karşılık gelen delta değerlerini bulabiliriz. Bulmuş olduğumuz bu değerler ise bize delta değerlerinin hata sınırlarını verecektir. Böylece yapmış olduğumuz hesaplama sayesinde hem A değerinin tespit etmiş hem de her bir geçiş için delta değerinin hesaplamış ve hata sınırlarını da [deltayı 0,01 hassasiyette arttırarak] belirlemiş oluyoruz. O halde bulmuş olduğumuz $\delta(E2/M1)$ ' in hata sınırlarını her bir geçiş için çizelge haline getirecek olursak;

Çizelge 3.13 ^{96}Zr izotopu için $\delta(\text{E2/M1})'$ in hata hesabı

GEÇİŞLER	$\delta_{+}(\text{E2/M1})$	$\delta_{-}(\text{E2/M1})$
$2_{2}^{+} \rightarrow 2_{1}^{+}$	0,06	0,065
$3_{1}^{+} \rightarrow 4_{1}^{+}$	0,115	0,125
$2_{3}^{+} \rightarrow 2_{2}^{+}$	0,08	0,09
$4_{2}^{+} \rightarrow 4_{1}^{+}$	0,15	0,163
$6_{2}^{+} \rightarrow 6_{1}^{+}$	0,13	0,14

$\delta(\text{E2/M1})'$ in hata sınırlarının da belirlenmesinden sonra yapmış olduğumuz çalışmada bulmuş olduğumuz karışım oranı değerlerini çizelge haline getirebiliriz;

Çizelge 3.14 ^{96}Zr izotopunun bazı geçişleri için δ_{bu} çalışma (E2/M1) elektromanyetik çok kutuplu karışım oranları

E_{γ} -geçiş enerjisi (keV)	Geçişler	δ_{bu} çalışma(E2/M1)
224	$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$	$0,005^{+0,15}_{-0,163}$
289	$6_2^+ \rightarrow 6_1^+$	$0,005^{+0,13}_{-0,14}$
475	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	$0,015^{+0,06}_{-0,065}$
688	$2_3^+ \rightarrow 2_2^+$	$0,02^{(25)}$
918	$3_1^+ \rightarrow 4_1^+$	$0,030^{+0,115}_{-0,125}$

PHINT programı ile hesaplanan değerler deneysel değerlerle yakın düzeydedir. Yapılan çalışmada elde edilen bütün verilerin program çıktısı, tezin sonunda bulunan Ek-3 ile Ek-12 ' de gösterilmiştir.

3.7. ⁹⁸Zr İzotopunun İncelenmesi

Bu izotopunun temel hal bandı 0.0 keV, 1222.93 keV, 1436.87 keV, 1590.70 keV, 1843.44 keV, 2047.6 keV ve 2491.02 keV enerjilerine karşılık gelen 0^+ , 2^+ , 4^+ , 6^+ spin-parite durumlu düzeylerdir. Bu düzeylerden bazılarına ait spin – parite bilgileri şöyledir;

1222.93 keV düzeyi: Bu düzey 2_1^+ spin – paritesine sahip olup 1223.0 keV' lik enerji ile 0_1^+ düzeyine bir elektrik kuadrupol (E2) geçişi ile bozunmaktadır. 368.5 keV' lik enerji ile 0_2^+ düzeyine henüz karakteri belirlenmeyen bir geçişle bozunmaktadır.

1436.87 keV düzeyi: Bu düzey 0_3^+ spin – paritesine sahip olup 213.948 keV' lik enerji ile 2_1^+ düzeyine bir elektrik kuadrupol (E2) geçişi ile bozunmaktadır. 582.3 keV' lik enerji ile 0_2^+ düzeyine elektrik monopol (E0) geçişi gözlenmektedir.

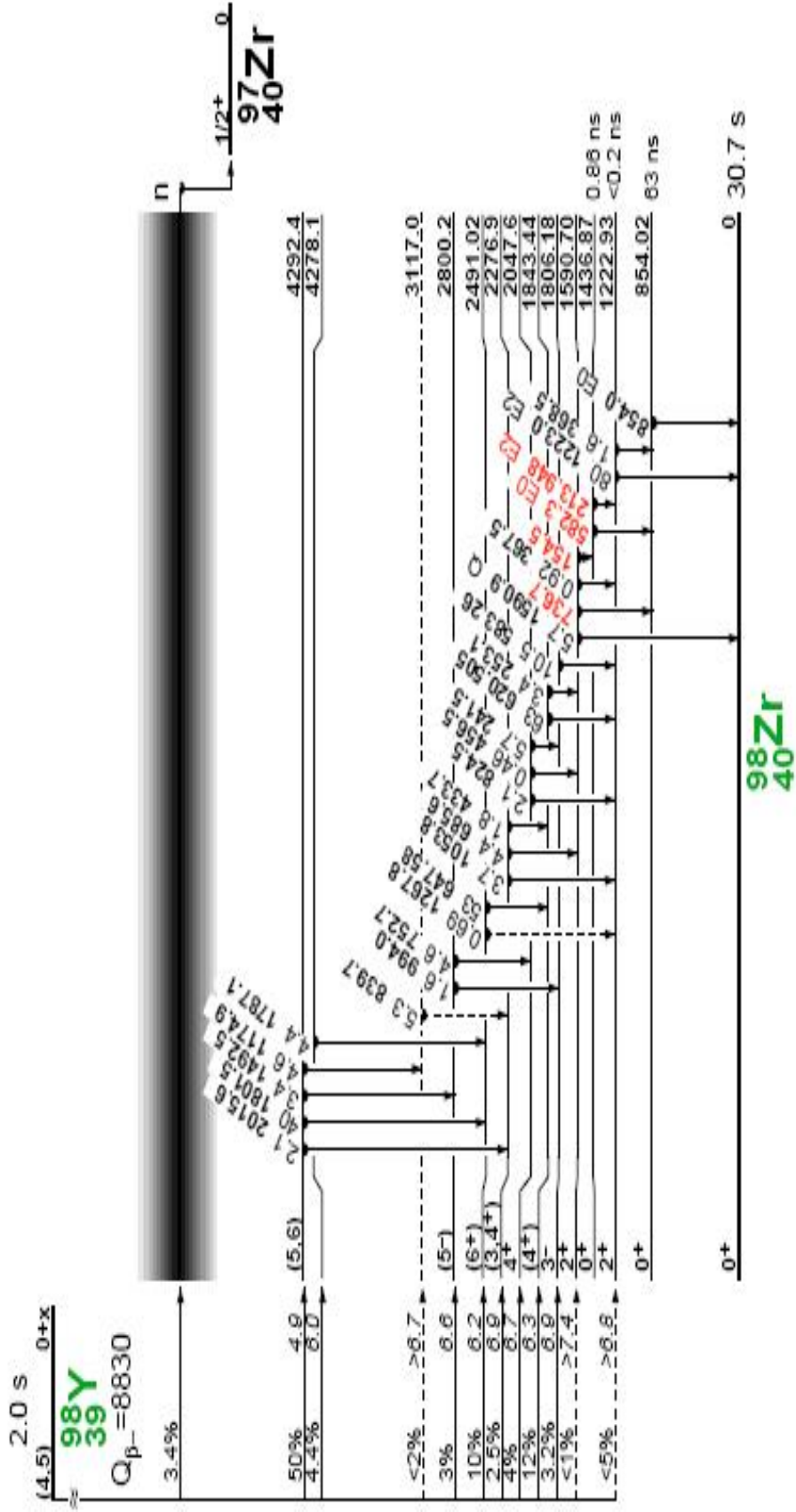
1590.70 keV düzeyi: Bu düzey 2_2^+ spin – paritesine sahip olup 1590.9 keV' lik enerjisiyle 0_1^+ düzeyine, 736.7 keV' lik enerjisiyle 0_2^+ düzeyine, 367.5 keV' lik enerjisiyle 2_1^+ düzeyine, 154.5 keV' lik enerjisiyle 0_3^+ düzeyine geçişler gözlenmekte olup bu geçişlerin karakterleri henüz belirlenmemiştir. Bir üst düzeyde de çeşitli geçişler gözlenmekte olup karakterleri henüz belirlenmemiştir.

1843.44 keV düzeyi: Bu düzey 4_1^+ spin – paritesine sahip olup 620.505 keV' lik enerjisiyle 2_1^+ düzeyine, 253.1 keV' lik enerjisiyle 2_2^+ düzeyine geçişler gözlenmektedir. Bu geçişlerin karakterleri henüz belirlenmemiştir.

2047.6 keV düzeyi: Bu düzey 4_2^+ spin – paritesine sahip olup 824.5 keV' lik enerjiyle 2_1^+ düzeyine, 456.5 keV' lik enerjiyle 2_2^+ düzeyine, 241.5 keV' lik enerjiyle 3_1^- düzeyine geçişler gözlenmekte olup geçişlerin karakterleri henüz belirlenmemiştir.

2491.02 keV düzeyi: Bu düzey 6_1^+ spin – paritesine sahip olup 1267.0 keV' lik enerji ile 2_1^+ düzeyine, 647.58 keV' lik bir enerji ile 4_1^+ düzeyine bozunmakta olup henüz bu geçişlerin karakterleri belirlenmemiştir.

$^{98}_{39}\text{Y}$ çekirdeğinin β^- ışınması ile bozunarak $^{98}_{40}\text{Zr}_{56}$ çekirdeğine dönüşmesi ile ilgili şema Şekil 3.6' da verilmiştir. Çizelge 3.15 bu çekirdeğin IBM–2 modelinde hesaplanan enerji değerlerini göstermektedir. Çizelge 3.16 bu çekirdeğin IBM–2 modelinde hesaplanan B(E2) geçiş olasılıklarını göstermektedir.



Şekil 3.6 ^{98}Y çekirdeğinin β^- olayı ile ^{98}Zr çekirdeğine bozunumu⁽²²⁾.

Çizelge 3.15 ${}^{98}_{40}\text{Zr}_{58}$ İzotopunun IBM–2 modelinde hesaplanan enerji değerleri

İzotop	Spin Parite (I^π)	IBM–2 (MeV)	Deney ⁽²²⁾
${}^{98}_{40}\text{Zr}_{58}$	4_1^+	1.447	1.843
	6_1^+	2.346	2.491
	8_1^+	3.354	3.217
	12_1^+	5.708	-
	14_1^+	6.991	-
	2_2^+	1.415	1.590
	4_2^+	2.297	2.047
	2_3^+	2.512	1.744

Çizelge 3.16 ${}^{98}_{40}\text{Zr}_{58}$ İzotopunun IBM–2 modelinde hesaplanan bazı B(E2) geçiş olasılıkları

İzotop	$I_i^+ \rightarrow I_f^+$	B(E2) (e^2b^2)	
		IBM–2	Deneysel
${}^{98}_{40}\text{Zr}_{58}$	$2_1^+ \rightarrow 0_1^+$	0.0004	$>0.00061^{(24)}$
	$2_1^+ \rightarrow 0_2^+$	0.0000	$0.0001^{(24)}$
	$0_3^+ \rightarrow 2_1^+$	1.2609	$1.294^{(24)}$

3.7.1. ^{98}Zr İzotopunun $\delta(E2/M1)$ Çok Kutuplu Karışım Oranlarının Hesaplanması

Çift-çift ^{98}Zr izotopunun $\delta(E2/M1)$ elektromanyetik çok kutup karışım oranları, nötron ve proton bozonlarının farklı olarak ele alındığı Etkileşen Bozon Modeli-2 (IBM-2) çerçevesinde hesaplanan değerlerle deneysel veriler arasındaki uyumun incelenmesini yapalım:

Bu hesaplamalarda bölüm 2.5' deki 2.21 – 2.22 – 2.23 – 2.24 denklemleri kullanılmıştır.

Yukarıda yazılan formüller yardımıyla $\delta(E2/M1)$ çok kutuplu karışım oranı ile ilgili hesaplamalar yapılabilir. Bu hesaplamalarda öncelikli olarak bir geçiş referans olarak kabul edilip, buradan A değeri elde edilecektir. Elde edilen A değeri sabit bir değerdir. Bu sabit değer kullanılarak diğer geçişler için $\delta(E2/M1)$ değerlerinin hesabı yapılacaktır. Elde edilen bu değerler, deneysel $\delta(E2/M1)$ değerleriyle karşılaştırılacaktır.

Çizelge 3.17 ⁹⁸Zr izotopuna ait ardışık artan delta değerlerine karşılık gelen

A değerleri

DELTA	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	$2_3^+ \rightarrow 2_1^+$	$3_1^+ \rightarrow 4_1^+$	$5_1^+ \rightarrow 4_1^+$
0	0	0	0	0
0,01	0,014247	0,010582	0,009695	0,005666

0,13	0,185205	0,137571	0,126041	0,073661
0,14	0,199451	0,148153	0,135736	0,079327
0,15	0,213698	0,158735	0,145431	0,084993
0,16	0,227945	0,169318	0,155127	0,090659
0,17	0,242191	0,1799	0,164822	0,096326
0,18	0,256438	0,190482	0,174518	0,101992
0,19	0,270684	0,201065	0,184213	0,107658
0,2	0,284931	0,211647	0,193909	0,113324
0,21	0,299177	0,22223	0,203604	0,118991
0,22	0,313424	0,232812	0,213299	0,124657
0,23	0,32767	0,243394	0,222995	0,130323

0,35	0,498629	0,370383	0,33934	0,198318
0,36	0,512875	0,380965	0,349035	0,203984
0,37	0,527122	0,391547	0,358731	0,20965
0,38	0,541368	0,40213	0,368426	0,215316
0,39	0,555615	0,412712	0,378122	0,220982

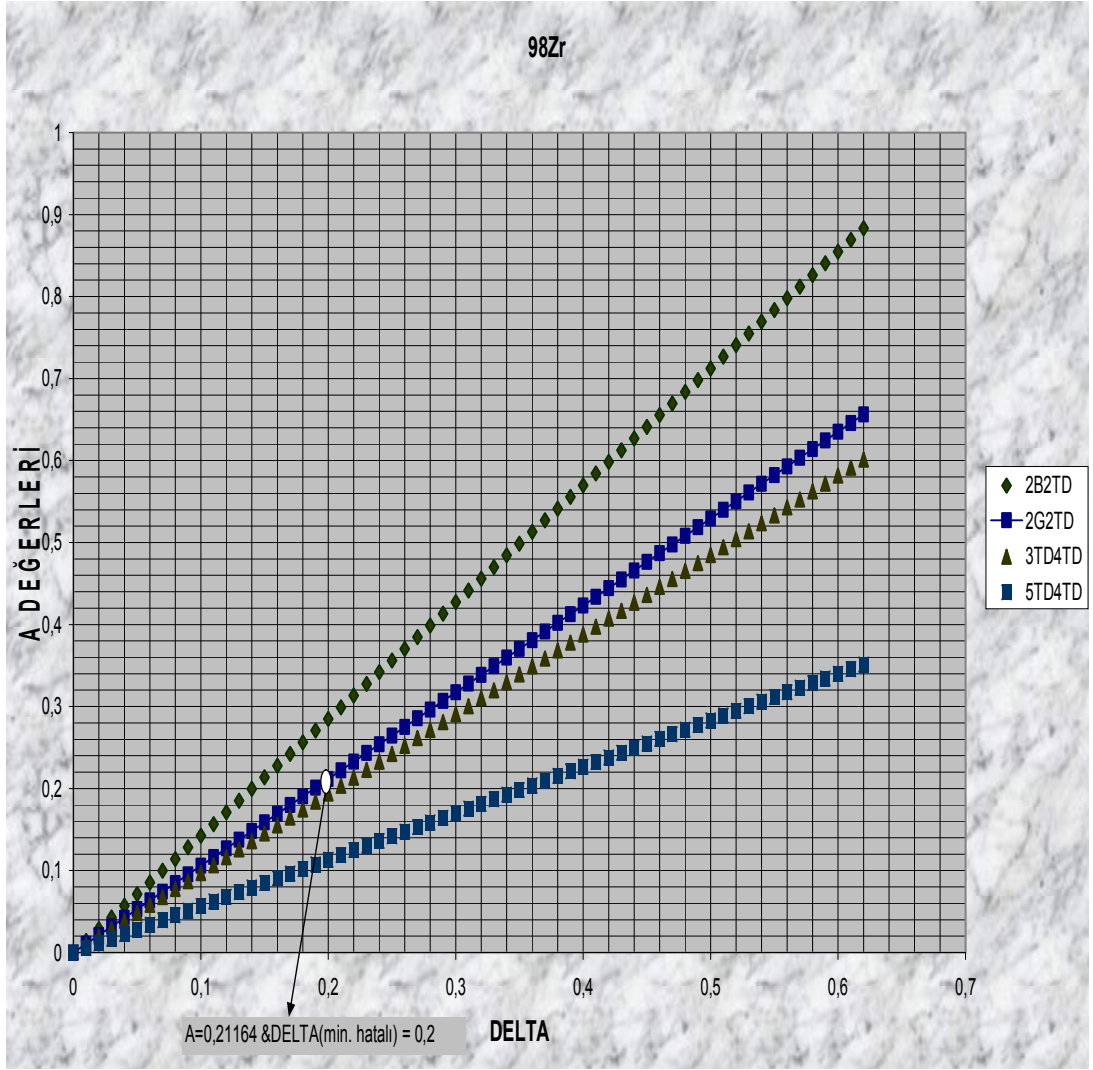
* Delta değerleri 0,01 aralıklarla arttırılmıştır. Buna karşılık gelen A değerleri her bir Delta değeri için hesaplanmıştır.

* Koyu renkli olarak gösterilen A değerleri o geçiş için Delta deneysel değerine karşılık gelen A değerleridir.

* Burada altı çizili kutudaki A değeri, HATA ORANI minimum olan deneysel Delta değerine karşılık gelmektedir.

* Delta=0,2'ye karşılık gelen A=0,21164 değeri sabittir ve tüm geçişler için hesaplamalarda kullanılacaktır.

* Dolayısıyla bu tespit A değeri (0,21164)'e göre yeniden yukarıdaki Çizelgeden bu A değerine karşılık gelen Delta değerlerine bakılırsa her bir geçiş için çok kutuplu karışım oranları belirlenmiş olur.



Şekil 3.7 ^{98}Zr izotopunun iterasyon metodu ile elde edilen A değerlerinin $\delta(E2/M1)$ değerine karşı değişimi

Elde edilen $\delta(E2/M1)$ değerleri için hata sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikli olarak A'nın hata hesabının yapılması gerekmektedir. A'nın hata hesabı önceden seçilmiş olan referans geçişi ile yapılacaktır. Bulunan A_+ , A_- değerleri yardımıyla $\delta(E2/M1)$ için hata sınırları belirlenecektir.

3.7.1.1. A' nın Hata Hesabı (0,2 (1))

Bu geçişte $2_3^+ \rightarrow 2_1^+$ (2 Gama' dan 2 Temel Duruma) geçişi referans olarak alınmıştır;

$2_3^+ \rightarrow 2_1^+$ geçişi referans olarak alınır,

Bu geçişte alınan değerler;

$$E_\gamma = 521,6 \text{ keV} = 0,521 \text{ MeV}$$

$$\delta(E2/M1) = 0,2$$

$$f(l_f, l_i) = 2,18$$

A+'nın Hesaplanması

$$0,2 + 0,1 = (0,832).(0,521). A_+(2,18) \quad \text{yazılır. Buradan}$$

$A_+ = 0,317$ olarak bulunur.

A-'nin Hesaplanması

$$0,2 - 0,1 = (0,832).(1,132). A_-(2,18) \quad \text{yazılır. Buradan}$$

$A_- = 0,106$ olarak bulunur.

A Değerini 0,21164 olarak almıştık o halde;

$$A \text{ nın hata sınırları} \Rightarrow \begin{bmatrix} 0,317 - 0,21164 = 0,1053 \\ 0,21164 - 0,106 = 0,1056 \end{bmatrix}$$

$$A = 0,21164^{+0,1053}_{-0,1056} \text{ bulunacaktır.}$$

Elde edilen A_+ , A_- kullanılarak $\delta(E2/M1)$ için hata sınırları belirlenecektir.

3.7.1.2. $\delta(E2/M1)$ 'in Hata Hesabı

Yukarıda yapmış olduğumuz A değerinin bulunmasıyla her geçiş için bu A değerine karşılık gelen delta değerlerinin tespit ettiğimiz otomatik hesaplamada bu sefer delta $\delta(E2/M1)$ değerinin 0,01 artırarak her bir geçiş için $A+=0,1053$ ve $A-=0,1056$ değerlerine karşılık gelen delta değerlerini bulabiliriz. Bulmuş olduğumuz bu değerler ise bize delta değerlerinin hata sınırlarını verecektir. Böylece yapmış olduğumuz hesaplama sayesinde hem A değerinin tespit etmiş hem de her bir geçiş için delta değerinin hesaplamış ve hata sınırlarını da [deltayı 0,01 hassasiyette arttırarak] belirlemiş oluyoruz. O halde bulmuş olduğumuz $\delta(E2/M1)$ ' in hata sınırlarını her bir geçiş için çizelge haline getirecek olursak;

Çizelge 3.18 ^{98}Zr izotopu için $\delta(E2/M1)$ ' in hata hesabı

GEÇİŞLER	$\delta_+(E2/M1)$	$\delta_-(E2/M1)$
$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0,073	0,075
$2_3^+ \rightarrow 2_1^+$	0,098	0,1
$3_1^+ \rightarrow 4_1^+$	0,105	0,11
$5_1^+ \rightarrow 4_1^+$	0,185	0,187

$\delta(E2/M1)$ ' in hata sınırlarının da belirlenmesinden sonra yapmış olduğumuz çalışmada bulmuş olduğumuz karışım oranı değerlerini çizelge haline getirebiliriz;

Çizelge 3.19 ^{98}Zr izotopunun bazı geçişleri için $\delta_{\text{bu çalışma}}$ (E2/M1) elektromanyetik çok kutuplu karışım oranları

E_{γ} -geçiş enerjisi (keV)	Geçişler	$\delta_{\text{bu çalışma}}$ (E2/M1)
387	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	$0,15^{+0,073}_{-0,074}$
521	$2_3^+ \rightarrow 2_1^+$	$0,2^{(25)}$
832	$3_1^+ \rightarrow 4_1^+$	$0,22^{+0,105}_{-0,11}$
1813	$5_1^+ \rightarrow 4_1^+$	$0,37^{+0,185}_{-0,187}$

PHINT programı ile hesaplanan değerler deneysel değerlerle yakın düzeydedir. Yapılan çalışmada elde edilen bütün verilerin program çıktısı, tezin sonunda bulunan Ek-4 ile Ek-13' de gösterilmiştir.

3.8. ^{100}Zr İzotopunun İncelenmesi

Bu izotop 0^+ , 2^+ , 4^+ , 6^+ , 8^+ spin-parite durumlu düzeylere karşılık gelen 0.0 keV, 212.530 keV, 564.486 keV temel hal bandından, 331.13 keV, 564.486 keV ve 878.57 keV' lik enerjilerden oluşmaktadır. Bu düzeylerden bazılarına ait spin – parite bilgileri şöyledir;

212.530 keV düzeyi: Bu düzey 2_1^+ spin – paritesine sahip olup 212.531 keV' lik enerji ile 0_1^+ düzeyine elektrik kuadrupol (E2) geçişi gözlenmektedir.

331.13 keV düzeyi: Bu düzey 0_2^+ spin – paritesine sahip olup 118.59 keV' lik enerji ile 2_1^+ düzeyine elektrik kuadrupol (E2) geçişi gözlenmektedir. Ayrıca 331.13 keV' lik enerji ile 0_1^+ düzeyine elektrik monopol (E0) geçişi gözlenmektedir.

564.86 keV düzeyi: Bu düzey 4_1^+ spin – paritesine sahip olup 351.960 keV' lik enerji ile 2_1^+ düzeyine bozunmaktadır. Bu geçişin karakteri henüz belirlenmemiştir.

878.57 keV düzeyi: Bu düzey 2_2^+ spin – paritesine sahip olup çok kutuplu karışıma sahip bir karma simetrik durumu içerir ve 665.98 keV' lik bir enerjiyle (M1+E2) kutupsallığına sahip olup 2_1^+ düzeyine bozunur. 878.54 keV' lik enerjiyle 0_1^+ düzeyine, 547.37 keV' lik enerjiyle 0_2^+ düzeyine, 314.3 keV' lik enerjiyle 4_1^+ düzeyine bozunmaktadır. Bu geçişlerin karakterleri henüz belirlenmemiştir.

$^{100}_{39}\text{Y}$ çekirdeğinin β^- ışınması ile bozunarak $^{100}_{40}\text{Zr}_{60}$ çekirdeğine dönüşmesi ile ilgili şema Şekil 3.9'da verilmiştir. Çizelge 3.20 bu çekirdeğin IBM-2 modelinde hesaplanan enerji değerlerini göstermektedir. Çizelge 3.21 bu çekirdeğin IBM-2 modelinde hesaplanan $B(E2)$ geçiş olasılıklarını göstermektedir.



Şekil 3.8 ¹⁰⁰Y çekirdeğinin β⁻ olayı ile ¹⁰⁰Zr çekirdeğine bozunumu⁽²²⁾.

Çizelge 3.20 $^{100}_{40}\text{Zr}_{60}$ İzotopunun IBM–2 modelinde hesaplanan enerji değerleri

İzotop	Spin Parite (I^π)	IBM–2 (MeV)	Deney ⁽²²⁾
$^{100}_{40}\text{Zr}_{60}$	2_1^+	0.156	0.212
	4_1^+	0.564	0.564
	6_1^+	1.159	1.062
	8_1^+	2.010	1.676
	10_1^+	3.019	-
	12_1^+	4.442	-

Çizelge 3.21 $^{100}_{40}\text{Zr}_{60}$ İzotopunun IBM–2 modelinde hesaplanan bazı B(E2) geçiş olasılıkları

İzotop	$I_i^+ \rightarrow I_f^+$	B(E2) (e^2b^2)	
		IBM–2	Deneysel
$^{100}_{40}\text{Zr}_{60}$	$0_1^+ \rightarrow 2_1^+$	1.1307	1.13 ⁽²³⁾
	$2_1^+ \rightarrow 0_2^+$	0.0000	-
	$0_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0.0002	-
	$2_2^+ \rightarrow 0_1^+$	0.0092	-
	$0_3^+ \rightarrow 2_1^+$	0.0003	-
	$6_1^+ \rightarrow 4_1^+$	0.3332	-
	$8_1^+ \rightarrow 6_1^+$	0.3260	-

3.8.1. ^{100}Zr İzotopunun $\delta(E2/M1)$ Çok Kutuplu Karışım Oranlarının Hesaplanması

Çift-çift ^{100}Zr izotopunun $\delta(E2/M1)$ elektromanyetik çok kutup karışım oranları, nötron ve proton bozonlarının farklı olarak ele alındığı Etkileşen Bozon Modeli-2 (IBM-2) çerçevesinde hesaplanan değerlerle deneysel veriler arasındaki uyumun incelenmesini yapalım:

Bu hesaplamalarda bölüm 2.5' deki 2.21 – 2.22 – 2.23 – 2.24 denklemleri kullanılmıştır.

Yukarıda yazılan formüller yardımıyla $\delta(E2/M1)$ çok kutuplu karışım oranı ile ilgili hesaplamalar yapılabilir. Bu hesaplamalarda öncelikli olarak bir geçiş referans olarak kabul edilip, buradan A değeri elde edilecektir. Elde edilen A değeri sabit bir değerdir. Bu sabit değer kullanılarak diğer geçişler için $\delta(E2/M1)$ değerlerinin hesabı yapılacaktır. Elde edilen bu değerler, deneysel $\delta(E2/M1)$ değerleriyle karşılaştırılacaktır

Çizelge 3.22 ^{100}Zr izotopuna ait ardışık artan delta değerlerine karşılık gelen

A değerleri

DELTA	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	$3_1^+ \rightarrow 4_1^+$	$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$	$5_1^+ \rightarrow 4_1^+$
0	0	0	0	0
0,1	0,082908	0,05495	0,124184	0,046505

.....

1,2	0,994901	0,659395	1,490203	0,558054
1,3	1,077809	0,714344	1,614386	0,604559
1,4	1,160718	0,769294	1,73857	0,651063
1,5	1,243626	0,824244	1,862754	0,697568
1,6	1,326534	0,879193	1,986937	0,744072
1,7	1,409443	0,934143	2,111121	0,790577
1,8	1,492351	0,989092	2,235304	0,837081
1,9	1,57526	1,044042	2,359488	0,883586
2	1,658168	1,098992	2,483671	0,93009
2,1	1,741076	1,153941	2,607855	0,976595
2,2	1,823985	1,208891	2,732038	1,023099
2,3	1,906893	1,26384	2,856222	1,069604
2,4	1,989802	1,31879	2,980406	1,116108
2,5	2,07271	1,373739	3,104589	1,162613
2,6	2,155618	1,428689	3,228773	1,209117
2,7	2,238527	1,483639	3,352956	1,255622
2,8	2,321435	1,538588	3,47714	1,302126
2,9	2,404344	1,593538	3,601323	1,348631
3	2,487252	1,648487	3,725507	1,395135
3,1	2,57016	1,703437	3,849691	1,44164
3,2	2,653069	1,758386	3,973874	1,488144
3,3	2,735977	1,813336	4,098058	1,534649
3,4	2,818886	1,868286	4,222241	1,581153
3,5	2,901794	1,923235	4,346425	1,627658
3,6	2,984702	1,978185	4,470608	1,674162
3,7	3,067611	2,033134	4,594792	1,720667
3,8	3,150519	2,088084	4,718976	1,767171

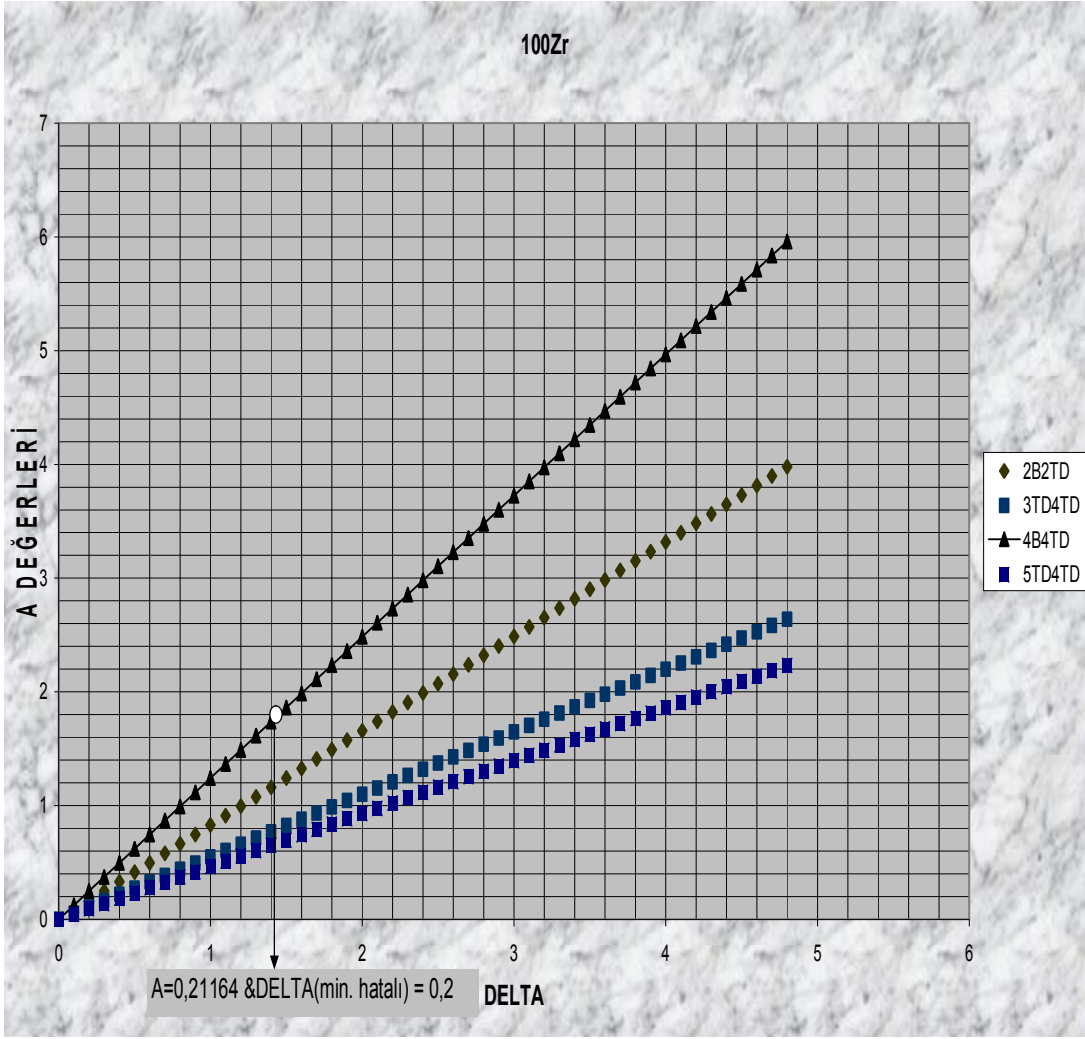
* Delta değerleri 0,1 aralıklarla arttırılmıştır. Buna karşılık gelen A değerleri her bir Delta değeri için hesaplanmıştır.

* Koyu renkli olarak gösterilen A değerleri o geçiş için Delta deneysel değerine karşılık gelen A değerleridir.

* Burada altı çizili kutudaki A değeri, HATA ORANI minumum olan deneysel Delta değerine karşılık gelmektedir.

* Delta = 1,4'e karşılık gelen A = 1,73857 değeri sabittir ve tüm geçişler için hesaplamalarda kullanılacaktır.

* Dolayısıyla bu tespit A değeri (1,73857)'ye göre yeniden yukarıdaki çizelgeden bu A değerine karşılık gelen Delta değerlerine bakılırsa her bir geçiş için çok kutuplu karışım oranları belirlenmiş olur.



Şekil 3.9 ^{100}Zr izotopunun iterasyon metodu ile elde edilen A değerlerinin $\delta(E2/M1)$ değerine karşı değişimi

Elde edilen $\delta(E2/M1)$ değerleri için hata sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikli olarak A'nın hata hesabının yapılması gerekmektedir. A'nın hata hesabı önceden seçilmiş olan referans geçişi ile yapılacaktır. Bulunan A_+ , A değerleri yardımıyla $\delta(E2/M1)$ için hata sınırları belirlenecektir.

3.8.1.1. A' nın Hata Hesabı ($1,4^{+0,4}_{-0,2}$)

Bu geçişte $4_2^+ \rightarrow 4_1^+$ (4 Beta'dan 4 Temel Duruma) geçiş referans olarak alınmıştır;

$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$ geçişi referans olarak alınır,

Bu geçişte alınan değerler;

$$E_\gamma = 849 \text{ keV} = 0,849 \text{ MeV}$$

$$\delta(E2/M1) = 1,4$$

$$f(l_f, l_i) = 1,14$$

A+'nın Hesaplanması

$$1,4 + 0,2 = (0,832).(0,849). A_+(1,14) \quad \text{yazılır. Buradan}$$

$A_+ = 1,987$ olarak bulunur.

A-'nin Hesaplanması

$$1,4 - 0,2 = (0,832).(0,849). A_-(1,14) \quad \text{yazılır. Buradan}$$

$A_- = 1,49$ olarak bulunur.

A Değerini 1,73857 olarak almıştık o halde;

$$A' \text{ nın hata sınırları} \Rightarrow \begin{bmatrix} 1,987 - 1,73857 = 0,248 \\ 1,73857 - 1,49 = 0,249 \end{bmatrix}$$

$A = 1,73857^{+0,248}_{-0,249}$ bulunacaktır.

Elde edilen A_+ , A_- kullanılarak $\delta(E2/M1)$ için hata sınırları belirlenecektir.

3.8.1.2. $\delta(E2/M1)$ 'in Hata Hesabı

Yukarıda yapmış olduğumuz A değerinin bulunmasıyla her geçiş için bu A değerine karşılık gelen delta değerlerinin tespit ettiğimiz otomatik hesaplamada bu sefer delta $\delta(E2/M1)$ değerinin 0,1 arttırarak her bir geçiş için $A^+ = 0,248$ ve $A^- = 0,249$ değerlerine karşılık gelen delta değerlerini bulabiliriz. Bulmuş olduğumuz bu değerler ise bize delta değerlerinin hata sınırlarını verecektir. Böylece yapmış olduğumuz hesaplama sayesinde de hem A değerinin tespit etmiş hem de her bir geçiş için delta değerinin hesaplamış ve hata sınırlarını da [deltayı 0,1 hassasiyette artırarak] belirlemiş oluyoruz. O halde bulmuş olduğumuz $\delta(E2/M1)$ ' in hata sınırlarını her bir geçiş için çizelge haline getirecek olursak;

Çizelge 3.23 ^{100}Zr izotopu için $\delta(E2/M1)$ ' in hata hesabı

GEÇİŞLER	$\delta_+(E2/M1)$	$\delta_-(E2/M1)$
$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0,3	0,33
$3_1^+ \rightarrow 4_1^+$	0,43	0,45
$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$	0,2	0,25
$5_1^+ \rightarrow 4_1^+$	0,55	0,57

$\delta(E2/M1)$ ' in hata sınırlarının da belirlenmesinden sonra yapmış olduğumuz çalışmada bulmuş olduğumuz karışım oranı değerlerini çizelge haline getirebiliriz;

Çizelge 3.24 ^{100}Zr izotopunun bazı geçişleri için δ_{bu} çalışma (E2/M1) elektromanyetik çok kutuplu karışım oranları

E_{γ} -geçiş enerjisi (keV)	Geçişler	δ_{bu} çalışma(E2/M1)
665	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	$2,1_{-0,33}^{+0,3}$
849	$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$	$1,4^{(27)}$
1468	$3_1^+ \rightarrow 4_1^+$	$3,1_{-0,45}^{+0,43}$
2209	$5_1^+ \rightarrow 4_1^+$	$3,7_{-0,57}^{+0,55}$

PHINT programı ile hesaplanan değerler deneysel değerlerle yakın düzeydedir. Yapılan çalışmada elde edilen bütün verilerin program çıktısı, tezin sonunda bulunan Ek-5 ile Ek-14' de gösterilmiştir.

3.9. ^{102}Zr İzotopunun İncelenmesi

Bu izotopun temel hal bandı 0.0 keV, 151.77 keV ve 478.41 keV enerjilerinden oluşmaktadır. Ayrıca bu izotop 1211.04 keV ve 894.78 keV enerjilerinden oluşmaktadır. Bu düzeyler ise 0^+ , 2^+ , 4^+ , 6^+ , 8^+ spin-parite durumlarından oluşmaktadır. Bu düzeylerden bazılarına ait spin – parite bilgileri şöyledir;

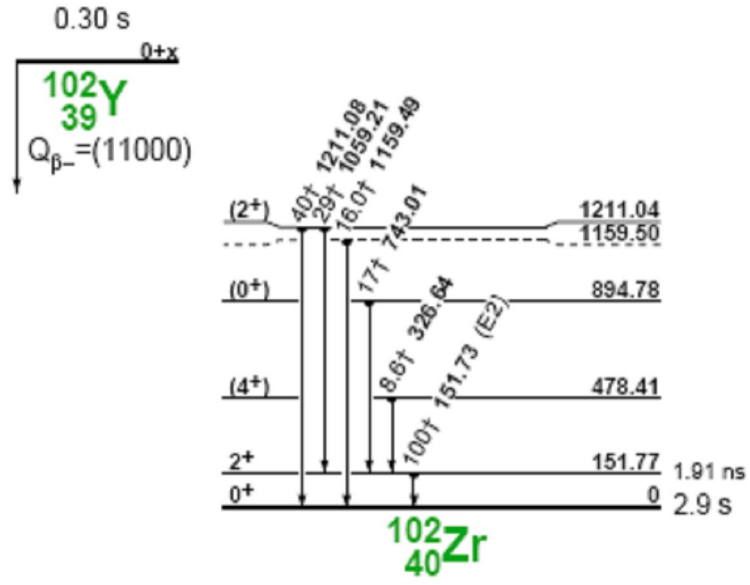
151.77 keV düzeyi: Bu düzey 2_1^+ spin – paritesine sahip olup 151.73 keV' lik enerji ile 0_1^+ düzeyine bir elektrik kuadrupol (E2) geçişi ile bozunmaktadır.

478.41 keV düzeyi: Bu düzey 4_1^+ spin – paritesine sahip olup 326.64 keV' lik enerji ile 2_1^+ düzeyine bozunmaktadır. Bu geçişin karakteri henüz belirlenmemiştir.

894.78 keV düzeyi: Bu düzey 0_2^+ spin – paritesine sahip olup 743.01 keV' lik enerji ile 2_1^+ düzeyine bozunmaktadır. Bu geçişin karakteri henüz belirlenmemiştir.

1211.04 keV düzeyi: Bu düzey 2_2^+ spin – paritesine sahip olup 1211.08 keV' lik enerjiyle 0_1^+ düzeyine ve 1059.21 keV' lik enerji ile 2_1^+ düzeyine bozunur. Her iki geçişin karakteri henüz belirlenmemiştir. Bir alt düzeyinde karakteri henüz belirlenmemiş geçişler mevcuttur.

$^{102}_{39}\text{Y}$ çekirdeğinin β^- ışınması ile bozunarak $^{102}_{40}\text{Zr}_{62}$ çekirdeğine dönüşmesi ile ilgili şema Şekil 3.10'da verilmiştir. Çizelge 3.25 bu çekirdeğin IBM-2 modelinde hesaplanan enerji değerlerini göstermektedir. Çizelge 3.26 bu çekirdeğin IBM-2 modelinde hesaplanan B(E2) geçiş olasılıklarını göstermektedir.



Şekil 3.10 $^{102}_{39}\text{Y}$ çekirdeğinin β^- ışınması ile $^{102}_{40}\text{Zr}_{60}$ çekirdeğine bozunumu⁽²²⁾

Çizelge 3.25 $^{102}_{40}\text{Zr}_{62}$ İzotopunun IBM–2 modelinde hesaplanan enerji değerleri

İzotop	Spin Parite (I^π)	IBM–2 (MeV)	Deney ⁽²²⁾
$^{102}_{40}\text{Zr}_{62}$	2_1^+	0.129	0.151
	4_1^+	0.478	0.478
	6_1^+	0.971	0.965
	8_1^+	1.694	1.546
	10_1^+	2.518	-
	12_1^+	3.757	-
	2_2^+	1.324	1.211
	4_2^+	1.749	-

Çizelge 3.26 $^{102}_{40}\text{Zr}_{62}$ İzotopunun IBM–2 modelinde hesaplanan bazı B(E2)

geçiş olasılıkları

İzotop	$I_i^+ \rightarrow I_f^+$	B(E2) (e^2b^2)	
		IBM–2	Deneysel
$^{102}_{40}\text{Zr}_{62}$	$0_1^+ \rightarrow 2_1^+$	1.6611	1.66 ⁽²³⁾
	$2_1^+ \rightarrow 0_2^+$	0.0002	-
	$0_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0.0008	-
	$0_3^+ \rightarrow 2_1^+$	0.0007	-
	$2_2^+ \rightarrow 0_1^+$	0.0424	-
	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0.1289	-

3.9.1. ^{102}Zr İzotopunun $\delta(E2/M1)$ Çok Kutuplu Karışım Oranlarının Hesaplanması

Çift-çift ^{102}Zr izotopunda çok kutuplu karışıma sahip bir karma simetrik durum henüz mevcut değildir. Elektrik kuadropol (E2) geçişi gözlenmektedir. PHINT programı ile hesaplanan değerler deneysel değerlerle yakın düzeydedir. Yapılan çalışmada elde edilen bütün verilerin program çıktısı, tezin sonunda bulunan Ek-6 ile Ek-15' de gösterilmiştir.

3.10. ^{104}Zr İzotopunu İncelenmesi

Bu izotopun temel hal bandı 0.0 keV, 140.3 keV, 452.8 keV, 926.5 keV ve 1551.3 keV enerjilerinden oluşmaktadır. Bu düzeyler ise 0^+ , 2^+ , 4^+ , 6^+ , 8^+ spin-parite durumlarından oluşmaktadır. Bu düzeylerden bazılarına ait spin – parite bilgileri şöyledir;

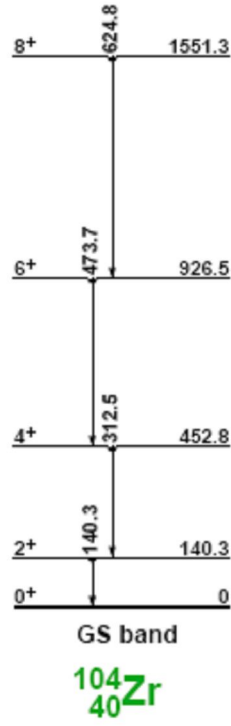
140.3 keV düzeyi: Bu düzey 2_1^+ spin – paritesine sahip olup 140.3 keV' lik enerji ile 0_1^+ düzeyine bozunmaktadır. Bu geçişin karakteri henüz belirlenmemiştir.

452.8 keV düzeyi: Bu düzey 4_1^+ spin – paritesine sahip olup 312.5 keV' lik enerji ile 2_1^+ düzeyine bozunmaktadır. Bu geçişin karakteri henüz belirlenmemiştir.

926.5 keV düzeyi: Bu düzey 6_1^+ spin – paritesine sahip olup 473.7 keV' lik bir enerji ile 4_1^+ düzeyine bozunmaktadır. Bu geçişin karakteri henüz belirlenmemiştir

1551.3 keV düzeyi: Bu düzey 8_1^+ spin – paritesine sahip olup 624.8 keV' lik bir enerjiyle 6_1^+ düzeyine bozunmaktadır. Bu geçişin karakteri henüz belirlenmemiştir.

$^{104}_{40}\text{Zr}_{64}$ çekirdeğinin enerji geçişleri ile ilgili şema Şekil 3.11'de verilmiştir. Çizelge 3.27 bu çekirdeğin IBM–2 modelinde hesaplanan enerji değerlerini göstermektedir. Çizelge 3.28 bu çekirdeğin IBM–2 modelinde hesaplanan B(E2) geçiş olasılıklarını göstermektedir.



Şekil 3.11 $^{104}_{40}\text{Zr}_{64}$ çekirdeğinin enerji geçişleri⁽²²⁾

Çizelge 3.27 $^{104}_{40}\text{Zr}_{64}$ İzotopunun IBM–2 modelinde hesaplanan enerji değerleri

İzotop	Spin Parite (I^π)	IBM–2 (MeV)	Deney ⁽²²⁾
$^{104}_{40}\text{Zr}_{64}$	2_1^+	0.122	0.140
	4_1^+	0.452	0.452
	6_1^+	0.953	0.926
	8_1^+	1.688	1.551
	10_1^+	2.619	-
	12_1^+	3.936	
	2_2^+	2.201	-
	4_2^+	2.572	-
	0_2^+	2.738	-

Çizelge 3.28 $^{104}_{40}\text{Zr}_{64}$ İzotopunun IBM–2 modelinde hesaplanan bazı B(E2) geçiş olasılıkları

İzotop	$I_i^+ \rightarrow I_f^+$	B(E2) (e^2b^2)	
		IBM–2	Deneysel
$^{104}_{40}\text{Zr}_{64}$	$0_1^+ \rightarrow 2_1^+$	2.0039	$2.0^{(28)}$
	$2_1^+ \rightarrow 0_2^+$	0.0023	-
	$0_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0.0113	-
	$2_2^+ \rightarrow 0_1^+$	0.0463	-
	$0_3^+ \rightarrow 2_1^+$	0.0001	-
	$2_3^+ \rightarrow 0_1^+$	0.0005	-

3.10.1. ^{104}Zr İzotopunun $\delta(\text{E2/M1})$ Çok Kutuplu Karışım Oranlarının Hesaplanması

Çift-çift ^{104}Zr izotopunda çok kutuplu karışıma sahip bir karma simetrik durum henüz mevcut değildir. Elektrik kuadropol (E2) geçişi gözlenmektedir.

PHINT programı ile hesaplanan değerler deneysel değerlerle yakın düzeydedir. Yapılan çalışmada elde edilen bütün verilerin program çıktısı, tezin sonunda bulunan Ek-7 ile Ek-15' de gösterilmiştir.

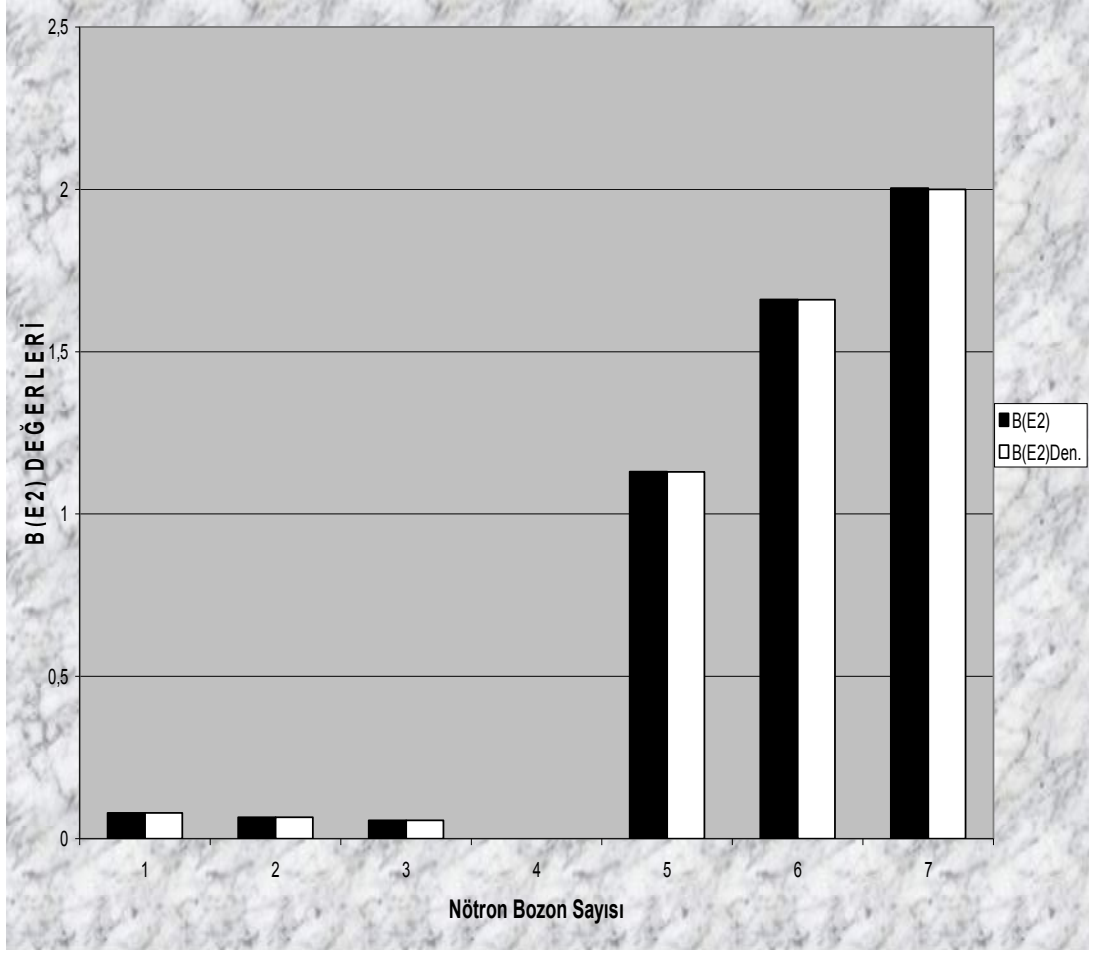
4. TARTIŞMA VE SONUÇ

İncelenen bazı çift-çift $A \sim 80$ civarındaki İzotopların, PHINT program kodu kullanılarak, hesaplanan IBM-2 modelindeki enerji değerleri ve $B(E2)$ değerleri Bölüm 3'de çizelge halinde gösterildiği gibi bulunmuştur. Bu değerler her bir izotop için ayrı bir çizelge ile verilmiştir.

Bu izotopların belirli geçişlerine ait $B(E2)$ geçiş olasılıkları ve IBM-2 elde edilerek, daha önce yapılmış deneysel ve teorik verilerle karşılaştırılmıştır.

Elde edilen enerji seviyeleri için birinci 2^+ , 4^+ , 6^+ ve 8^+ durumlarının enerji seviyeleri deneysel verilerle neredeyse tam uyum içindedir. İkinci 0^+ , 2^+ ve 4^+ durumlarının enerji seviyeleri deneysel enerji seviyeleri ile karşılaştırıldığında neredeyse uyum içerisinde olduğu gözükmemektedir ancak ikinci 0^+ durumlarının enerji seviyelerinin uyumluluğu diğerlerine göre daha yüksektir.

Enerji seviyeleri arasındaki $B(E2)$ geçiş olasılıklarından; incelenen çekirdeklerde gözlenen; $B(E2; 0_1^+ \rightarrow 2_1^+)$, $B(E2; 0_2^+ \rightarrow 2_1^+)$, $B(E2; 2_1^+ \rightarrow 0_1^+)$, $B(E2; 4_1^+ \rightarrow 2_1^+)$, $B(E2; 6_1^+ \rightarrow 4_1^+)$, $B(E2; 2_2^+ \rightarrow 0_1^+)$ ve $B(E2; 2_2^+ \rightarrow 0_2^+)$ geçiş olasılıkları hesabında kullanılan E2SD ve E2DD parametreleri kullanılmıştır. Uygun parametrelerin kullanılmasıyla yapılan hesaplamalarda elde edilen $B(E2)$ geçişlerinin deneysel sonuçlarla uyum içinde olduğu gözlemlenmektedir. IBM-2 değerlerini ve $B(E2)$ değerlerini hesaplamada kullanılan parametreler Bölüm 3' de çizelge halinde gösterilmiştir.



Şekil 4.1 $B(E2; 0_1^+ \rightarrow 2_1^+)$ değerlerinin nötron bozon sayılarına göre değişimi

$B(E2)$ değerlerinin deneysel ve bu çalışmadaki karşılaştırması Şekilde gösterildiği gibidir. Siyah renkli olanlar bu çalışmadaki $B(E2)$ değerlerini, beyaz renkli olanlar deneysel $B(E2)$ değerlerini göstermektedir. İlk üç izotop için $B(E2)$ değerleri azalmakta, son üç izotop için artmaktadır.

Bu çalışmadaki $B(E2)$ değerlerinin, deneysel değerlerle tam uyumu grafikte gösterildiği gibidir.

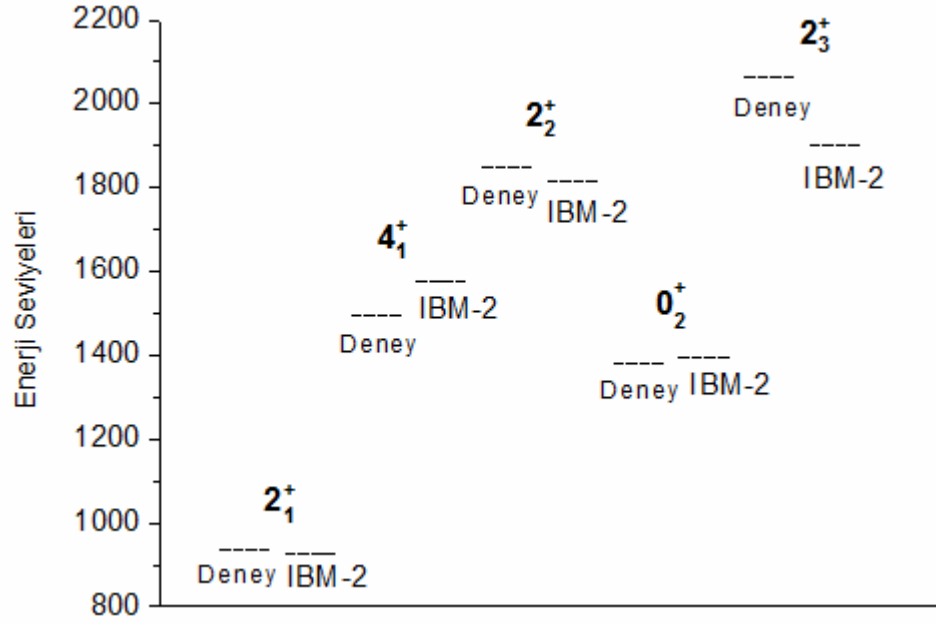
Zr izotopu için yapılan kutupsal karışım oranları hesaplamalarında, hata oranı minimum olan geçişin deneysel $\delta(E2/M1)$ karışım oranı değeri referans olarak alınmış ve bu karışım oranı değerine karşılık gelen A değeri belirlenmiştir. Bu değer sabit olarak diğer geçişlerde de kullanıldığında her bir geçiş için deneysel değerlere yakın $\delta(E2/M1)$ karışım oranı değerleri elde edilmiştir. Elde ettiğimiz bu sonuçlar bulmuş olduğumuz A değerinin güvenilir olduğunu göstermektedir.

Elde edilen $\delta(E2/M1)$ karışım oranlarının sonuçları deneylerle karşılaştırılarak çizelgeler halinde verilmiştir.

4.1. ${}^{92}_{40}\text{Zr}_{52}$ İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi

${}^{92}\text{Zr}$ izotopu için IBM-2 modelinde elde edilen enerji değerleri uygun parametreler kullanılarak 3.Bölüm'de çizelge halinde verilmiştir. Bazı durumların enerji seviyeleri aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir. Birinci 2^+ , 4^+ durumlarının enerji seviyeleri ile ikinci 0^+ , 2^+ durumlarının enerji seviyeleri neredeyse uyum içerisindedir, üçüncü 2^+ durumunun enerji seviyesi ise kısmen uyum içerisindedir. B(E2) değerleri uygun parametreler kullanılarak IBM-2 modelinde hesaplanmış, çizelge halinde 3.Bölüm' de verilmiştir.

${}^{92}\text{Zr}$ için yapılan kutupsal karışım oranları hesaplamalarında $2^+_3 \rightarrow 2^+_1$ geçişi referans olarak alındığında elde edilen teorik $\delta(E2/M1)$ değerleriyle deneysel $\delta(E2/M1)$ değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 4.1' de gösterilmiştir



Şekil 4.2 $^{92}_{40}\text{Zr}_{52}$ çekirdeği için bazı durumların IBM-2 modelinde hesaplanan bazı enerji seviyeleri

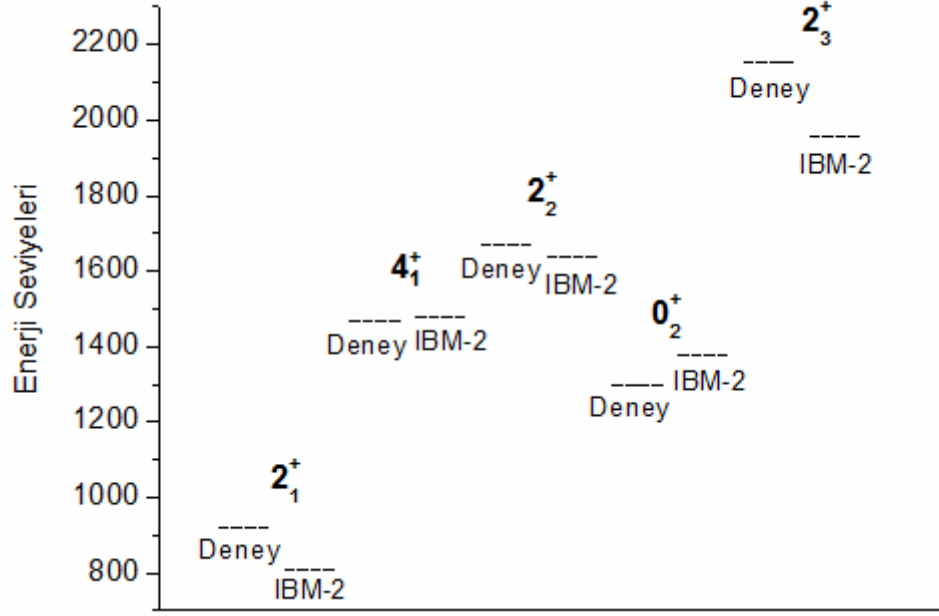
Çizelge 4.1 $^{92}_{40}\text{Zr}_{52}$ İzotopunda belirli bazı geçişlerin $\delta(E2/M1)$ kutupsal karışım oranları

$E_v(\text{keV})$ Geçiş Enerjisi	Geçişler $I_i^+ \rightarrow I_f^+$	δ bu çalışma	$\delta_{\text{deneysel}}^{(25)}$
902	$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$	1,0	-
912	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	1,93	$0,032^{+22}_{-21}$
1132	$2_3^+ \rightarrow 2_1^+$	2,4	$2,4^{+3}_{-4}$
2142	$5_1^+ \rightarrow 4_1^+$	1,165	-
3539	$3_1^+ \rightarrow 2_1^+$	7,02	-

4.2. $^{94}_{40}\text{Zr}_{54}$ İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi

^{94}Zr izotopu için IBM-2 modelinde elde edilen enerji değerleri uygun parametreler kullanılarak 3.Bölüm'de çizelge halinde verilmiştir. Bazı durumların enerji seviyeleri aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir. Birinci 4^+ durumunun enerji seviyesi ile ikinci 2^+ durumunun enerji seviyesi neredeyse tam uyum içerisindedir, birinci 2^+ durumunun enerji seviyesi, ikinci 2^+ durumunun enerji seviyesi ile üçüncü 2^+ durumunun enerji seviyesi kısmen uyum içerisindedir. $B(E2)$ değerleri uygun parametreler kullanılarak IBM-2 modelinde hesaplanmış, çizelge halinde 3.Bölüm' de verilmiştir.

^{94}Zr için yapılan kutupsal karışım oranları hesaplamalarında $2_4^+ \rightarrow 2_1^+$ geçişi referans olarak alındığında elde edilen teorik $\delta(E2/M1)$ değerleriyle deneysel $\delta(E2/M1)$ değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 4.2' de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 $^{94}_{40}\text{Zr}_{54}$ çekirdeği için bazı durumların IBM-2 modelinde hesaplanan bazı enerji seviyeleri

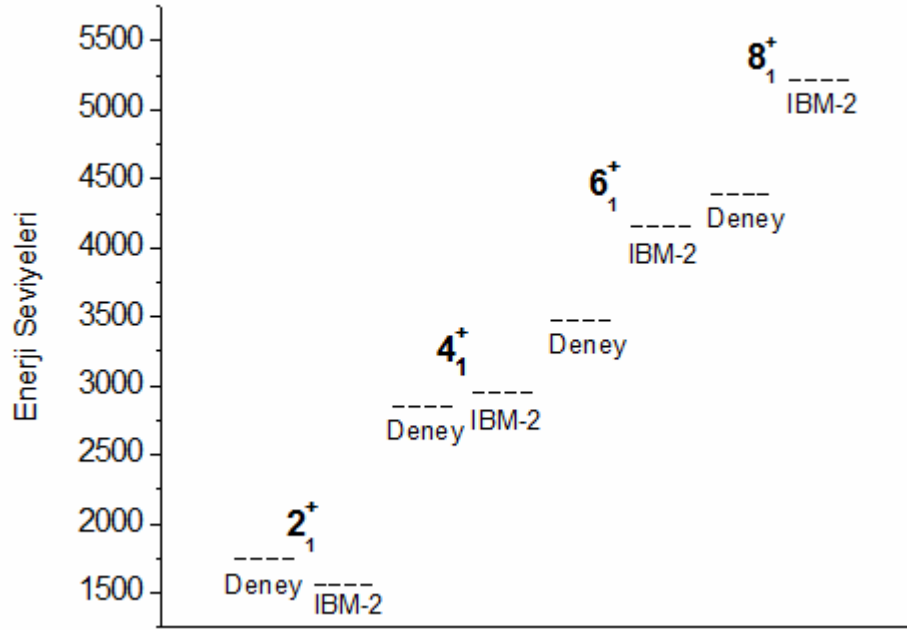
Çizelge 4.2 $^{94}_{40}\text{Zr}_{54}$ İzotopunda belirli bazı geçişlerin $\delta(E2/M1)$ kutupsal karışım oranları

$E_v(\text{keV})$ Geçiş Enerjisi	Geçişler $I_i^+ \rightarrow I_f^+$	$\delta_{\text{bu çalışma}}$	$\delta_{\text{deneysel}}^{(25)}$
861	$4^+_2 \rightarrow 4^+_1$	0,2	-
868	$3^+_1 \rightarrow 4^+_1$	0,26	-
476.31	$2^+_3 \rightarrow 2^+_2$	0,21	-
1232.56	$2^+_3 \rightarrow 2^+_1$	0,54	$1,7^{+8}_{-14}$
1397.2	$5^+_1 \rightarrow 4^+_1$	0,33	-
1447.41	$2^+_4 \rightarrow 2^+_1$	0,64	$0,64^{+14}_{-12}$

4.3. $^{96}_{40}\text{Zr}_{56}$ İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi

^{96}Zr izotopu için IBM–2 modelinde elde edilen enerji değerleri uygun parametreler kullanılarak 3.Bölüm’de çizelge halinde verilmiştir. Bazı durumların enerji seviyeleri aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir. Birinci 2^+ ve 4^+ durumlarının enerji seviyeleri uyum içerisinde, diğer durumların enerji seviyeleri ise kısmen uyum içerisinde. $B(E2)$ değerleri uygun parametreler kullanılarak IBM–2 modelinde hesaplanmış, çizelge halinde 3.Bölüm’de verilmiştir.

^{96}Zr için yapılan kutupsal karışım oranları hesaplamalarında $3_1^+ \rightarrow 4_1^+$ geçişi referans olarak alındığında elde edilen teorik $\delta(E2/M1)$ değerleriyle deneysel $\delta(E2/M1)$ değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 $^{96}_{40}\text{Zr}_{56}$ çekirdeği için bazı durumların IBM-2 modelinde hesaplanan bazı enerji seviyeleri

Çizelge 4.3 $^{96}_{40}\text{Zr}_{56}$ İzotopunda belirli bazı geçişlerin $\delta(E2/M1)$ kutupsal karışım oranları

$E_v(\text{keV})$ Geçiş Enerjisi	Geçişler $I_i^+ \rightarrow I_f^+$	$\delta_{\text{bu çalışma}}$	$\delta_{\text{deneysel}}^{(25)}$
224	$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$	0,005	-
289	$6_2^+ \rightarrow 6_1^+$	0,005	0,4 (5)
475	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0,015	$0,09_{-2}^{+1}$
688	$3_1^+ \rightarrow 4_1^+$	0,02	$0,02_{-1}^{+2}$
918	$2_3^+ \rightarrow 2_2^+$	0,03	-

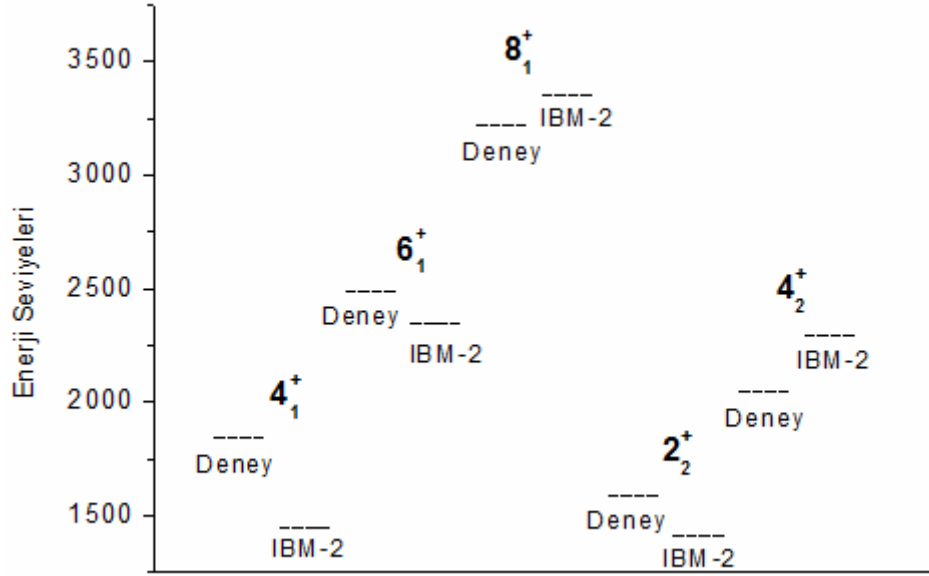
4.4. $^{98}_{40}\text{Zr}_{58}$ İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi

^{98}Zr izotopu için IBM-2 modelinde elde edilen enerji değerleri uygun parametreler kullanılarak 3.Bölüm'de çizelge halinde verilmiştir. Birinci 6^+ ve 8^+ durumları ile ikinci 2^+ ve 4^+ durumlarının enerji seviyeleri uyum içerisinde, diğer durumların enerji seviyeleri ise kısmen uyum içerisindedir. Bu durumların deneysel değerlerle, bu çalışmadaki değerlerin karşılaştırılması Şekil 4.5'te gösterilmiştir. B(E2) değerleri uygun parametreler kullanılarak IBM-2 modelinde hesaplanmış, çizelge halinde 3.Bölüm' de verilmiştir.

^{98}Zr için yapılan kutupsal karışım oranları hesaplamalarında $2_3^+ \rightarrow 2_1^+$ geçişi referans olarak alındığında elde edilen teorik $\delta(E2/M1)$ değerleriyle deneysel $\delta(E2/M1)$ değerlerinin karşılaştırılması çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 $^{98}_{40}\text{Zr}_{58}$ İzotopunda belirli bazı geçişlerin $\delta(E2/M1)$ kutupsal karışım oranları

$E_\nu(\text{keV})$ Geçiş Enerjisi	Geçişler $I_i^+ \rightarrow I_f^+$	$\delta_{\text{bu çalışma}}$	$\delta_{\text{deneysel}}^{(25)}$
387	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	0,15	-
521	$2_3^+ \rightarrow 2_1^+$	0,2	0,2 (1)
832	$3_1^+ \rightarrow 4_1^+$	0,22	-
1813	$5_1^+ \rightarrow 4_1^+$	0,37	-

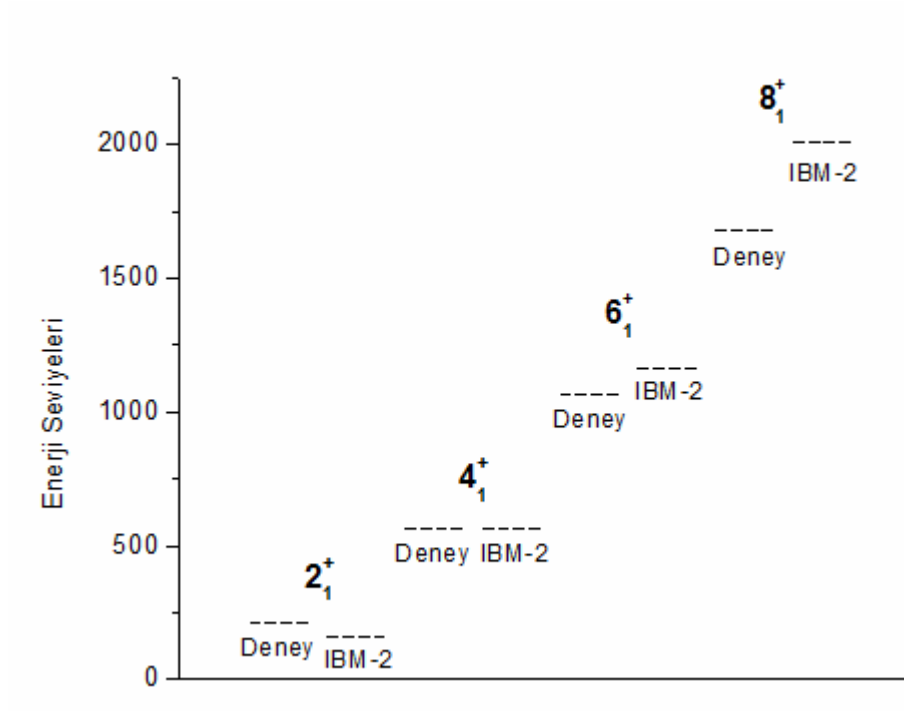


Şekil 4.5 $^{98}_{40}\text{Zr}_{58}$ çekirdeği için bazı durumların IBM-2 modelinde hesaplanan bazı enerji seviyeleri

4.5. $^{100}_{40}\text{Zr}_{60}$ İzotopunun Sonuçları ve Değerlendirilmesi

^{100}Zr izotopu için IBM-2 modelinde elde edilen enerji değerleri uygun parametreler kullanılarak 3.Bölüm'de çizelge halinde verilmiştir. Birinci 2^+ , 4^+ ve 6^+ durumlarının enerji seviyeleri neredeyse uyum içerisinde 8^+ durumunun enerji seviyesi kısmen uyum içerisindedir. Bu durumların deneysel değerlerle, bu çalışmadaki değerlerin karşılaştırılması Şekil 4.6'da gösterilmiştir. B(E2) değerleri uygun parametreler kullanılarak IBM-2 modelinde hesaplanmış, çizelge halinde 3.Bölüm' de verilmiştir.

^{100}Zr için yapılan kutupsal karışım oranları hesaplamalarında $4_2^+ \rightarrow 4_1^+$ geçişi referans olarak alındığında elde edilen teorik $\delta(E2/M1)$ değerleriyle deneysel $\delta(E2/M1)$ değerlerinin karşılaştırılması çizelgede gösterilmiştir.

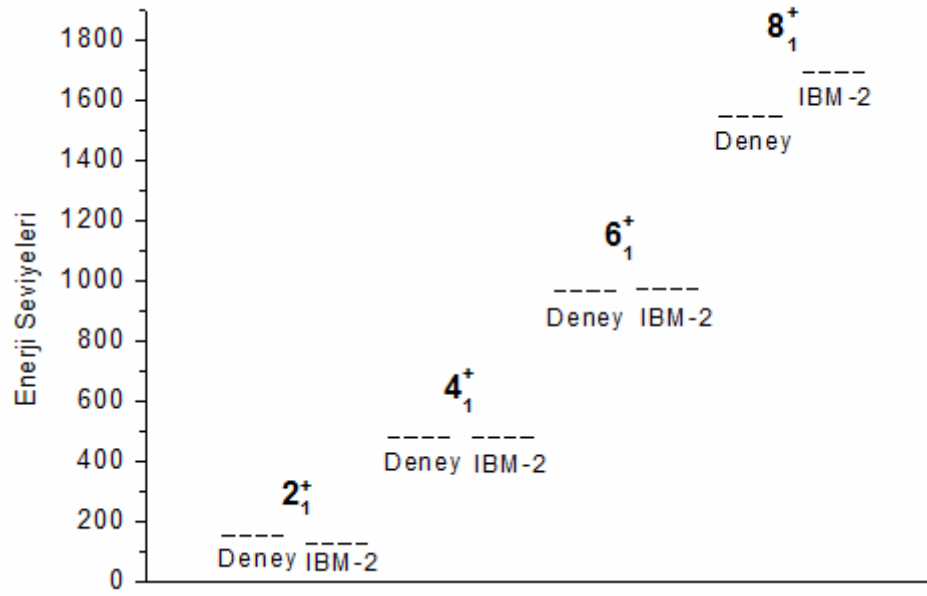


Şekil 4.6 $^{100}_{40}\text{Zr}_{60}$ çekirdeği için bazı durumların IBM-2 modelinde hesaplanan bazı enerji seviyeleri

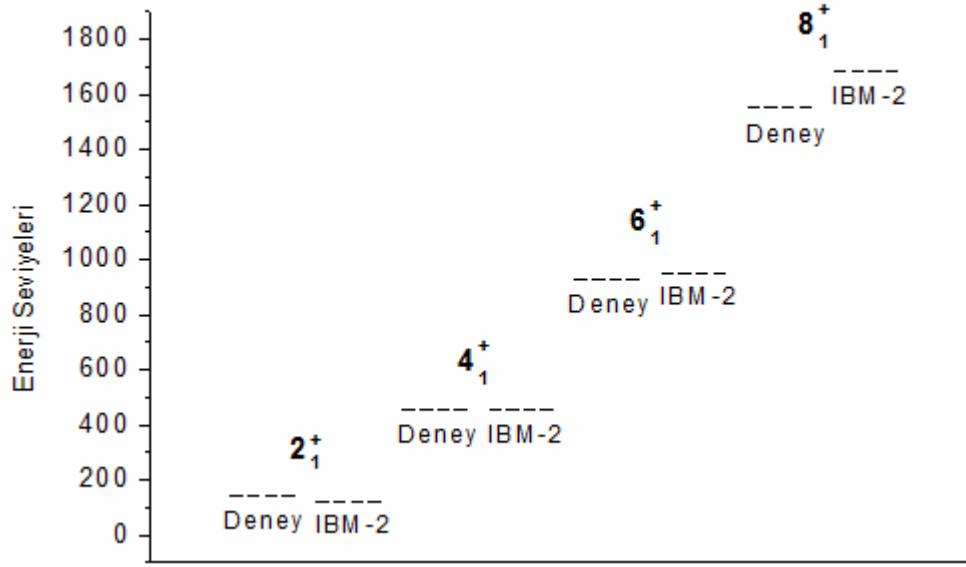
Çizelge 4.5 $^{100}_{40}\text{Zr}_{60}$ İzotopunda belirli bazı geçişlerin $\delta(E2/M1)$ kutupsal karışım oranları

$E_v(\text{keV})$ Geçiş Enerjisi	Geçişler $I_i^+ \rightarrow I_f^+$	$\delta_{\text{bu çalışma}}$	δ_{deneysel}
665	$2_2^+ \rightarrow 2_1^+$	2,1	1,0 (3) ⁽²⁵⁾
849	$4_2^+ \rightarrow 4_1^+$	1,4	1,4 ^{+0.4} _{-0.2} (27)
1468	$3_1^+ \rightarrow 4_1^+$	3,1	-
2209	$5_1^+ \rightarrow 4_1^+$	3,7	-

^{102}Zr ve ^{104}Zr izotopları için IBM-2 modelinde elde edilen enerji değerleri uygun parametreler kullanılarak 3.Bölüm'de çizelge halinde verilmiştir. Bazı durumların enerji seviyeleri aşağıdaki şekiller de gösterildiği gibidir. Bu durumlarının enerji seviyeleri neredeyse tam uyum içerisindedir. B(E2) değerleri uygun parametreler kullanılarak IBM-2 modelinde hesaplanmış, çizelge halinde 3.Bölüm' de verilmiştir.



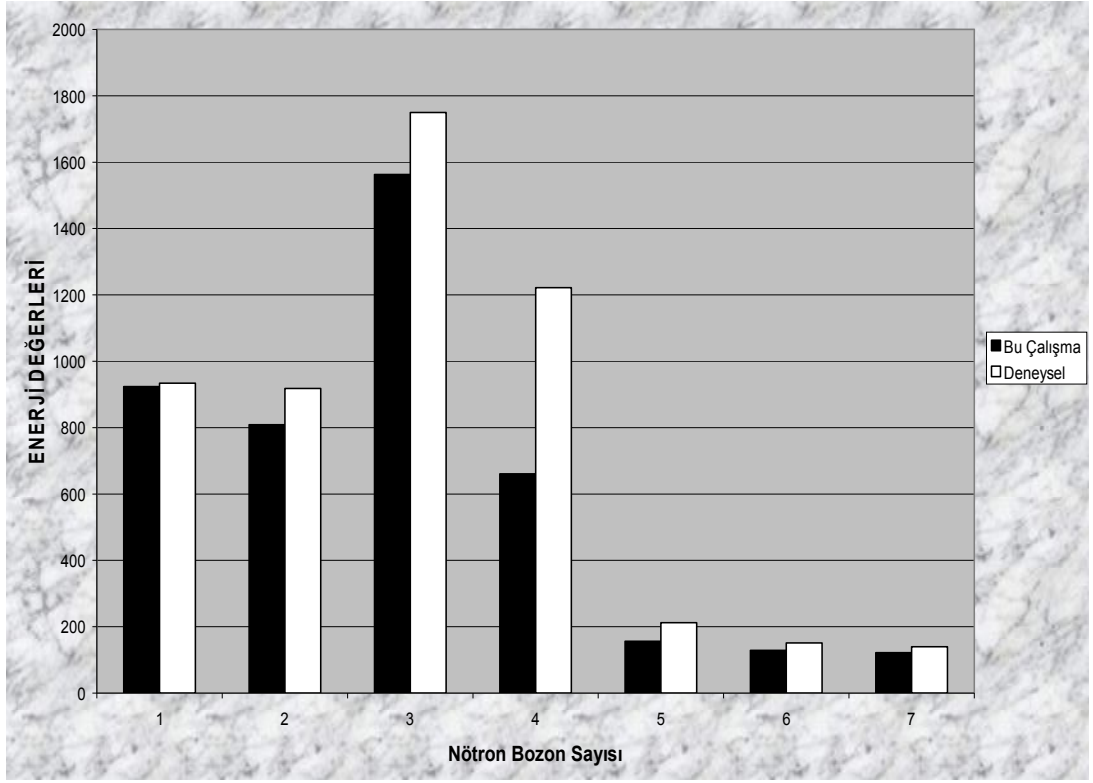
Şekil 4.7 $^{102}_{40}\text{Zr}_{62}$ çekirdeği için bazı durumların IBM-2 modelinde hesaplanan bazı enerji seviyeleri



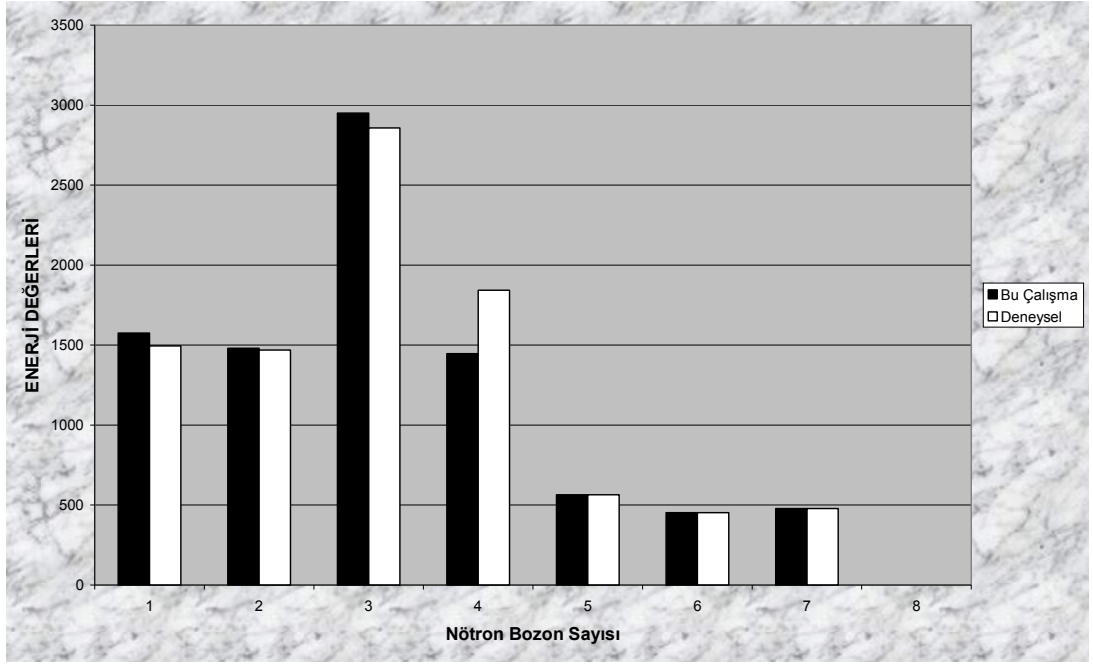
Şekil 4.8 $^{104}_{40}\text{Zr}_{64}$ çekirdeği için bazı durumların IBM-2 modelinde hesaplanan bazı enerji seviyeleri

$^{102}_{40}\text{Zr}_{62}$ ve $^{104}_{40}\text{Zr}_{64}$ (E2 + M1) çok kutuplu karışıma sahip bir karma simetrik durum içermemektedir.

Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 , 2_1^+ ve 4_1^+ durumlarının Zr izotopları için IBM-2 modelinde hesaplanan enerji değerleriyle Nötron bozon sayılarıyla karşılaştırmasını göstermektedir. Siyah renkle gösterilenler bu çalışmayı, beyaz renkle gösterilenler deneysel değerleri göstermektedir. Zr izotopları için 4_1^+ durumu, 2_1^+ durumuna göre deneysel değerlerle neredeyse uyum içerisindedir. Enerji değerleri her iki durum için son üç nötron bozon sayısında diğerlerine göre daha düşük değerdedir. İlk üç nötron bozon sayısında her iki durum için neredeyse aynı uyumluluk dikkat çekicidir.



Şekil 4.9 Zr izotoplarının 2_1^+ durumlarının IBM-2 modelinde hesaplanan enerji değerlerinin Nötron bozon sayılarına göre karşılaştırması



Şekil 4.10 Zr izotoplarının 4_1^+ durumlarının IBM–2 modelinde hesaplanan enerji değerlerinin Nötron bozon sayılarına göre karşılaştırması

Sonuç olarak Hamiltoniyen’ de kullanılan parametrelerin uygun seçilmesi, $^{92-104}\text{Zr}$ çekirdeklerinin enerji seviyeleri ile bu seviyeler arasındaki B(E2) geçiş olasılıklarının deneysel verilerle uyum sağlayacak şekilde olmasını sağlamıştır. Sonuçların uyumlu ve doğru olması bu parametrelerin uygun olduğunu ve IBM–2 modelinin beklentilerine cevap veren parametreler olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

1. İ.Bostosun, Nükleer Fizik Ders Notları, 2005.
2. F.Iachello, I.Talmi, Shell Model Foundations of the Interaction Boson Model, Rev. Mod. Phys. **59**,339 (1987).
3. A.Arima and F.Iachello, Ann.Phys., **99**,253 (1976).
4. T.Tagziria, M.Elahrash, W.D. Hamilton, M.Finger, J.John, P.Malinsky and V.N. Pavlov, J.Phys. G: Nucl. Part. Phys., **16**,1323 (1990).
5. M.Baylan ve M.Altay Altihan, Turk. J. Phys. **26**, 305–309 (2002).
6. S.A. Berendakov, L.I. Gover and A.M. Demidov, Physics of Atomic Nuclei, **61**,1437 (1998).
7. P. A. Butler and W. Nazarewicz, Reviews of Modern Physics, **Vol. 68**, No.2, April (1996).
8. Y. X. Liu, G. L. Long and H. Z. Sun, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys., **17**, 877 (1991).
9. F.Iachello and A.Arima, The interacting boson model, Cambridge Univ. Press, Cambridge (1987).
10. A.Arima, T. Otsuka, F. Iachello and I. Talmi, Phys. Lett. B, **66**, 205 (1977).
11. A.Bohr ve B.R.Mottelson, Nucl. Structure(**Vol. II**) ,Benjamin, 1975.
12. N.Turkan, İ. Uluer, A.Küçük bursa and H.Karaca, J. Marm. Pure Appl. Sci. **28**,89–95 (2002).
13. F.Iachello, “Lecture Notes in Physics” , In 119 Nuclear Spectroscopy, Springer- Verlag Inc., New York, USA 140 (1980).

14. F.Boz,¹⁵⁶⁻¹⁶²Dy İzotoplarının Bazı Elektromanyetik Özelliklerinin Etkileşen Bozon Modeli İle İncelenmesi, Trakya Univ. J. Sci **5(1)** 63–69, 2004.
15. L.I.Schiff, “Grup Baz Zincirleri”, In Quantum Mechanics, 3rd Ed.; McGraw Hill Inc., Kogakusha-Tokyo, Japan, **30**, 80, 1968.
16. A.Arima, F.Iachello, “Interacting boson model of collective nuclear states: II. The Rotational Limit” , Ann. Phys., **111**, 201 (1978).
17. A. Arima, F. Iachello, “Interacting Boson Model of Collective Nuclear States (The O(6) Limit)” , Ann. Phys., **123**,468 (1979).
18. N. Lo Iudice, A.V. Sushkov, N. Yu Shirikova, Phys. Rev. **C70**, 064316 (2004).
19. S. Altıbağ, Bazı Çift-Çift Samaryum İzotoplarının Elektromanyetik Geçişlerinin Kutupsal Karışım Oranlarının Ve Deformasyonlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, 2004.
20. M. Büyükata, Bazı Çift-Çift Selenyum İzotoplarının Çekirdek Yapısı Ve Elektromanyetik Geçişlerinin Kutupsal Karışımlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, 2005.
21. O.Scholten, The Program Package PHINT, North Holland, (1979).
22. Table Of Isotopes (TOI) March (1996).
23. Measured level Energies, B(E2)-Values and Half-Lives, [Nnd00] National Nuclear Data Center, Brookhaven National Laboratory, Upton, N.Y., USA: <http://www.nndc.bnl.gov/nndc/ensdf/> March (2000).
24. A. Holt, T. Engeland, M. Hjorth-Jensen, and E. Osnes, Physical Review C, **Volume 61**, 064318 (2000).
25. <http://www.nndc.bnl.gov/nudat/getdataset.jsp?nucleus> (2009).

26. J. Singh, R. Chandra, P. K. Raina and P. K. Rath, Pramana Journal of Phys. , **Vol. 65**, No. 3, September (2005).
27. Christopher Goodin, Angular Correlations of Prompt Gamma-Rays from the Spontaneous Fission of ^{252}Cf , Doktora Tezi, Nashville, Tennessee, 2008.
28. <http://www.nndc.bnl.gov/be2/adopted.jsp> (2009).

EK-1 ⁹²Zr izotopu enerji seviyeleri, PHINT program verileri

--- Program PCIBAXW ,version JANUARY 1990 ---

0

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 6
TRUNCATION AT ND = 6

PROJECTION FROM :

NN= 1 , CHN= 1.20 , CLN= 0.10, 0.00, 0.00,
NP= 5 , CHP=-1.20 , CLP=-0.40, 0.10,-0.20,

ED=0.700 , RKAP= 0.1600

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 1.0717 , QQ = 0.0533 , CHQ= 0.0000
ELL=-0.0406 , OCT = 0.0108 , HEX=-0.0243

CH1 = 0.00000 , CH2 = 0.05333 , 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)

0.70000	0.00000	0	-0.34347	1	0.00000	0.00000	0.05963	0.00000
	2	0.08312	2	0.00000				
	4	-0.15528	3	0.00000				
			4	0.00000				
			5	0.00000				

ENERGIES , L= 0+

0.0000 1.3965 1.7992 2.5643 2.7076 3.3276 4.6684

NO STATE WITH L= 1 AND PARITY +

ENERGIES , L= 2+

0.9243 1.8137 1.9010 2.1969 2.6328 2.8881 3.1093 3.6420 4.1259

ENERGIES , L= 3+

2.5033 3.1233 4.4640

ENERGIES , L= 4+

1.5752 1.9585 2.3671 2.6497 2.8709 2.9870 3.4036 3.8875 4.3278

ENERGIES , L= 5+

2.7007 3.2333 3.7172

ENERGIES , L= 6+

1.9924 2.4963 2.6124 3.0290 3.5129 3.9532 3.9532

ENERGIES , L= 7+
3.2745 3.7148

ENERGIES , L= 8+
1.9855 2.5181 3.0020 3.4423

ENERGIES , L= 9+
3.1358

ENERGIES , L=10+
2.3549 2.7952

NO STATE WITH L=11 AND PARITY +

ENERGIES , L=12+
2.0119

BINDING-ENERGY = -0.1410 , EPS-EFF = 0.9667

EK-2 ⁹⁴Zr izotopu enerji seviyeleri, PHINT program verileri

--- Program PCIBAXW ,version JANUARY 1990 ---
0

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 7
TRUNCATION AT ND = 7

PROJECTION FROM :

NN= 2 , CHN= 1.20 , CLN= 0.10, 0.00, 0.00,
NP= 5 , CHP=-1.20 , CLP=-0.40, 0.10,-0.20,

ED=0.700 , RKAP= 0.0400

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.9128 , QQ = 0.0190 , CHQ= 0.0000
ELL=-0.0269 , OCT = 0.0067 , HEX=-0.0156

CH1 = 0.00000 , CH2 = 0.01905 , 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)
0.70000 0.00000 0 -0.21314 1 0.00000 0.00000 0.02130 0.00000
2 0.05350 2 0.00000
4 -0.10307 3 0.00000
4 0.00000
5 0.00000

ENERGIES , L= 0+
0.0000 1.3773 2.2993 2.4819 2.8024 3.1732 3.4208 4.5404

NO STATE WITH L= 1 AND PARITY +

ENERGIES , L= 2+

0.8088 1.6361 1.9585 2.5583 2.6479 2.8996 3.0570 3.1451 3.6363 3.8254 4.0682 5.0444

ENERGIES , L= 3+

2.3477 3.0390 3.2866 4.4062

ENERGIES , L= 4+

1.4795 2.2583 2.4017 2.9005 2.9495 2.9885 3.1971 3.4797 3.6688 3.9116 4.3167 4.8879

ENERGIES , L= 5+

2.8767 3.3679 3.5570 3.7998 4.7760

ENERGIES , L= 6+

2.0122 2.7035 2.7425 2.9511 3.2337 3.4228 3.6656 4.0707 4.0707 4.6418

ENERGIES , L= 7+

3.2662 3.5090 3.9141 4.4853

ENERGIES , L= 8+

2.4069 2.8981 3.0873 3.3301 3.7351 4.3063 4.3063

ENERGIES , L= 9+

3.5338 4.1050

ENERGIES , L=10+

2.6623 2.9051 3.3102 3.8813

ENERGIES , L=11+

3.6353

ENERGIES , L=12+

2.7957 3.3669

NO STATE WITH L=13 AND PARITY +

ENERGIES , L=14+

2.7630

BINDING-ENERGY = -0.0275 , EPS-EFF = 0.8143

EK-3 ⁹⁶Zr izotopu enerji seviyeleri, PHINT program verileri

--- Program PCIBAXW ,version JANUARY 1990 ---
0

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 8
TRUNCATION AT ND = 7

PROJECTION FROM :

NN= 3 , CHN=-1.20 , CLN= 0.00, 0.00, 0.00,
NP= 5 , CHP= 1.20 , CLP= 0.00, 0.00, 0.00,

ED=1.000 , RKAP= 0.1700

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 1.2477 , QQ = 0.0911 , CHQ= 0.0000
ELL=-0.0102 , OCT = 0.0044 , HEX=-0.0073

CH1 = 0.00000 , CH2 = 0.09107 , 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)
1.00000 0.00000 0 -0.13114 1 0.00000 0.00000 0.10182 0.00000
2 0.02810 2 0.00000
4 -0.03747 3 0.00000
4 0.00000
5 0.00000

ENERGIES , L= 0+
0.0000 2.9665 4.3555 5.3580 6.3543 7.4731 7.6467 7.8508

NO STATE WITH L= 1 AND PARITY +

ENERGIES , L= 2+
1.5625 3.0160 4.2122 5.3976 5.5242 6.1991 6.5256 7.4765 7.5340 7.7384 7.9675 8.1914

ENERGIES , L= 3+
4.2993 6.2981 7.5905 7.7946

ENERGIES , L= 4+
2.9504 4.2619 5.3321 5.4587 6.2607 6.4600 7.4109 7.4685 7.5531 7.7571 7.9019 8.1258

ENERGIES , L= 5+
5.4118 6.4132 7.4216 7.8551 8.0790

ENERGIES , L= 6+
4.1588 5.3556 6.1576 6.3570 7.3654 7.4500 7.4500 7.6540 7.7989 8.0228

ENERGIES , L= 7+

6.2914 7.3845 7.7333 7.9572

ENERGIES , L= 8+

5.2151 6.2165 7.2249 7.3095 7.6584 7.8823 7.8823

ENERGIES , L= 9+

7.2252 7.7980

ENERGIES , L=10+

6.0385 7.1315 7.4804 7.7043

ENERGIES , L=11+

7.6012

ENERGIES , L=12+

6.9161 7.4888

NO STATE WITH L=13 AND PARITY +

ENERGIES , L=14+

7.2359

BINDING-ENERGY = -0.3853 , EPS-EFF = 1.6375

EK-4 ⁹⁸Zr izotopu enerji seviyeleri, PHINT program verileri

--- Program PCIBAXW ,version JANUARY 1990 ---

0

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 9
TRUNCATION AT ND = 7

PROJECTION FROM :

NN= 4 , CHN=-1.20 , CLN= 0.00, 0.00, 0.00,
NP= 5 , CHP= 1.19 , CLP= 0.00, 0.00, 0.00,

ED=1.000 , RKAP=-0.0790

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.8809 , QQ =-0.0439 , CHQ=-0.0112
ELL= 0.0049 , OCT =-0.0021 , HEX= 0.0035

CH1 = 0.00000 , CH2 =-0.04389 , 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)

1.00000	0.00000	0	0.06267	1	0.00000	0.00049	-0.04907	0.00000
	2	-0.01343	2	0.00000				
	4	0.01791	3	0.00000				
			4	0.00000				
			5	0.00000				

ENERGIES , L= 0+

0.0000 1.6147 2.2520 3.6215 4.5103 5.3585 6.0604 7.1038

NO STATE WITH L= 1 AND PARITY +

ENERGIES , L= 2+

0.6613 1.4154 2.5118 3.2066 3.4805 4.2302 4.7123 5.7091 5.9434 6.5340 6.8700 7.2749

ENERGIES , L= 3+

2.2789 4.5371 5.3854 7.1307

ENERGIES , L= 4+

1.4467 2.2968 3.2379 3.5118 4.2615 4.5550 5.4033 5.7405 5.9747 6.5654 6.9014 7.1486

ENERGIES , L= 5+

3.2603 4.2839 5.7628 6.5878 6.9238

ENERGIES , L= 6+

2.3460 3.2872 4.3108 4.6043 5.4525 5.4525 5.7897 6.6146 6.9506 7.1978

ENERGIES , L= 7+

4.3421 5.4838 6.6460 6.9820

ENERGIES , L= 8+

3.3543 4.3779 5.5197 5.8569 6.6818 6.6818 7.0178

ENERGIES , L= 9+

5.5599 6.7221

ENERGIES , L=10+

4.4630 5.6047 6.7668 7.1028

ENERGIES , L=11+

6.8161

ENERGIES , L=12+

5.7077 6.8698

NO STATE WITH L=13 AND PARITY +

ENERGIES , L=14+

6.9907

BINDING-ENERGY = -0.2291 , EPS-EFF = 0.6489

EK-5 ¹⁰⁰Zr izotopu enerji seviyeleri, PHINT program verileri

--- Program PCIBAXW ,version JANUARY 1990 ---
0

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 10
TRUNCATION AT ND = 7

PROJECTION FROM :

NN= 5 , CHN= 0.46 , CLN= 0.00, 0.00, 0.00,
NP= 5 , CHP= 0.81 , CLP= 0.00, 0.00, 0.00,

ED=0.500 , RKAP=-0.2000

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.2985 , QQ =-0.1111 , CHQ= 1.4199
ELL= 0.0003 , OCT =-0.0001 , HEX= 0.0002

CH1 = 0.00000 , CH2 =-0.11111 , 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)
0.50000 0.00000 0 -0.04140 1 0.00000 -0.15777 -0.12423 0.00000
2 0.00887 2 0.00000
4 -0.01183 3 0.00000
4 0.00000
5 0.00000

ENERGIES , L= 0+

0.0000 2.4534 3.5856 4.5996 5.5185 6.4627 6.9992 8.2770

NO STATE WITH L= 1 AND PARITY +

ENERGIES , L= 2+

0.1563 1.8560 2.8756 3.6855 3.8588 5.1545 5.3959 5.9554 6.4274 7.0446 7.7820 7.9506

ENERGIES , L= 3+

2.0332 4.5982 5.6589 7.4299

ENERGIES , L= 4+

0.5640 2.3484 3.3797 3.5566 4.2979 4.9778 5.7175 5.8013 6.3660 6.9309 7.2317 7.8486

ENERGIES , L= 5+

2.7731 3.9926 5.6456 6.5830 6.9992

ENERGIES , L= 6+

1.1592 2.9950 4.2801 4.4051 5.3077 5.4231 5.8820 6.5532 7.2984 7.3815

ENERGIES , L= 7+

3.5233 5.2492 6.2387 6.7444

ENERGIES , L= 8+
2.0105 3.9855 5.2574 5.6802 6.2304 6.4913 7.2569

ENERGIES , L= 9+
4.8560 6.3199

ENERGIES , L=10+
3.0195 5.0600 6.6620 6.6948

ENERGIES , L=11+
5.9470

ENERGIES , L=12+
4.4421 6.5387

NO STATE WITH L=13 AND PARITY +

ENERGIES , L=14+
5.8317

BINDING-ENERGY = -4.9134 , EPS-EFF = -0.5000

EK-6 ¹⁰²Zr izotopu enerji seviyeleri, PHINT program verileri

--- Program PCIBAXW ,version JANUARY 1990 ---
0

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 11
TRUNCATION AT ND = 7

PROJECTION FROM :

NN= 6 , CHN=-1.16 , CLN= 0.00, 0.00, 0.00,
NP= 5 , CHP= 0.07 , CLP= 0.00, 0.00, 0.00,

ED=0.500 , RKAP=-0.1500

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.3330 , QQ =-0.0818 , CHQ=-1.2187
ELL= 0.0024 , OCT =-0.0010 , HEX= 0.0017

CH1 = 0.00000 , CH2 =-0.08182 , 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)

0.50000	0.00000	0	0.00664	1	0.00000	0.09971	-0.09148	0.00000
		2	-0.00142	2	0.00000			
		4	0.00190	3	0.00000			
				4	0.00000			
				5	0.00000			

ENERGIES , L= 0+
0.0000 1.7671 2.7482 3.5872 4.3132 4.9978 5.8628 6.8051

NO STATE WITH L= 1 AND PARITY +

ENERGIES , L= 2+
0.1289 1.3243 2.2142 2.7949 2.9251 3.9495 4.3592 4.7534 5.3146 5.6273 6.3237 6.6946

ENERGIES , L= 3+
1.4896 3.6633 4.4197 6.2419

ENERGIES , L= 4+
0.4780 1.7486 2.5393 2.7472 3.3761 3.9286 4.4929 4.6154 5.3065 5.5339 6.0139 6.4858

ENERGIES , L= 5+
2.1475 3.0242 4.5758 5.3356 5.7155

ENERGIES , L= 6+
0.9707 2.3058 3.2702 3.5715 4.2114 4.2645 4.7296 5.3254 5.9097 6.2503

ENERGIES , L= 7+
2.7654 4.1664 4.9330 5.6167

ENERGIES , L= 8+
1.6936 3.1274 4.1983 4.6585 5.0593 5.1377 5.9569

ENERGIES , L= 9+
3.9588 5.0332

ENERGIES , L=10+
2.5175 4.0872 5.2980 5.6300

ENERGIES , L=11+
4.8370

ENERGIES , L=12+
3.7568 5.2665

NO STATE WITH L=13 AND PARITY +

ENERGIES , L=14+
4.8555

BINDING-ENERGY = -3.6066 , EPS-EFF = -0.3182

EK-7 ¹⁰⁴Zr izotopu enerji seviyeleri, PHINT program verileri

--- Program PCIBAXW ,version JANUARY 1990 ---
0

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 12
TRUNCATION AT ND = 7

PROJECTION FROM :

NN= 7 , CHN=-1.12 , CLN= 0.00, 0.00, 0.00,
NP= 5 , CHP=-1.01 , CLP= 0.00, 0.00, 0.00,

ED=0.500 , RKAP=-0.1400

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.3935 , QQ =-0.0742 , CHQ=-2.3814
ELL= 0.0000 , OCT = 0.0000 , HEX= 0.0000

CH1 = 0.00000 , CH2 =-0.07424 , 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)
0.50000 0.00000 0 -0.08398 1 0.00000 0.17680 -0.08301 0.00000
2 0.01800 2 0.00000
4 -0.02400 3 0.00000
4 0.00000
5 0.00000

ENERGIES , L= 0+
0.0000 2.7384 4.0685 4.6831 5.6255 6.5254 6.9814 8.2541

NO STATE WITH L= 1 AND PARITY +

ENERGIES , L= 2+
0.1225 2.2010 2.9719 4.0707 4.1774 5.1749 5.6740 5.8400 6.2453 7.1690 7.7521 7.9807

ENERGIES , L= 3+
2.2657 4.6691 5.8572 7.2707

ENERGIES , L= 4+
0.4520 2.5720 3.3992 4.0435 4.5536 5.0581 5.7101 5.9140 6.1928 7.0641 7.2697 7.8842

ENERGIES , L= 5+
2.8637 4.2799 5.4419 6.5059 7.0784

ENERGIES , L= 6+
0.9534 3.0628 4.1292 4.8097 5.3390 5.5965 5.9243 6.5078 7.1534 7.5483

ENERGIES , L= 7+

3.4619 5.2491 6.2807 6.5491

ENERGIES , L= 8+

1.6878 4.0185 5.0739 5.5850 6.1499 6.7638 7.3373

ENERGIES , L= 9+

4.6107 6.3576

ENERGIES , L=10+

2.6188 4.8981 6.3780 6.9981

ENERGIES , L=11+

5.6543

ENERGIES , L=12+

3.9357 6.6367

NO STATE WITH L=13 AND PARITY +

ENERGIES , L=14+

5.4203

BINDING-ENERGY = -5.0227 , EPS-EFF = -0.3167

EK– 8 Zr Çekirdeklerinin Enerji Seviyeleri Verileri⁽²⁵⁾

Nucleus	E _{level} (keV)	I _π	T _{1/2}	E _γ (keV)	I _γ	γ mult.	γ mix. ratio	γ conv. coeff.
92ZR	934.47 5	2+	5.0 ps 4	934.46 5	100	E2		
92ZR	1382.81 9	0+	88 ps 3	448.34 9	100	E2		
92ZR	1495.46 6	4+	102 ps 3	561.03 6	100	E2		
92ZR	1847.28 6	2+		912.73 9	100 4	(M1+E2)	+0.032 +22-21	
92ZR	2066.68 7	2+		1132.24 8	100 5	(M1+E2)	-2.4 +3-4	
92ZR	2819.62 9	2+		1885.00 22	40 3	(E2+(M1))		
92ZR	2819.62 9	2+		972.32 9	100 6	(M1+E2)		
92ZR	2957.7 5	6+	≤ 3.5 ns	1462.3 5	100	(E2)		
92ZR	3309.0 6	(8+)	1.18 ns 7	351.3 2	100	E2		
92ZR	4947.5 7	(12+)	≤ 3.5 ns	650.6 5	100	(E2)		
92ZR	8039.1 19	(17-)	42 ps 14	593	100	D,E2		
94ZR	918.75 5	2+	6.9 ps 15	918.74 5	100	E2		0.00083
94ZR	1300.19 12	0+	0.291 ns 11	381.57 19	100	[E2]		0.0099
94ZR	1469.62 10	4+	0.500 ns 13	550.88 10	100	[E2]		0.00319
94ZR	2151.31 20	2+		1232.55 19	100	M1+E2	-1.7 +8-14	0.00038
94ZR	2329.9 4	4+		1411.4 6	100 15	E2(+M3)	-0.13 +13-9	0.00029 4
94ZR	2366.12 14	2+		1066.3 4	12 3	E2		0.00051
94ZR	2366.12 14	2+		694.66 29	100 3	M1(+E2)		0.00160 8
94ZR	2366.12 14	2+		1447.41 19	64 4	M1+E2	+0.64 +14-12	0.00027
94ZR	2507.7 5	(3)+		1589.5 9	100.0 11	M1+E2		
94ZR	2507.7 5	(3)+		836.0 7	14.9 11	M1+E2	-0.84 4	0.00102
96ZR	1750.498 16	2+	0.31 ps +21-9	1750.42 2	100	E2		
96ZR	2225.845 17	2+	< 10 ps	644.18 6	28 2	E2		
96ZR	2225.845 17	2+	< 10 ps	2225.93 4	100 5	E2		
96ZR	2225.845 17	2+	< 10 ps	475.33 1	57 1	M1+E2	-0.09 +1-2	

96ZR	2438.747 19	3+	0.38 ps +19-10	688.25 1	100	M1(+E2)	+0.02 +2-1	
96ZR	2668.82 4	(2+)	0.24 ps +32-10	918.6 1	100 5	M1,E2		
96ZR	2695.18 4	0+	28 ps 7	469.33 3	100	[E2]		
96ZR	2857.372 24	4+	0.60 ps +46-18	1106.88 2	100 6	E2(+M3)	-0.03 3	
96ZR	2857.372 24	4+	0.60 ps +46-18	631.45 4	21 4	E2(+M3)	-0.02 8	
96ZR	2925.55 4	0+	20 ps 14	1175.04 3	100 15	E2		
96ZR	2925.55 4	0+	20 ps 14	699.9 3	40 3	E2		
96ZR	3082.36 4	4+	> 1.4 ps	856.6 2	6.3 13	[E2]		
96ZR	3119.86 4	5-	0.58 ps +68-21	1222.70 3	100	E2+M3	-0.05 3	
96ZR	3150.28 4	3-	> 0.54 ps	1252.98 7	66 7	M1+E2	+1.7 3	
96ZR	3176.43 3	4+	0.39 ps +59-28	1425.6 2	4.7 9	[E2]		
96ZR	3248.63 6	2+	0.19 ps +5-3	3248.56 6	100 11	[E2]		
96ZR	3309.19 9	(4+,5+,6+)		226.82 8	100	E2		0.0583
96ZR	3472.14 7	2+	0.15 ps +4-2	3472.07 7	100	[E2]		
96ZR	3556.18 8	2+	0.16 ps 4	3556.11 8	100	[E2]		
96ZR	3772.2 4	6+		914.8	100	(E2)		
96ZR	3772.2 4	6+		289.0	1.5	(M1(+E2))	-0.4 5	0.014 4
96ZR	3857.48 20	2+	0.055 ps +21-14	3857.4 2	100	[E2]		
96ZR	4389.5 5	8+	127 ps 10	617.2	100	E2		
96ZR	4389.5 5	8+	127 ps 10	906.2	36.8	E2		
98ZR	1222.92 12	2+	< 0.2 ns	1223.0 2	100 5	E2		
98ZR	1222.92 12	2+	< 0.2 ns	368.5 5	1.6 2	[E2]		
98ZR	1436.08 14	0+	0.86 ns 4	213.1 1	100 5	E2		0.072
98ZR	1590.67 13	2+		1590.9 2	100 5	(E2)		
98ZR	1744.19 15	2+		521.6 2	23 2	[M1+E2]	+0.2 1	
98ZR	1843.45 12	(4+)	28 ps 12	620.505 19	100 5	E2		
98ZR	1859.26 15	0+	0.283 ns 15	636.4 2	18 2	E2		
98ZR	1859.26 15	0+	0.283 ns 15	268.7 2	100 5	E2		0.032
98ZR	2491.02 13	(6+)		647.58 3	100 5	E2		
98ZR	3216.7 4	(8+)		725.7 3	100	E2		
100ZR	212.530 9	2+	0.59 ns 3	212.531 9	100	E2		0.0723
100ZR	331.13 4	0+	5.53 ns 13	118.59 7	100 6	E2		0.597
100ZR	564.486 15	(4+)	37 ps 3	351.960 12	100	[E2]		
100ZR	878.57 4	(2+)		665.98 7	100 6	(M1+E2)	+1.0 3	
100ZR	1061.63 14	(6+)	4.9 ps 11	497.1 2	100	[E2]		
100ZR	1687.20 24	(8+)	1.73 ps 17	625.5	100	[E2]		
100ZR	2259.71 17	(6+)	2.5 ns 7	845.2	100	[E2]		
100ZR	2259.71 17	(6+)	2.5 ns 7	1695.2	56	[E2]		
100ZR	2426.4 4	(10+)	0.75 ps 9	739.2	100	[E2]		
100ZR	3268.1 5	(12+)	0.37 ps 4	841.7	100	[E2]		
102ZR	151.78 11	2+	1.91 ns 25	151.75 12	100	(E2)		0.243
104ZR	139.3 3	(2+)	2.0 ns 3	139.9 3		[E2]		
104ZR	452.1 4	(4+)		312.2 3		[E2]		
104ZR	925.8 5	(6+)		473.7 3		[E2]		
104ZR	1550.2 6	(8+)		624.4 3	100	[E2]		
104ZR	2315.3 6	(10+)		765.1 3	100	[E2]		
104ZR	3209.7 7	(12+)		894.4 3	100	[E2]		

EK– 9 Bazı Zr Çekirdeklerinin B(E2) geçiş olasılıklarının deneysel Değerleri⁽²⁸⁾

#	Çekirdek	Geçiş Enerjisi (keV)	B(E2; 0 ⁺ → 2 ⁺)	
			(e ² b ²)	(W.U.)
1	100Zr	212.530(9)	1.11(6)	80.5(44)
2	102Zr	151.77(13)	1.66(34)	117.3(240)
3	104Zr	140.3(10)	null(null)	()
4	80Zr	289.9(3)	null(null)	()
5	82Zr	407.30(20)	0.91(9)	86.0(85)
6	84Zr	540.0(3)	0.438(25)	40.1(23)
7	86Zr	751.75(3)	0.166(31)	14.7(25)
8	88Zr	1057.03(4)	0.26(8)	22.4(69)
9	90Zr	2186.274(15)	0.0610(40)	5.1(3)
10	92Zr	934.49(5)	0.083(6)	6.7(5)
11	94Zr	918.75(5)	0.066(14)	5.2(11)
12	96Zr	1750.498(16)	0.055(22)	4.2(17)
13	98Zr	1222.93(12)	null(null)	()

EK– 10 ⁹²Zr izotopuna ait B(E2) geçiş olasılıkları PHINT program verileri

--- Program PCibaEM, version JANUARY 1990 ---
0

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 6
TRUNCATION AT ND = 6

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 1.0717 , QQ = 0.0533 , CHQ= 0.0000
ELL=-0.0406 , OCT = 0.0108 , HEX=-0.0243

CH1 = 0.00000 , CH2 = 0.05333 , 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)

0.70000 0.00000 0 -0.34347 1 0.00000 0.00000 0.05963 0.00000
2 0.08312 2 0.00000
4 -0.15528 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= /;/
E2 Transitions

parameters: E2SD= 0.0628 , E2DD= 0.0800

0+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0792 /;/ 0+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0005 /;/ 0+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0009 /;/ 0+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/
0+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0242 /;/ 0+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0080 /;/ 0+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0428 /;/ 0+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0017 /;/
0+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0024 /;/ 0+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0002 /;/ 0+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0542 /;/ 0+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0187 /;/
0+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0003 /;/ 0+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 0+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0024 /;/ 0+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0002 /;/

2+(1)=> 0+(1)BE2= 0.0158 /;/ 2+(1)=> 0+(2)BE2= 0.0048 /;/ 2+(1)=> 0+(3)BE2= 0.0005 /;/ 2+(1)=> 0+(4)BE2= 0.0001 /;/
2+(2)=> 0+(1)BE2= 0.0001 /;/ 2+(2)=> 0+(2)BE2= 0.0016 /;/ 2+(2)=> 0+(3)BE2= 0.0000 /;/ 2+(2)=> 0+(4)BE2= 0.0000 /;/
2+(3)=> 0+(1)BE2= 0.0002 /;/ 2+(3)=> 0+(2)BE2= 0.0086 /;/ 2+(3)=> 0+(3)BE2= 0.0108 /;/ 2+(3)=> 0+(4)BE2= 0.0005 /;/
2+(4)=> 0+(1)BE2= 0.0000 /;/ 2+(4)=> 0+(2)BE2= 0.0003 /;/ 2+(4)=> 0+(3)BE2= 0.0037 /;/ 2+(4)=> 0+(4)BE2= 0.0000 /;/

3+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0003 /;/ 3+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0146 /;/ 3+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0022 /;/ 3+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0077 /;/
3+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0011 /;/ 3+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /;/ 3+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0010 /;/
3+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/

3+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0003 /;/ 3+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0146 /;/ 3+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0022 /;/ 3+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0077 /;/
3+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0011 /;/ 3+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /;/ 3+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0010 /;/
3+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/

3+(1)=> 4+(1)BE2= 0.0058 /;/ 3+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0031 /;/ 3+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0023 /;/ 3+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0001 /;/
3+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0004 /;/ 3+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0004 /;/ 3+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0001 /;/ 3+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0157 /;/
3+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/

6+(1)=> 4+(1)BE2= 0.0204 /;/ 6+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0108 /;/ 6+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0011 /;/ 6+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0002 /;/
6+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0004 /;/ 6+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0022 /;/ 6+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0110 /;/ 6+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/
6+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0015 /;/ 6+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0014 /;/ 6+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0000 /;/ 6+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0551 /;/
6+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0001 /;/ 6+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0002 /;/ 6+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0035 /;/ 6+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0012 /;/

4+(1)=> 6+(1)BE2= 0.0295 /;/ 4+(1)=> 6+(2)BE2= 0.0006 /;/ 4+(1)=> 6+(3)BE2= 0.0022 /;/ 4+(1)=> 6+(4)BE2= 0.0001 /;/

4+(2)=> 6+(1)BE2= 0.0156 /;/ 4+(2)=> 6+(2)BE2= 0.0031 /;/ 4+(2)=> 6+(3)BE2= 0.0020 /;/ 4+(2)=> 6+(4)BE2= 0.0003 /;/
 4+(3)=> 6+(1)BE2= 0.0015 /;/ 4+(3)=> 6+(2)BE2= 0.0159 /;/ 4+(3)=> 6+(3)BE2= 0.0000 /;/ 4+(3)=> 6+(4)BE2= 0.0051 /;/
 4+(4)=> 6+(1)BE2= 0.0003 /;/ 4+(4)=> 6+(2)BE2= 0.0000 /;/ 4+(4)=> 6+(3)BE2= 0.0795 /;/ 4+(4)=> 6+(4)BE2= 0.0017 /;/

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0015 /;/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0228 /;/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0001 /;/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0016 /;/
 2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0228 /;/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0003 /;/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0036 /;/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/
 2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0036 /;/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0042 /;/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0167 /;/
 2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0016 /;/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0167 /;/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0007 /;/

8+(1)=> 6+(1)BE2= 0.0162 /;/ 8+(1)=> 6+(2)BE2= 0.0019 /;/ 8+(1)=> 6+(3)BE2= 0.0003 /;/ 8+(1)=> 6+(4)BE2= 0.0000 /;/
 8+(2)=> 6+(1)BE2= 0.0051 /;/ 8+(2)=> 6+(2)BE2= 0.0000 /;/ 8+(2)=> 6+(3)BE2= 0.0501 /;/ 8+(2)=> 6+(4)BE2= 0.0013 /;/
 8+(3)=> 6+(1)BE2= 0.0005 /;/ 8+(3)=> 6+(2)BE2= 0.0006 /;/ 8+(3)=> 6+(3)BE2= 0.0007 /;/ 8+(3)=> 6+(4)BE2= 0.0317 /;/
 8+(4)=> 6+(1)BE2= 0.0000 /;/ 8+(4)=> 6+(2)BE2= 0.0018 /;/ 8+(4)=> 6+(3)BE2= 0.0000 /;/ 8+(4)=> 6+(4)BE2= 0.0003 /;/

EK- 11 ⁹⁴Zr izotopuna ait B(E2) geçiş olasılıkları PHINT program verileri

--- Program PCibaEM, version JANUARY 1990 ---
 0

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 7
 TRUNCATION AT ND = 7

MULTIPOLE EXPANTION:

EPS= 0.9128 , QQ = 0.0190 , CHQ= 0.0000
 ELL=-0.0269 , OCT = 0.0067 , HEX=-0.0156

CH1 = 0.00000 , CH2 = 0.01905 , EPSD = 0.00000 , FELL = 0.00000 , FQQ = 0.00000
 KAP3 = 0.00000 , CHO = 0.00000

0 2+ ENERGY 3- ENERGY I 2+_2+ INTER. I 2+_3- INTER. ONE PHONON TWO PHONON F3
 (S+F+DF)

0.70000	0.00000	0	-0.21314	1	0.00000	0.00000	0.02130	0.00000
	2	0.05350	2	0.00000				
	4	-0.10307	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= /;/
 E2 Transitions
 parameters: E2SD= 0.0474 , E2DD= 0.0600

0+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0662 !;/ 0+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0001 !;/ 0+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0000 !;/ 0+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 !;/
0+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0242 !;/ 0+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0030 !;/ 0+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0675 !;/ 0+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0001 !;/
0+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0000 !;/ 0+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0000 !;/ 0+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0338 !;/ 0+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0077 !;/
0+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 !;/ 0+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0280 !;/ 0+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0013 !;/ 0+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0059 !;/

2+(1)=> 0+(1)BE2= 0.0132 !;/ 2+(1)=> 0+(2)BE2= 0.0048 !;/ 2+(1)=> 0+(3)BE2= 0.0000 !;/ 2+(1)=> 0+(4)BE2= 0.0000 !;/
2+(2)=> 0+(1)BE2= 0.0000 !;/ 2+(2)=> 0+(2)BE2= 0.0006 !;/ 2+(2)=> 0+(3)BE2= 0.0000 !;/ 2+(2)=> 0+(4)BE2= 0.0056 !;/
2+(3)=> 0+(1)BE2= 0.0000 !;/ 2+(3)=> 0+(2)BE2= 0.0135 !;/ 2+(3)=> 0+(3)BE2= 0.0068 !;/ 2+(3)=> 0+(4)BE2= 0.0003 !;/
2+(4)=> 0+(1)BE2= 0.0000 !;/ 2+(4)=> 0+(2)BE2= 0.0000 !;/ 2+(4)=> 0+(3)BE2= 0.0015 !;/ 2+(4)=> 0+(4)BE2= 0.0012 !;/

3+(1)=> 4+(1)BE2= 0.0080 !;/ 3+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0010 !;/ 3+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0017 !;/ 3+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0000 !;/
3+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0000 !;/ 3+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0000 !;/ 3+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0058 !;/ 3+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0017 !;/
3+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0000 !;/ 3+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0000 !;/ 3+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0002 !;/ 3+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0055 !;/
3+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0000 !;/ 3+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0000 !;/ 3+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0000 !;/ 3+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0000 !;/

3+(1)=> 4+(1)BE2= 0.0080 !;/ 3+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0010 !;/ 3+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0017 !;/ 3+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0000 !;/
3+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0000 !;/ 3+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0000 !;/ 3+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0058 !;/ 3+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0017 !;/
3+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0000 !;/ 3+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0000 !;/ 3+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0002 !;/ 3+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0055 !;/
3+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0000 !;/ 3+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0000 !;/ 3+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0000 !;/ 3+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0000 !;/

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0007 !;/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0226 !;/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0000 !;/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 !;/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0226 !;/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0001 !;/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0060 !;/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 !;/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0000 !;/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0060 !;/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0018 !;/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0197 !;/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 !;/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 !;/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0197 !;/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0003 !;/

2+(1)=> 4+(1)BE2= 0.0407 !;/ 2+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0000 !;/ 2+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0001 !;/ 2+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0000 !;/
2+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0004 !;/ 2+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0264 !;/ 2+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0000 !;/ 2+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0000 !;/
2+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0108 !;/ 2+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0012 !;/ 2+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0354 !;/ 2+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0003 !;/
2+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0000 !;/ 2+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0056 !;/ 2+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0009 !;/ 2+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0000 !;/

4+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0226 /;/ 4+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0002 /;/ 4+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0060 /;/ 4+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/
4+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 4+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0147 /;/ 4+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0007 /;/ 4+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0031 /;/
4+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 4+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 4+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0197 /;/ 4+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0005 /;/
4+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 4+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 4+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0002 /;/ 4+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/

4+(1)=> 4+(1)BE2= 0.0017 /;/ 4+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0134 /;/ 4+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0000 /;/ 4+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/
4+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0134 /;/ 4+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0002 /;/ 4+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0028 /;/ 4+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/
4+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 4+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0028 /;/ 4+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0035 /;/ 4+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/
4+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 4+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0000 /;/ 4+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0000 /;/ 4+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0055 /;/

6+(1)=> 4+(1)BE2= 0.0280 /;/ 6+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0005 /;/ 6+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0059 /;/ 6+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/
6+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0001 /;/ 6+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0000 /;/ 6+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0202 /;/ 6+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0058 /;/
6+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 6+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0201 /;/ 6+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0007 /;/ 6+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/
6+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 6+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0000 /;/ 6+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0009 /;/ 6+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0192 /;/

6+(1)=> 4+(1)BE2= 0.0280 /;/ 6+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0005 /;/ 6+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0059 /;/ 6+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/
6+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0001 /;/ 6+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0000 /;/ 6+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0202 /;/ 6+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0058 /;/
6+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 6+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0201 /;/ 6+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0007 /;/ 6+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/
6+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 6+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0000 /;/ 6+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0009 /;/ 6+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0192 /;/

3+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0200 /;/ 3+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0009 /;/ 3+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0042 /;/
3+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 3+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0145 /;/
3+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0006 /;/
3+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/

EK- 12 ⁹⁶Zr izotopuna ait B(E2) geçiş olasılıkları PHINT program verileri

--- Program PCibaEM ,version JANUARY 1990 ---
0

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 8
TRUNCATION AT ND = 7

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 1.2477 , QQ = 0.0911 , CHQ= 0.0000
ELL=-0.0102 , OCT = 0.0044 , HEX=-0.0073

CH1 = 0.00000 , CH2 = 0.09107 , 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)
1.00000 0.00000 0 -0.13114 1 0.00000 0.00000 0.10182 0.00000
2 0.02810 2 0.00000
4 -0.03747 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= /;/

E2 Transitions

parameters: E2SD= 0.0472 , E2DD= 0.0500

0+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0563 /;/ 0+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0003 /;/ 0+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0001 /;/ 0+(
1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/
0+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0236 /;/ 0+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0023 /;/ 0+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0642 /;/ 0+(
2)=> 2+(4)BE2= 0.0004 /;/
0+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 0+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0252 /;/ 0+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0010 /;/ 0+(
3)=> 2+(4)BE2= 0.0069 /;/
0+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 0+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 0+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0373 /;/ 0+(
4)=> 2+(4)BE2= 0.0054 /;/

2+(1)=> 0+(1)BE2= 0.0113 /;/ 2+(1)=> 0+(2)BE2= 0.0047 /;/ 2+(1)=> 0+(3)BE2= 0.0000 /;/ 2+(
1)=> 0+(4)BE2= 0.0000 /;/
2+(2)=> 0+(1)BE2= 0.0001 /;/ 2+(2)=> 0+(2)BE2= 0.0005 /;/ 2+(2)=> 0+(3)BE2= 0.0050 /;/ 2+(
2)=> 0+(4)BE2= 0.0000 /;/
2+(3)=> 0+(1)BE2= 0.0000 /;/ 2+(3)=> 0+(2)BE2= 0.0128 /;/ 2+(3)=> 0+(3)BE2= 0.0002 /;/ 2+(
3)=> 0+(4)BE2= 0.0075 /;/
2+(4)=> 0+(1)BE2= 0.0000 /;/ 2+(4)=> 0+(2)BE2= 0.0001 /;/ 2+(4)=> 0+(3)BE2= 0.0014 /;/ 2+(
4)=> 0+(4)BE2= 0.0011 /;/

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0006 /;/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0196 /;/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 2+(
1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0196 /;/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0001 /;/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0065 /;/ 2+(
2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0065 /;/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0014 /;/ 2+(
3)=> 2+(4)BE2= 0.0192 /;/

2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0192 /;/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0002 /;/

4+(1)=> 4+(1)BE2= 0.0013 /;/ 4+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0120 /;/ 4+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0000 /;/ 4+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/
4+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0120 /;/ 4+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0002 /;/ 4+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0033 /;/ 4+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0127 /;/
4+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 4+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0033 /;/ 4+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0025 /;/ 4+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0001 /;/
4+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 4+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0127 /;/ 4+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0001 /;/ 4+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0002 /;/

4+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0196 /;/ 4+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0002 /;/ 4+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0065 /;/ 4+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/
4+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 4+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0132 /;/ 4+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0005 /;/ 4+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0036 /;/
4+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 4+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 4+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0192 /;/ 4+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0004 /;/
4+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 4+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0001 /;/ 4+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 4+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0008 /;/

3+(1)=> 4+(1)BE2= 0.0072 /;/ 3+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0008 /;/ 3+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0020 /;/ 3+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0188 /;/
3+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0074 /;/ 3+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0064 /;/
3+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0001 /;/
3+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0001 /;/ 3+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/

6+(1)=> 4+(1)BE2= 0.0252 /;/ 6+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0004 /;/ 6+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0069 /;/ 6+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0002 /;/
6+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0001 /;/ 6+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0188 /;/ 6+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0005 /;/ 6+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0003 /;/
6+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0001 /;/ 6+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0000 /;/ 6+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0261 /;/ 6+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0001 /;/
6+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 6+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0002 /;/ 6+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0000 /;/ 6+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0121 /;/

3+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 3+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0180 /;/ 3+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0007 /;/ 3+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0049 /;/
3+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0001 /;/ 3+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0186 /;/
3+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/
3+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0002 /;/

3+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 3+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0180 /;/ 3+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0007 /;/ 3+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0049 /;/
3+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0001 /;/ 3+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0186 /;/
3+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/

3+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0002 /;/

8+(1)=> 6+(1)BE2= 0.0276 /;/ 8+(1)=> 6+(2)BE2= 0.0005 /;/ 8+(1)=> 6+(3)BE2= 0.0093 /;/ 8+(1)=> 6+(4)BE2= 0.0002 /;/
8+(2)=> 6+(1)BE2= 0.0001 /;/ 8+(2)=> 6+(2)BE2= 0.0224 /;/ 8+(2)=> 6+(3)BE2= 0.0005 /;/ 8+(2)=> 6+(4)BE2= 0.0006 /;/
8+(3)=> 6+(1)BE2= 0.0000 /;/ 8+(3)=> 6+(2)BE2= 0.0000 /;/ 8+(3)=> 6+(3)BE2= 0.0162 /;/ 8+(3)=> 6+(4)BE2= 0.0000 /;/
8+(4)=> 6+(1)BE2= 0.0000 /;/ 8+(4)=> 6+(2)BE2= 0.0002 /;/ 8+(4)=> 6+(3)BE2= 0.0000 /;/ 8+(4)=> 6+(4)BE2= 0.0121 /;/

10+(1)=> 8+(1)BE2= 0.0295 /;/ 10+(1)=> 8+(2)BE2= 0.0007 /;/ 10+(1)=> 8+(3)BE2= 0.0048 /;/ 10+(1)=> 8+(4)BE2= 0.0001 /;/
10+(2)=> 8+(1)BE2= 0.0001 /;/ 10+(2)=> 8+(2)BE2= 0.0173 /;/ 10+(2)=> 8+(3)BE2= 0.0004 /;/ 10+(2)=> 8+(4)BE2= 0.0008 /;/
10+(3)=> 8+(1)BE2= 0.0002 /;/ 10+(3)=> 8+(2)BE2= 0.0000 /;/ 10+(3)=> 8+(3)BE2= 0.0409 /;/ 10+(3)=> 8+(4)BE2= 0.0002 /;/
10+(4)=> 8+(1)BE2= 0.0000 /;/ 10+(4)=> 8+(2)BE2= 0.0002 /;/ 10+(4)=> 8+(3)BE2= 0.0000 /;/ 10+(4)=> 8+(4)BE2= 0.0204 /;/

EK- 13 ⁹⁸Zr izotopuna ait B(E2) geçiş olasılıkları PHINT program verileri

--- Program PCibaEM ,version JANUARY 1990 ---
0

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 9
TRUNCATION AT ND = 7

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.8809 , QQ =-0.0439 , CHQ=-0.0112
ELL= 0.0049 , OCT =-0.0021 , HEX= 0.0035

CH1 = 0.00000 , CH2 =-0.04389 , 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)

1.00000	0.00000	0	0.06267	1	0.00000	0.00049	-0.04907	0.00000
		2	-0.01343	2	0.00000			
		4	0.01791	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= /;/
E2 Transitions
parameters: E2SD= 0.0060 , E2DD= 5.5500

0+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0021 /;/ 0+(1)=> 2+(2)BE2= 3.6164 /;/ 0+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 0+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/

0+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 0+(2)=> 2+(2)BE2= 24.3048 /;/ 0+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0011 /;/
0+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/
0+(3)=> 2+(1)BE2= 1.2609 /;/ 0+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0024 /;/ 0+(3)=> 2+(3)BE2= 10.2495 /;/
0+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0028 /;/
0+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 0+(4)=> 2+(2)BE2= 0.2439 /;/ 0+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0002 /;/ 0+(
4)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/

2+(1)=> 0+(1)BE2= 0.0004 /;/ 2+(1)=> 0+(2)BE2= 0.0000 /;/ 2+(1)=> 0+(3)BE2= 0.2522 /;/ 2+(
1)=> 0+(4)BE2= 0.0000 /;/
2+(2)=> 0+(1)BE2= 0.7233 /;/ 2+(2)=> 0+(2)BE2= 4.8610 /;/ 2+(2)=> 0+(3)BE2= 0.0005 /;/ 2+(
2)=> 0+(4)BE2= 0.0488 /;/
2+(3)=> 0+(1)BE2= 0.0000 /;/ 2+(3)=> 0+(2)BE2= 0.0002 /;/ 2+(3)=> 0+(3)BE2= 2.0499 /;/ 2+(
3)=> 0+(4)BE2= 0.0000 /;/
2+(4)=> 0+(1)BE2= 0.0000 /;/ 2+(4)=> 0+(2)BE2= 0.0000 /;/ 2+(4)=> 0+(3)BE2= 0.0006 /;/ 2+(
4)=> 0+(4)BE2= 0.0000 /;/

2+(1)=> 2+(1)BE2= 7.0170 /;/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0011 /;/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.2243 /;/ 2+(
1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0011 /;/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 1.2240 /;/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 2+(
2)=> 2+(4)BE2= 0.8948 /;/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.2243 /;/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 15.1243 /;/
2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.8948 /;/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 2+(
4)=> 2+(4)BE2= 2.4215 /;/

4+(1)=> 4+(1)BE2= 14.9615 /;/ 4+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0007 /;/ 4+(1)=> 4+(3)BE2= 0.1175 /;/
4+(1)=> 4+(4)BE2= 0.2349 /;/
4+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0007 /;/ 4+(2)=> 4+(2)BE2= 1.9164 /;/ 4+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0007 /;/ 4+(
2)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/
4+(3)=> 4+(1)BE2= 0.1175 /;/ 4+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0007 /;/ 4+(3)=> 4+(3)BE2= 2.5776 /;/ 4+(
3)=> 4+(4)BE2= 1.2447 /;/
4+(4)=> 4+(1)BE2= 0.2349 /;/ 4+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0000 /;/ 4+(4)=> 4+(3)BE2= 1.2447 /;/ 4+(
4)=> 4+(4)BE2= 28.5255 /;/

4+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0006 /;/ 4+(1)=> 2+(2)BE2= 2.1763 /;/ 4+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 4+(
1)=> 2+(4)BE2= 0.1553 /;/
4+(2)=> 2+(1)BE2= 0.6605 /;/ 4+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0005 /;/ 4+(2)=> 2+(3)BE2= 5.3686 /;/ 4+(
2)=> 2+(4)BE2= 0.0003 /;/
4+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 4+(3)=> 2+(2)BE2= 0.8078 /;/ 4+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 4+(
3)=> 2+(4)BE2= 0.8280 /;/
4+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 4+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0342 /;/ 4+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0003 /;/ 4+(
4)=> 2+(4)BE2= 1.6456 /;/

3+(1)=> 4+(1)BE2= 0.0005 /;/ 3+(1)=> 4+(2)BE2= 8.6949 /;/ 3+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0009 /;/ 3+(
1)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/
3+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0686 /;/ 3+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0000 /;/ 3+(
2)=> 4+(4)BE2= 0.0002 /;/
3+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 4+(3)BE2= 0.2092 /;/ 3+(
3)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/
3+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0000 /;/ 3+(
4)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/

6+(1)=> 4+(1)BE2= 0.0006 /;/ 6+(1)=> 4+(2)BE2= 4.0243 /;/ 6+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0000 /;/ 6+(
1)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/

6+(2)=> 4+(1)BE2= 0.5338 !;/ 6+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0007 !;/ 6+(2)=> 4+(3)BE2= 3.2997 !;/ 6+(2)=> 4+(4)BE2= 5.6550 !;/
 6+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0000 !;/ 6+(3)=> 4+(2)BE2= 0.6172 !;/ 6+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0005 !;/ 6+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0000 !;/
 6+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0000 !;/ 6+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0318 !;/ 6+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0000 !;/ 6+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0004 !;/

8+(1)=> 6+(1)BE2= 0.0006 !;/ 8+(1)=> 6+(2)BE2= 5.7780 !;/ 8+(1)=> 6+(3)BE2= 0.0000 !;/ 8+(1)=> 6+(4)BE2= 0.0000 !;/
 8+(2)=> 6+(1)BE2= 0.3974 !;/ 8+(2)=> 6+(2)BE2= 0.0007 !;/ 8+(2)=> 6+(3)BE2= 6.7125 !;/ 8+(2)=> 6+(4)BE2= 5.8805 !;/
 8+(3)=> 6+(1)BE2= 0.0000 !;/ 8+(3)=> 6+(2)BE2= 0.4162 !;/ 8+(3)=> 6+(3)BE2= 0.0006 !;/ 8+(3)=> 6+(4)BE2= 0.0000 !;/
 8+(4)=> 6+(1)BE2= 0.0000 !;/ 8+(4)=> 6+(2)BE2= 0.0213 !;/ 8+(4)=> 6+(3)BE2= 0.0000 !;/ 8+(4)=> 6+(4)BE2= 0.0004 !;/

EK- 14 ¹⁰⁰Zr izotopuna ait B(E2) geçiş olasılıkları PHINT program verileri

--- Program PCibaEM ,version JANUARY 1990 ---
 0

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 10
 TRUNCATION AT ND = 7

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.2985 , QQ =-0.1111 , CHQ= 1.4199
 ELL= 0.0003 , OCT =-0.0001 , HEX= 0.0002

CH1 = 0.00000 , CH2 =-0.11111 , 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)

0.50000	0.00000	0	-0.04140	1	0.00000	-0.15777	-0.12423	0.00000
	2	0.00887	2	0.00000				
	4	-0.01183	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= !;/

E2 Transitions

parameters: E2SD= 0.0896 , E2DD= 0.0800

0+(1)=> 2+(1)BE2= 1.1307 !;/ 0+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0458 !;/ 0+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0016 !;/ 0+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0025 !;/
 0+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0002 !;/ 0+(2)=> 2+(2)BE2= 0.1169 !;/ 0+(2)=> 2+(3)BE2= 0.6504 !;/ 0+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0609 !;/
 0+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0003 !;/ 0+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0330 !;/ 0+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0239 !;/ 0+(3)=> 2+(4)BE2= 0.5358 !;/
 0+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0003 !;/ 0+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0037 !;/ 0+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0005 !;/ 0+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0288 !;/

2+(1)=> 0+(1)BE2= 0.2261 /;/ 2+(1)=> 0+(2)BE2= 0.0000 /;/ 2+(1)=> 0+(3)BE2= 0.0001 /;/ 2+(1)=> 0+(4)BE2= 0.0001 /;/
2+(2)=> 0+(1)BE2= 0.0092 /;/ 2+(2)=> 0+(2)BE2= 0.0234 /;/ 2+(2)=> 0+(3)BE2= 0.0066 /;/ 2+(2)=> 0+(4)BE2= 0.0007 /;/
2+(3)=> 0+(1)BE2= 0.0003 /;/ 2+(3)=> 0+(2)BE2= 0.1301 /;/ 2+(3)=> 0+(3)BE2= 0.0048 /;/ 2+(3)=> 0+(4)BE2= 0.0001 /;/
2+(4)=> 0+(1)BE2= 0.0005 /;/ 2+(4)=> 0+(2)BE2= 0.0122 /;/ 2+(4)=> 0+(3)BE2= 0.1072 /;/ 2+(4)=> 0+(4)BE2= 0.0058 /;/

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.3018 /;/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0305 /;/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0305 /;/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.2549 /;/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0041 /;/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0041 /;/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.1445 /;/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0334 /;/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0000 /;/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0334 /;/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0055 /;/

4+(1)=> 4+(1)BE2= 0.2548 /;/ 4+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0245 /;/ 4+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0008 /;/ 4+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0004 /;/
4+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0245 /;/ 4+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0095 /;/ 4+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0355 /;/ 4+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0148 /;/
4+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0008 /;/ 4+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0355 /;/ 4+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0045 /;/ 4+(3)=> 4+(4)BE2= 0.1347 /;/
4+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0004 /;/ 4+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0148 /;/ 4+(4)=> 4+(3)BE2= 0.1347 /;/ 4+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0775 /;/

4+(1)=> 2+(1)BE2= 0.3142 /;/ 4+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0004 /;/ 4+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0002 /;/ 4+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0005 /;/
4+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0042 /;/ 4+(2)=> 2+(2)BE2= 0.1255 /;/ 4+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0158 /;/ 4+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0009 /;/
4+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 4+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0049 /;/ 4+(3)=> 2+(3)BE2= 0.1289 /;/ 4+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0112 /;/
4+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 4+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0146 /;/ 4+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0511 /;/ 4+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0106 /;/

3+(1)=> 4+(1)BE2= 0.0168 /;/ 3+(1)=> 4+(2)BE2= 0.2455 /;/ 3+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0185 /;/ 3+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0399 /;/
3+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0001 /;/ 3+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0001 /;/ 3+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0153 /;/ 3+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0231 /;/
3+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0017 /;/ 3+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0023 /;/ 3+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0027 /;/
3+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0006 /;/ 3+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0001 /;/ 3+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0009 /;/

4+(1)=> 4+(1)BE2= 0.2548 /;/ 4+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0245 /;/ 4+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0008 /;/ 4+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0004 /;/
4+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0245 /;/ 4+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0095 /;/ 4+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0355 /;/ 4+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0148 /;/
4+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0008 /;/ 4+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0355 /;/ 4+(3)=> 4+(3)BE2= 0.0045 /;/ 4+(3)=> 4+(4)BE2= 0.1347 /;/
4+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0004 /;/ 4+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0148 /;/ 4+(4)=> 4+(3)BE2= 0.1347 /;/ 4+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0775 /;/

6+(1)=> 4+(1)BE2= 0.3332 !;/ 6+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0057 !;/ 6+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0000 !;/ 6+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0001 !;/
 6+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0002 !;/ 6+(2)=> 4+(2)BE2= 0.2098 !;/ 6+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0033 !;/ 6+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0038 !;/
 6+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0004 !;/ 6+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0028 !;/ 6+(3)=> 4+(3)BE2= 0.1666 !;/ 6+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0030 !;/
 6+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0001 !;/ 6+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0019 !;/ 6+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0000 !;/ 6+(4)=> 4+(4)BE2= 0.0974 !;/

EK- 15 ¹⁰²Zr izotopuna ait B(E2) geçiş olasılıkları PHINT ⁽¹⁹⁾ program verileri

--- Program PCibaEM ,version JANUARY 1990 ---
 0

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 11
 TRUNCATION AT ND = 7

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.3330 , QQ =-0.0818 , CHQ=-1.2187
 ELL= 0.0024 , OCT =-0.0010 , HEX= 0.0017

CH1 = 0.00000 , CH2 =-0.08182 , 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)

0.50000	0.00000	0	0.00664	1	0.00000	0.09971	-0.09148	0.00000
	2	-0.00142	2	0.00000				
	4	0.00190	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= !;/

E2 Transitions

parameters: E2SD= 0.1168 , E2DD= 0.0900

0+(1)=> 2+(1)BE2= 1.6611 !;/ 0+(1)=> 2+(2)BE2= 0.2122 !;/ 0+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0037 !;/ 0+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0116 !;/
 0+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0008 !;/ 0+(2)=> 2+(2)BE2= 0.3876 !;/ 0+(2)=> 2+(3)BE2= 1.0756 !;/ 0+(2)=> 2+(4)BE2= 0.2371 !;/
 0+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0007 !;/ 0+(3)=> 2+(2)BE2= 0.1350 !;/ 0+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0207 !;/ 0+(3)=> 2+(4)BE2= 0.6721 !;/
 0+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0012 !;/ 0+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0077 !;/ 0+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0015 !;/ 0+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0989 !;/

2+(1)=> 0+(1)BE2= 0.3322 !;/ 2+(1)=> 0+(2)BE2= 0.0002 !;/ 2+(1)=> 0+(3)BE2= 0.0001 !;/ 2+(1)=> 0+(4)BE2= 0.0002 !;/
 2+(2)=> 0+(1)BE2= 0.0424 !;/ 2+(2)=> 0+(2)BE2= 0.0775 !;/ 2+(2)=> 0+(3)BE2= 0.0270 !;/ 2+(2)=> 0+(4)BE2= 0.0015 !;/

2+(3)=> 0+(1)BE2= 0.0007 /;/ 2+(3)=> 0+(2)BE2= 0.2151 /;/ 2+(3)=> 0+(3)BE2= 0.0041 /;/ 2+(
3)=> 0+(4)BE2= 0.0003 /;/
2+(4)=> 0+(1)BE2= 0.0023 /;/ 2+(4)=> 0+(2)BE2= 0.0474 /;/ 2+(4)=> 0+(3)BE2= 0.1344 /;/ 2+(
4)=> 0+(4)BE2= 0.0198 /;/

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.3981 /;/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.1289 /;/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0007 /;/ 2+(
1)=> 2+(4)BE2= 0.0003 /;/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.1289 /;/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.4209 /;/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0137 /;/ 2+(
2)=> 2+(4)BE2= 0.0022 /;/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0007 /;/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0137 /;/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.1296 /;/ 2+(
3)=> 2+(4)BE2= 0.1488 /;/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0003 /;/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0022 /;/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.1488 /;/ 2+(
4)=> 2+(4)BE2= 0.0502 /;/

4+(1)=> 4+(1)BE2= 0.3103 /;/ 4+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0969 /;/ 4+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0091 /;/ 4+(
1)=> 4+(4)BE2= 0.0002 /;/
4+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0969 /;/ 4+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0003 /;/ 4+(2)=> 4+(3)BE2= 0.1806 /;/ 4+(
2)=> 4+(4)BE2= 0.0008 /;/
4+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0091 /;/ 4+(3)=> 4+(2)BE2= 0.1806 /;/ 4+(3)=> 4+(3)BE2= 0.1801 /;/ 4+(
3)=> 4+(4)BE2= 0.1196 /;/
4+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0002 /;/ 4+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0008 /;/ 4+(4)=> 4+(3)BE2= 0.1196 /;/ 4+(
4)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/

4+(1)=> 2+(1)BE2= 0.4607 /;/ 4+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0018 /;/ 4+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0000 /;/ 4+(
1)=> 2+(4)BE2= 0.0018 /;/
4+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0219 /;/ 4+(2)=> 2+(2)BE2= 0.2610 /;/ 4+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0387 /;/ 4+(
2)=> 2+(4)BE2= 0.0063 /;/
4+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 4+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0649 /;/ 4+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0653 /;/ 4+(
3)=> 2+(4)BE2= 0.0639 /;/
4+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0003 /;/ 4+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0173 /;/ 4+(4)=> 2+(3)BE2= 0.2303 /;/ 4+(
4)=> 2+(4)BE2= 0.0000 /;/

6+(1)=> 4+(1)BE2= 0.4993 /;/ 6+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0271 /;/ 6+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0000 /;/ 6+(
1)=> 4+(4)BE2= 0.0000 /;/
6+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0021 /;/ 6+(2)=> 4+(2)BE2= 0.3830 /;/ 6+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0022 /;/ 6+(
2)=> 4+(4)BE2= 0.0179 /;/
6+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0018 /;/ 6+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0309 /;/ 6+(3)=> 4+(3)BE2= 0.3144 /;/ 6+(
3)=> 4+(4)BE2= 0.0004 /;/
6+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 6+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0002 /;/ 6+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0064 /;/ 6+(
4)=> 4+(4)BE2= 0.1941 /;/

8+(1)=> 6+(1)BE2= 0.5027 /;/ 8+(1)=> 6+(2)BE2= 0.0135 /;/ 8+(1)=> 6+(3)BE2= 0.0036 /;/ 8+(
1)=> 6+(4)BE2= 0.0034 /;/
8+(2)=> 6+(1)BE2= 0.0083 /;/ 8+(2)=> 6+(2)BE2= 0.4287 /;/ 8+(2)=> 6+(3)BE2= 0.0723 /;/ 8+(
2)=> 6+(4)BE2= 0.0020 /;/
8+(3)=> 6+(1)BE2= 0.0000 /;/ 8+(3)=> 6+(2)BE2= 0.0016 /;/ 8+(3)=> 6+(3)BE2= 0.2818 /;/ 8+(
3)=> 6+(4)BE2= 0.0074 /;/
8+(4)=> 6+(1)BE2= 0.0008 /;/ 8+(4)=> 6+(2)BE2= 0.0021 /;/ 8+(4)=> 6+(3)BE2= 0.0065 /;/ 8+(
4)=> 6+(4)BE2= 0.1878 /;/

10+(1)=> 8+(1)BE2= 0.4712 /;/ 10+(1)=> 8+(2)BE2= 0.0713 /;/ 10+(1)=> 8+(3)BE2= 0.0000 /;/
10+(1)=> 8+(4)BE2= 0.0000 /;/
10+(2)=> 8+(1)BE2= 0.0021 /;/ 10+(2)=> 8+(2)BE2= 0.3818 /;/ 10+(2)=> 8+(3)BE2= 0.0041 /;/
10+(2)=> 8+(4)BE2= 0.0010 /;/

10+(3)=> 8+(1)BE2= 0.0024 /;/ 10+(3)=> 8+(2)BE2= 0.0155 /;/ 10+(3)=> 8+(3)BE2= 0.2580 /;/
 10+(3)=> 8+(4)BE2= 0.0139 /;/
 10+(4)=> 8+(1)BE2= 0.0005 /;/ 10+(4)=> 8+(2)BE2= 0.0055 /;/ 10+(4)=> 8+(3)BE2= 0.0102 /;/
 10+(4)=> 8+(4)BE2= 0.0728 /;/

3+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0810 /;/ 3+(1)=> 2+(2)BE2= 0.4258 /;/ 3+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0872 /;/ 3+(
 1)=> 2+(4)BE2= 0.0283 /;/
 3+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0006 /;/ 3+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0002 /;/ 3+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0436 /;/ 3+(
 2)=> 2+(4)BE2= 0.1006 /;/
 3+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 3+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0031 /;/ 3+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0035 /;/ 3+(
 3)=> 2+(4)BE2= 0.0049 /;/
 3+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0000 /;/ 3+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0009 /;/ 3+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0015 /;/ 3+(
 4)=> 2+(4)BE2= 0.0002 /;/

EK- 16 ¹⁰⁴Zr izotopuna ait B(E2) geçiş olasılıkları PHINT ⁽¹⁹⁾ program verileri

--- Program PCibaEM ,version JANUARY 1990 ---
 0

TOTAL NUMBER OF BOSONS = 12
 TRUNCATION AT ND = 7

MULTIPOLE EXPANTION :

EPS= 0.3935 , QQ =-0.0742 , CHQ=-2.3814
 ELL= 0.0000 , OCT = 0.0000 , HEX= 0.0000

CH1 = 0.00000 , CH2 =-0.07424 , 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)

0.50000	0.00000	0	-0.08398	1	0.00000	0.17680	-0.08301	0.00000
	2	0.01800	2	0.00000				
	4	-0.02400	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= /;/

E2 Transitions
 parameters: E2SD= 0.1222 , E2DD= 0.0900

0+(1)=> 2+(1)BE2= 2.0030 /;/ 0+(1)=> 2+(2)BE2= 0.2310 /;/ 0+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0025 /;/ 0+(
 1)=> 2+(4)BE2= 0.0064 /;/
 0+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0115 /;/ 0+(2)=> 2+(2)BE2= 0.1277 /;/ 0+(2)=> 2+(3)BE2= 1.1798 /;/ 0+(
 2)=> 2+(4)BE2= 0.0077 /;/
 0+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 0+(3)=> 2+(2)BE2= 0.2383 /;/ 0+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0060 /;/ 0+(
 3)=> 2+(4)BE2= 1.3997 /;/
 0+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0032 /;/ 0+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0412 /;/ 0+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0108 /;/ 0+(
 4)=> 2+(4)BE2= 0.0531 /;/

0+(1)=> 2+(1)BE2= 2.0030 /;/ 0+(1)=> 2+(2)BE2= 0.2310 /;/ 0+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0025 /;/ 0+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0064 /;/
0+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0115 /;/ 0+(2)=> 2+(2)BE2= 0.1277 /;/ 0+(2)=> 2+(3)BE2= 1.1798 /;/ 0+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0077 /;/
0+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 0+(3)=> 2+(2)BE2= 0.2383 /;/ 0+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0060 /;/ 0+(3)=> 2+(4)BE2= 1.3997 /;/
0+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0032 /;/ 0+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0412 /;/ 0+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0108 /;/ 0+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0531 /;/

2+(1)=> 0+(1)BE2= 0.4006 /;/ 2+(1)=> 0+(2)BE2= 0.0023 /;/ 2+(1)=> 0+(3)BE2= 0.0000 /;/ 2+(1)=> 0+(4)BE2= 0.0006 /;/
2+(2)=> 0+(1)BE2= 0.0462 /;/ 2+(2)=> 0+(2)BE2= 0.0255 /;/ 2+(2)=> 0+(3)BE2= 0.0477 /;/ 2+(2)=> 0+(4)BE2= 0.0082 /;/
2+(3)=> 0+(1)BE2= 0.0005 /;/ 2+(3)=> 0+(2)BE2= 0.2360 /;/ 2+(3)=> 0+(3)BE2= 0.0012 /;/ 2+(3)=> 0+(4)BE2= 0.0022 /;/
2+(4)=> 0+(1)BE2= 0.0013 /;/ 2+(4)=> 0+(2)BE2= 0.0015 /;/ 2+(4)=> 0+(3)BE2= 0.2799 /;/ 2+(4)=> 0+(4)BE2= 0.0106 /;/

2+(1)=> 2+(1)BE2= 0.5292 /;/ 2+(1)=> 2+(2)BE2= 0.1032 /;/ 2+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0021 /;/ 2+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0004 /;/
2+(2)=> 2+(1)BE2= 0.1032 /;/ 2+(2)=> 2+(2)BE2= 0.5216 /;/ 2+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0175 /;/ 2+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0164 /;/
2+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0021 /;/ 2+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0175 /;/ 2+(3)=> 2+(3)BE2= 0.3045 /;/ 2+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0038 /;/
2+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0004 /;/ 2+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0164 /;/ 2+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0038 /;/ 2+(4)=> 2+(4)BE2= 0.2602 /;/

4+(1)=> 4+(1)BE2= 0.4363 /;/ 4+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0935 /;/ 4+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0042 /;/ 4+(1)=> 4+(4)BE2= 0.0016 /;/
4+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0935 /;/ 4+(2)=> 4+(2)BE2= 0.0346 /;/ 4+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0258 /;/ 4+(2)=> 4+(4)BE2= 0.0571 /;/
4+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0042 /;/ 4+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0258 /;/ 4+(3)=> 4+(3)BE2= 0.1533 /;/ 4+(3)=> 4+(4)BE2= 0.0019 /;/
4+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0016 /;/ 4+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0571 /;/ 4+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0019 /;/ 4+(4)=> 4+(4)BE2= 0.5873 /;/

4+(1)=> 2+(1)BE2= 0.5552 /;/ 4+(1)=> 2+(2)BE2= 0.0020 /;/ 4+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0042 /;/ 4+(1)=> 2+(4)BE2= 0.0021 /;/
4+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0265 /;/ 4+(2)=> 2+(2)BE2= 0.2487 /;/ 4+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0153 /;/ 4+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0183 /;/
4+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0002 /;/ 4+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0005 /;/ 4+(3)=> 2+(3)BE2= 0.3280 /;/ 4+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0016 /;/
4+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 4+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0991 /;/ 4+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0019 /;/ 4+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0078 /;/

3+(1)=> 2+(1)BE2= 0.0886 /;/ 3+(1)=> 2+(2)BE2= 0.5587 /;/ 3+(1)=> 2+(3)BE2= 0.0299 /;/ 3+(1)=> 2+(4)BE2= 0.1206 /;/
3+(2)=> 2+(1)BE2= 0.0010 /;/ 3+(2)=> 2+(2)BE2= 0.0020 /;/ 3+(2)=> 2+(3)BE2= 0.0878 /;/ 3+(2)=> 2+(4)BE2= 0.0116 /;/
3+(3)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 3+(3)=> 2+(2)BE2= 0.0092 /;/ 3+(3)=> 2+(3)BE2= 0.0004 /;/ 3+(3)=> 2+(4)BE2= 0.0690 /;/
3+(4)=> 2+(1)BE2= 0.0001 /;/ 3+(4)=> 2+(2)BE2= 0.0010 /;/ 3+(4)=> 2+(3)BE2= 0.0025 /;/ 3+(4)=> 2+(4)BE2= 0.0046 /;/

6+(1)=> 4+(1)BE2= 0.5924 /;/ 6+(1)=> 4+(2)BE2= 0.0207 /;/ 6+(1)=> 4+(3)BE2= 0.0073 /;/ 6+(
1)=> 4+(4)BE2= 0.0003 /;/
6+(2)=> 4+(1)BE2= 0.0081 /;/ 6+(2)=> 4+(2)BE2= 0.4032 /;/ 6+(2)=> 4+(3)BE2= 0.0094 /;/ 6+(
2)=> 4+(4)BE2= 0.0042 /;/
6+(3)=> 4+(1)BE2= 0.0000 /;/ 6+(3)=> 4+(2)BE2= 0.0012 /;/ 6+(3)=> 4+(3)BE2= 0.3211 /;/ 6+(
3)=> 4+(4)BE2= 0.0007 /;/
6+(4)=> 4+(1)BE2= 0.0015 /;/ 6+(4)=> 4+(2)BE2= 0.0299 /;/ 6+(4)=> 4+(3)BE2= 0.0112 /;/ 6+(
4)=> 4+(4)BE2= 0.1749 /;/

8+(1)=> 6+(1)BE2= 0.5852 /;/ 8+(1)=> 6+(2)BE2= 0.0196 /;/ 8+(1)=> 6+(3)BE2= 0.0127 /;/ 8+(
1)=> 6+(4)BE2= 0.0046 /;/
8+(2)=> 6+(1)BE2= 0.0090 /;/ 8+(2)=> 6+(2)BE2= 0.4609 /;/ 8+(2)=> 6+(3)BE2= 0.0136 /;/ 8+(
2)=> 6+(4)BE2= 0.0501 /;/
8+(3)=> 6+(1)BE2= 0.0001 /;/ 8+(3)=> 6+(2)BE2= 0.0000 /;/ 8+(3)=> 6+(3)BE2= 0.2544 /;/ 8+(
3)=> 6+(4)BE2= 0.0514 /;/
8+(4)=> 6+(1)BE2= 0.0004 /;/ 8+(4)=> 6+(2)BE2= 0.0100 /;/ 8+(4)=> 6+(3)BE2= 0.0188 /;/ 8+(
4)=> 6+(4)BE2= 0.2306 /;/

10+(1)=> 8+(1)BE2= 0.5474 /;/ 10+(1)=> 8+(2)BE2= 0.0681 /;/ 10+(1)=> 8+(3)BE2= 0.0142 /;/
10+(1)=> 8+(4)BE2= 0.0000 /;/
10+(2)=> 8+(1)BE2= 0.0000 /;/ 10+(2)=> 8+(2)BE2= 0.4186 /;/ 10+(2)=> 8+(3)BE2= 0.0040 /;/
10+(2)=> 8+(4)BE2= 0.0287 /;/
10+(3)=> 8+(1)BE2= 0.0001 /;/ 10+(3)=> 8+(2)BE2= 0.0105 /;/ 10+(3)=> 8+(3)BE2= 0.1394 /;/
10+(3)=> 8+(4)BE2= 0.0176 /;/
10+(4)=> 8+(1)BE2= 0.0025 /;/ 10+(4)=> 8+(2)BE2= 0.0023 /;/ 10+(4)=> 8+(3)BE2= 0.0745 /;/
10+(4)=> 8+(4)BE2= 0.1285 /;/