

## Uranyum Ötesi Çekirdeklerin Dönme Spektrumlarının Analizi

Halime ERZEN YILDIZ<sup>1,\*</sup>, Ali Rıza KUL<sup>2</sup>, Ramiz RASİMGİL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Van, Türkiye, <sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Van, Türkiye, <sup>3</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Van, Türkiye

### ÖZET

Bu çalışmada, kütle numarası  $A > 220$  olan bölgede yer alan bazı deforme olmuş çekirdeklerin dönme spektrumları incelenmiştir. Bu incelemede deneysel verilerden yararlanıldığından çalışma fenomenolojik niteliktedir. Çalışmada yer alan deforme çekirdekler şunlardır;  ${}^{232}_{90}\text{Th}_{142}$ ,  ${}^{234}_{92}\text{U}_{142}$ ,  ${}^{236}_{92}\text{U}_{144}$ ,  ${}^{244}_{94}\text{Pu}_{150}$ ,  ${}^{248}_{96}\text{Cm}_{152}$ . Bu çekirdekler için uyarılmış enerji düzeyleri hesaplanırken Ana dönel bant ve Anomal dönel bantın tüm parametreleri kullanılmıştır. Hesaplamalarda Kolektif Nükleer Model' den yararlanılmıştır. Elde edilen teorik sonuçlar deneysel sonuçlarla karşılaştırılmış ve sonuç olarak, düşük enerji seviyelerinde uyumlu, yüksek enerji seviyelerinde uyumsuz olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çift-çift çekirdek, Deforme çekirdek, Dönme hareketi, Titreşim hareketi.

\*Sorumlu yazar: e-mail halimeyildiz@yyu.edu.tr ve ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0603-1815>

## Analysis of Rotational Spectrum of Uranium Nuclei

Halime ERZEN YILDIZ<sup>1,\*</sup>, Ali Rıza KUL<sup>2</sup>, Ramiz RASİMGİL<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Van YuzuncuYil University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, Van Turkey, <sup>2</sup>VanYuzuncuYil University, Faculty of Science, Department of Chemistry, Van, Turkey, <sup>3</sup>VanYuzuncuYil University, Faculty of Science, Department of Physics, Van, Turkey

### ABSTRACT

In this study, the rotation spectrum of some deformed nuclei located in the region with mass number  $A > 220$  were examined. Since experimental data is used in this review, the study is phenomenological in nature. The deformed cores included in the study are as follows;  ${}_{90}^{232}\text{Th}_{142}$ ,  ${}_{92}^{234}\text{U}_{142}$ ,  ${}_{92}^{236}\text{U}_{144}$ ,  ${}_{94}^{244}\text{Pu}_{150}$ ,  ${}_{96}^{248}\text{Cm}_{152}$ . While calculating the excited energy levels for these nuclei, all parameters of the main rotational band and anomalous rotational band were used. Collective Nuclear Model was used in the calculations. The theoretical results obtained were compared with experimental results and as a result, it was determined that they were compatible at low energy levels and incompatible at high energy levels.

**Key Words:** *Even-even nuclei, Deformed nuclei, Rotational motion, Vibrating motion.*

## GİRİŞ

Ağır iyonların hızlandırılması tekniği, geniş kütle bölgesindeki yüksek spinli çekirdeklerin incelenmesine imkan sağlayarak, Uranyum ardı çekirdeklerin bulunduğu bölgedeki en ağır çekirdeklerin de araştırılmasına olanak tanımıştır. Çekirdeklerin proton ve nötronlardan oluşan karmaşık yapısı, aktinitlerin, bazı nükleer modellerin deformasyonlara uygulanmasını ve incelenmesini mümkün kılmıştır. Özellikle  $Z=83$ 'den sonraki atomlarda proton sayısının artması, çekirdeklerin kabuksal yapıdan ayrılarak deformasyona uğramasına neden olur [1]. Kuantum kanununa göre, mikroskobik bir sistem dönme spektrumuna sahip ise küresel simetriye sahip değildir. Çekirdeklerin titreşim ve dönme spektrumları kolektif modelle açıklanabilmiştir. Bu modele göre, çekirdek deformasyonları çekirdek içindeki bütün parçacıkların kolektif hareketi sonucu oluşur. Bu harekette birçok nükleon nükleer özelliklere ortak bir şekilde katkı sağlar. Kolektif özelliklerin değişimi kütle numarası ile düzgün ve kademeli olarak gerçekleşir ve genellikle dolu alt kabuk dışındaki değerlik nükleonların cinsinden ve sayısından bağımsızdır [2]. Küresellikten önemli ölçüde sapmalara sahip olan çekirdeklere dönme durumu söz konusudur ve bunlar “deforme çekirdek” olarak adlandırılır. Deforme çekirdekler kütle numarası  $150 < A < 190$  ve  $A > 220$  olan bölgelerde yer alırlar ve büyük kuadropol momente sahiptirler. Bu çekirdeklerin ortak şekilleri dönen bir elipsoit olup  $A > 220$  kütle bölgesindeki çekirdekler aktinitler olarak adlandırılır. Aktinitler metaldir ve bunların bazı izotopları radyoaktif özelliğe sahiptir. Nükleer enerji üretiminde önemli bir yere sahip olan Toryum ve Uranyum Aktinitler grubunda yer alır [3-4]. Sihirli sayılarda oluşan çekirdekler küresel yapıdadır, fakat deforme özellikte değildir. Sihirli sayılardan uzaklaştıkça küresel duruma etkiyen nükleonlar kümesi çekirdeğin deforme olmasına sebep olurlar. Çekirdeklerin küresel yapısı kuadropol momenti ile de açıklanabilir; Çekirdeğin yapısı küresel ise kuadropol moment sıfırdır. Buna karşın çekirdeğin yapısı küresel değilse kuadropol moment de sıfırdan farklıdır. Mesela, en sade çekirdek olan Döteron küresel yapıda değildir, çünkü kuadropol momenti sıfırdan farklıdır [5-6].

Mevcut çalışmada kolektif modelden yararlanılarak bazı deforme olmuş çift-çift çekirdeklerin dönme spektrumları incelenmiştir. Çift-çift çekirdekler çift sayıda proton ve nötrona sahip çekirdeklerdir [7]. Çekirdeğin enine titreşimlerini temsil eden  $\gamma$  için  $0^0$ - $30^0$  arasındaki değerler kullanılarak uyarılmış enerji düzeyleri teorik olarak hesaplanmış ve elde edilen veriler deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

## MATERYAL METOT

Kuantum sayısı  $\tau$  'ya bağlı enerji denklemi  $I=2$  için şöyledir:

$$\varepsilon_{2,\tau} = \frac{3[3+(-1)^\tau\sqrt{9-8\sin^2(3\gamma)}]}{\sin^2(3\gamma)} \quad \tau=1,2 \quad (1)$$

Burada  $\gamma$  çekirdeğin enine titreşimlerini karakterize eden parametre,  $I$  ise çekirdeğin toplam açışal momentumunu ifade eder. Burada  $\tau=1$  alınarak  $\gamma$   $0^0$ ,  $10^0$ ,  $15^0$ ,  $20^0$ ,  $25^0$  ve  $30^0$  değerleri kullanıldı ve her açı değerine karşılık gelen  $\varepsilon_{2,\tau}$  değerleri elde edildi. Çift-

çift çekirdeklerin uyarılmış enerji seviyelerinin ( $\hbar^2/\beta\beta_0^2$  biriminde) değerlerini hesaplamak için (2) denklemi kullanıldı [8]:

$$E_{\lambda\tau}^v = \frac{v+\frac{1}{2}}{\mu_I^2} \sqrt{4 - \frac{3}{P_{IA}}} + \frac{(2P_{IA}-1)(P_{IA}-1)}{2\mu_I^4} - \frac{v_0+\frac{1}{2}}{\mu_I^2} \quad (2)$$

Burada  $v$ ,  $\beta$  titreşimlerinin kuant sayısını,  $\mu_I$  çekirdeğin genel deformasyon parametresini,  $P_{IA}$  uyarılmış durumdaki boyuna titreşimlerin temel durumdaki titreşimlere oranını ( $P_{IA} = \frac{\beta_I}{\beta_0}$ ) ifade etmektedir.  $P_{IA}$ 'nin  $\mu_I$  parametresine ve  $\Lambda$  sabitine bağlılığı aşağıdaki bağıntı ile bulunur ( $\Lambda$ , çekirdek enerjisini  $I$  ve  $\tau$  kuant sayıları ile temsil eden denklemleri ayırma sabiti) [9]:

$$P_{IA}^3(P_{IA} - 1) = \mu_I^2 \left[ 9\lambda(\lambda + 1) + \frac{\varepsilon_{\tau(I)}}{2} \right] \quad (3)$$

Çekirdeğin herhangi bir uyarılmış enerji seviyesindeki değerinin  $2^+$  spin değerinde uyarılmış enerji seviyesindeki değerine oranını elde etmek için (4) eşitliği kullanıldı:

$$R_{v\lambda} = \frac{E_{v\lambda}(I\tau)}{E_{00}(2I)} \quad (4)$$

Deformasyon parametresinin  $\mu_I=0.7$ ' den düşük değerleri için  $v$ 'nin ( $v = v_n \approx 0, 2, \dots$ ) yaklaşık olarak tam sayı değerler aldığı Matematiksel hesaplamalarla gösterilmiştir. Buna bağlı olarak kuantum sayılarının değerlerine göre çift-çift çekirdeklerin enerji spektrumları aşağıdaki durum bantlarına ayrılabilir:

$v = v_0 \approx 0$	$\lambda = 0$	$I = 0, 2, 4, \dots$ (Ana dönel bant)
$v = v_0 \approx 0$	$\lambda = 0$	$I = 2, 3, 4, \dots$ (Anomal dönel bant)
$v = v_1 \approx 1$	$\lambda = 0$	$I = 0, 2, 4, \dots$ (Dönel $\beta$ -titreşim bandı)
$v = v_0 \approx 0$	$\lambda = 1$	$I = 0, 2, 4, \dots$ (Dönel $\gamma$ -titreşim bandı)

## BULGULAR

Bu çalışmada önce (1) eşitliğinden yararlanıldı. Burada  $\tau=1$  olarak  $\gamma$  değerleri  $0^0$ ,  $10^0$ ,  $15^0$ ,  $20^0$ ,  $25^0$  ve  $30^0$  olarak kullanıldı. Her açıdaki değere karşılık gelen  $\varepsilon_{2,\tau}$  değerleri elde edildi. Davidov'un deneysel verilerine dayanarak (4) denkleminde  $\varepsilon_{\tau}(I)$  değerleri bulundu ve bu değerler (3) ifadesinde yerine konuldu. Bilgisayarda "Mathematica" programından yararlanılarak  $P_{IA}$ 'nın gerçek değerleri bulundu.  $P_{IA}$  değerleri (2) denkleminde yerine konularak enerji değerleri bulundu. Burada hem ana dönme bandının hem de anomal dönme bandının tüm parametreleri kullanıldı. Kolaylık sağlanması için mevcut çalışmada deneysel ve teorik sonuçların karşılaştırılmasında  $R(I)$  değerleri enerji değerleri yerine kullanıldı. Çalışmada kütle numarası  $A \geq 220$  olan bazı çift-çift çekirdekler için  $R(I\tau)$ ' ların teorik ve deneysel verileri hesaplandı ve karşılaştırıldı. Deneysel değerlere hangi  $\gamma$ - açısında en iyi şekilde yaklaşıldığı belirlendi.

Elde edilen veriler teorik sonuçların deneysel değerlerle uyumlu olduğunu göstermiştir. Hesaplamalarda  $\mu=0.2$  olarak alınmıştır.  ${}^{232}_{90}\text{Th}_{142}$ ,  ${}^{234}_{92}\text{U}_{142}$ ,  ${}^{236}_{92}\text{U}_{144}$ ,  ${}^{244}_{94}\text{Pu}_{150}$ ,  ${}^{248}_{96}\text{Cm}_{152}$  deforme çekirdekleri için deneysel ve teorik enerji düzeyleri aşağıdaki çizelgelere gösterilmiştir.

**Çizelge 1.**  ${}^{232}_{90}\text{Th}_{142}$  'un deneysel enerji düzeyleri

Ana Bant	Anomal $\tau=1$ Bandı
30* 5160.9	
28* 4630.4	
26* 4114.8	
24* 3618.2	
22* 3142.8	
20* 2690.4	
18* 2261.6	
16* 1858.2	
14* 1482.2	
12* 1136.8	
10* 826.8	
8* 557.0	
6* 333.2	
4* 162.1	
2* 49.4	
0* 0	
	12* 1800.1
	11* 1639.6
	10* 1512.1
	9* 1369.8
	8* 1260.1
	7* 1142.3
	6* 1050.7
	5* 960.0
	4* 890.3
	3* 829.5
	2* 784.9

**Çizelge 2.**  ${}^{232}_{90}\text{Th}_{142}$  'un  $R_{I,\tau}$  değerlerinin deneysel hesaplamaları

Ana Bant	Anomal $\tau=1$ Bandı
$R_{2,1} = 1$	$R_{2,1} = 1$
$R_{4,1} = 3,28137$	$R_{3,1} = 1,05682$
$R_{6,1} = 6,74493$	$R_{4,1} = 1,13428$
$R_{8,1} = 11,27530$	$R_{5,1} = 1,22308$
$R_{10,1} = 16,73684$	$R_{6,1} = 1,33864$
$R_{12,1} = 23,01214$	$R_{7,1} = 1,45534$
$R_{14,1} = 30,00404$	$R_{8,1} = 1,60542$
$R_{16,1} = 37,61538$	$R_{9,1} = 1,74519$
$R_{18,1} = 45,78137$	$R_{10,1} = 1,92648$
$R_{20,1} = 54,46153$	$R_{11,1} = 2,08892$
$R_{22,1} = 63,61943$	$R_{12,1} = 2,29341$
$R_{24,1} = 73,24291$	
$R_{26,1} = 83,29554$	
$R_{28,1} = 93,73279$	
$R_{30,1} = 104,47165$	

**Çizelge 3.**  $^{232}_{90}\text{Th}_{142}$ 'un  $\gamma$  değerlerine karşı gelen  $R_{I,\tau}$  değerlerinin ana dönel bant için teorik hesaplamaları

$R_{I,\tau}$	$\gamma=0^0$	$\gamma=10^0$	$\gamma=15^0$	$\gamma=20^0$	$\gamma=25^0$	$\gamma=30^0$
$R_{4,1}$	3,25472	3,24715	3,25565	3,25269	3,24838	3,24237
$R_{6,1}$	6,60610	6,58915	6,59971	6,58659	6,5657	6,54646
$R_{8,1}$	10,87670	10,84587	10,84832	10,8097	10,75972	10,71951
$R_{10,1}$	15,87792	15,81579	15,80841	15,72771	15,62700	15,54728
$R_{12,1}$	21,43742	21,15646	21,31087	21,17236	20,99914	20,87628
$R_{14,1}$	27,45527	27,30609	27,23428	27,01644	26,75339	26,57599
$R_{16,1}$	33,78878	33,58577	33,46128	33,15601	32,78543	32,53870
$R_{18,1}$	40,38312	40,10791	39,92428	39,51164	39,01797	38,70007
$R_{20,1}$	47,17832	46,82950	46,57633	46,04283	45,41266	45,01172
$R_{22,1}$	54,14293	53,71035	53,38090	52,71594	51,93809	51,44765
$R_{24,1}$	61,25676	60,73360	60,31975	59,51084	58,5721	57,98829
$R_{26,1}$	68,48817	67,87220	67,36498	66,40703	65,29624	64,61068
$R_{28,1}$	75,80826	75,08233	74,48233	73,36163	72,07197	71,27998
$R_{30,1}$	83,11109	82,31663	81,61088	80,32403	78,85006	77,95157

**Çizelge 4.**  $^{232}_{90}\text{Th}_{142}$ 'un  $\gamma$  değerlerine karşı gelen  $R_{I,\tau}$  değerlerinin anomal dönel bant için teorik hesaplamaları

$R_{I,\tau}$	$\gamma=0^0$	$\gamma=10^0$	$\gamma=15^0$	$\gamma=20^0$	$\gamma=25^0$	$\gamma=30^0$
$R_{3,1}$	1,05712	1,04951	1,05823	1,05513	1,05652	1,06185
$R_{4,1}$	1,13017	1,12807	1,13596	1,13541	1,13347	1,13873
$R_{5,1}$	1,22234	1,21456	1,22489	1,22332	1,22185	1,22854
$R_{6,1}$	1,33691	1,33102	1,33898	1,33902	1,33761	1,34421
$R_{7,1}$	1,45161	1,44464	1,45602	1,45491	1,45358	1,46009
$R_{8,1}$	1,59839	1,59137	1,60675	1,60635	1,60396	1,61064
$R_{9,1}$	1,73902	1,73236	1,74657	1,74545	1,74096	1,75076
$R_{10,1}$	1,91832	1,91268	1,92870	1,92541	1,91951	1,93233
$R_{11,1}$	2,07869	2,06927	2,09157	2,08801	2,08015	2,09704
$R_{12,1}$	2,27795	2,26842	2,29422	2,29178	2,28036	2,30138

**Çizelge 5.**  $^{234}_{92}\text{U}_{142}$  ' un deneysel enerji düzeyleri

Ana Bant	Anomal $\tau=1$ Bandı
<u>28*</u> 4295.0	
<u>26*</u> 3805.7	
<u>24*</u> 3336.7	
<u>22*</u> 2887.7	
<u>20*</u> 2462.2	
<u>18*</u> 2061.6	
<u>16*</u> 1686.0	
<u>14*</u> 1333.8	<u>7*</u> 1262.7
<u>12*</u> 1022.2	<u>6*</u> 1172.8
	<u>5*</u> 1093.1
	<u>4*</u> 1023.9
	<u>3*</u> 987.8
<u>10*</u> 739.4	<u>2*</u> 926.9
<u>8*</u> 495.3	
<u>6*</u> 294.6	
<u>4*</u> 142.0	
<u>2*</u> 43.5	
<u>0*</u> 0	

**Çizelge 6.**  $^{234}_{92}\text{U}_{142}$  ' un  $R_{I,\tau}$  değerlerinin deneysel hesaplamaları

Ana Bant	Anomal $\tau=1$ Bandı
$R_{2,1} = 1$	$R_{2,1} = 1$
$R_{4,1} = 3,26436$	$R_{3,1} = 1,04412$
$R_{6,1} = 6,77241$	$R_{4,1} = 1,10464$
$R_{8,1} = 11,38620$	$R_{5,1} = 1,17930$
$R_{10,1} = 16,99770$	$R_{6,1} = 1,26529$
$R_{12,1} = 23,49885$	$R_{7,1} = 1,36228$
$R_{14,1} = 30,66206$	
$R_{16,1} = 38,75862$	
$R_{18,1} = 47,39310$	
$R_{20,1} = 56,60229$	
$R_{22,1} = 66,38390$	
$R_{24,1} = 76,70574$	
$R_{26,1} = 87,48735$	
$R_{28,1} = 98,73563$	

**Çizelge 7.**  ${}_{92}^{234}U_{142}$ ' un  $\gamma$  değerlerine karşı gelen  $R_{I,\tau}$  değerlerinin ana dönel bant için teorik hesaplamaları

$R_{I,\tau}$	$\gamma=0^0$	$\gamma=10^0$	$\gamma=15^0$	$\gamma=20^0$	$\gamma=25^0$	$\gamma=30^0$
$R_{4,1}$	3,23521	3,23183	3,23564	3,23711	3,23202	3,22470
$R_{6,1}$	6,63303	6,61775	6,62647	6,61097	6,59265	6,52791
$R_{8,1}$	10,97842	10,94873	10,95572	10,91217	10,86050	10,81765
$R_{10,1}$	16,11267	16,05219	16,04048	15,95868	15,85395	15,77357
$R_{12,1}$	21,87099	21,76848	21,72994	21,58658	21,40684	21,28136
$R_{14,1}$	28,00950	27,85986	27,77866	27,55539	27,28418	27,10005
$R_{16,1}$	34,72494	34,50914	34,37968	34,05777	33,67198	33,41651
$R_{18,1}$	41,65740	41,17216	41,17705	40,74177	40,22473	39,88647
$R_{20,1}$	48,82398	48,45617	48,18823	47,62239	46,96092	46,53749
$R_{22,1}$	56,20805	55,91215	55,39753	54,68873	53,86624	53,34715
$R_{24,1}$	63,77175	63,21168	62,54659	61,90984	60,91184	60,29266
$R_{26,1}$	71,45245	70,78872	70,24680	69,22204	68,03925	67,31261
$R_{28,1}$	79,24949	78,47419	77,82622	76,62682	75,25090	74,41133

**Çizelge 8.**  ${}_{92}^{234}U_{142}$ ' un  $\gamma$  değerlerine karşı gelen  $R_{I,\tau}$  değerlerinin anomal dönel bant için teorik hesaplamaları



$R_{i,t}$	$\gamma=0^0$	$\gamma=10^0$	$\gamma=15^0$	$\gamma=20^0$	$\gamma=25^0$	$\gamma=30^0$
$R_{3,1}$	1,04443	1,04180	1,04449	1,04533	1,04295	1,04478
$R_{4,1}$	1,10158	1,10155	1,10571	1,10582	1,10630	1,10455
$R_{5,1}$	1,17784	1,17630	1,18092	1,17899	1,18104	1,17934
$R_{6,1}$	1,26052	1,26310	1,26455	1,26485	1,26495	1,26279
$R_{7,1}$	1,35601	1,35897	1,36225	1,36095	1,36033	1,35922

Çizelge 9.  $^{236}_{92}\text{U}_{144}$  'un deneysel enerji düzeyleri

Ana Bant	Anomal $\tau=1$ Bandı
<u>30* 5076.0</u>	
<u>28* 4548.0</u>	
<u>26* 4038.0</u>	
<u>24* 3549.0</u>	
<u>22* 3079.6</u>	
<u>20* 2630.4</u>	
<u>18* 2202.6</u>	
<u>16* 1799.6</u>	
<u>14* 1425.0</u>	
<u>12* 1084.0</u>	<u>5* 1126.7</u>
	<u>4* 1058.7</u>
	<u>3* 1001.4</u>
	<u>2* 958.1</u>
<u>10* 781.3</u>	
<u>8* 521.6</u>	
<u>6* 309.6</u>	
<u>4* 149.4</u>	
<u>2* 45.2</u>	
<u>0* 0</u>	

**Çizelge 10.**  $^{236}_{92}\text{U}_{144}$  'un  $R_{I,\tau}$  değerlerinin deneysel hesaplamaları

Ana Bant	Anomal $\tau=1$ Bandı
$R_{2,1} = 1$	$R_{2,1} = 1$
$R_{4,1} = 3,30530$	$R_{3,1} = 1,04477$
$R_{6,1} = 6,78947$	$R_{4,1} = 1,10499$
$R_{8,1} = 11,53982$	$R_{5,1} = 1,17597$
$R_{10,1} = 17,28539$	
$R_{12,1} = 23,98230$	
$R_{14,1} = 31,52654$	
$R_{16,1} = 39,81415$	
$R_{18,1} = 48,73008$	
$R_{20,1} = 58,19469$	
$R_{22,1} = 68,13274$	
$R_{24,1} = 78,51769$	
$R_{26,1} = 89,33628$	
$R_{28,1} = 100,61946$	
$R_{30,1} = 112,30088$	

**Çizelge 11.**  $^{236}_{92}\text{U}_{144}$  'un  $\gamma$  değerlerine karşı gelen  $R_{I,\tau}$  değerlerinin ana dönel bant için teorik hesaplamaları

$R_{I,\tau}$	$\gamma=0^0$	$\gamma=10^0$	$\gamma=15^0$	$\gamma=20^0$	$\gamma=25^0$	$\gamma=30^0$
$R_{4,1}$	3,27423	3,27166	3,27851	3,27605	3,26938	3,26447
$R_{6,1}$	6,64650	6,63046	6,64133	6,55127	6,60721	6,58823
$R_{8,1}$	11,12239	11,09159	11,09431	11,05468	11,00006	10,95773
$R_{10,1}$	16,37363	16,31001	16,29601	16,21127	16,10308	16,02134
$R_{12,1}$	22,29087	22,18548	22,14706	21,99599	21,81281	21,68255
$R_{14,1}$	28,73972	28,58121	28,49596	28,26092	27,97981	27,78798
$R_{16,1}$	35,58632	35,36162	35,22391	34,88793	34,48296	34,21998
$R_{18,1}$	42,71126	42,41524	42,20812	41,75253	41,21598	40,86734
$R_{20,1}$	49,91120	49,65753	49,37705	48,79115	48,09848	47,66141
$R_{22,1}$	57,50269	57,02750	56,66167	55,92756	55,07609	54,53906
$R_{24,1}$	65,07539	64,50010	64,04370	63,15653	62,12495	61,48607
$R_{26,1}$	72,74592	72,06472	71,50599	70,45483	69,23868	68,49467
$R_{28,1}$	80,53349	79,74304	79,07608	77,84488	76,43538	75,58069
$R_{30,1}$	88,38553	87,47833	86,69830	85,29041	83,67461	82,69983

**Çizelge 12.**  ${}^{236}_{92}\text{U}_{144}$ ' un  $\gamma$  değerlerine karşı gelen  $R_{I,\tau}$  değerlerinin anomal dönele bant için teorik hesaplamaları

$R_{I,\tau}$	$\gamma=0^{\circ}$	$\gamma=10^{\circ}$	$\gamma=15^{\circ}$	$\gamma=20^{\circ}$	$\gamma=25^{\circ}$	$\gamma=30^{\circ}$
$R_{3,1}$	1,04443	1,04180	1,04727	1,04533	1,04521	1,04478
$R_{4,1}$	1,10158	1,10155	1,10571	1,10582	1,10630	1,10455
$R_{5,1}$	1,17464	1,17032	1,17813	1,17645	1,17651	1,17506

**Çizelge 13.**  ${}^{244}_{94}\text{Pu}_{150}$ ' un deneysel enerji düzeyleri

Ana Bant	Anomal $\tau=1$ Bandı
<u>26<sup>+</sup> 4130,8</u>	
<u>24<sup>+</sup> 3673,1</u>	
<u>22<sup>+</sup> 3201,1</u>	
<u>20<sup>+</sup> 2729,1</u>	
<u>18<sup>+</sup> 2277,6</u>	
<u>16<sup>+</sup> 1853,8</u>	
<u>14<sup>+</sup> 1462,8</u>	
<u>12<sup>+</sup> 1109,1</u>	
<u>10<sup>+</sup> 796,7</u>	<u>2<sup>+</sup> 1015,0</u>
<u>8<sup>+</sup> 530,2</u>	
<u>6<sup>+</sup> 313,8</u>	
<u>4<sup>+</sup> 151,4</u>	
<u>2<sup>+</sup> 46,0</u>	
<u>0<sup>+</sup> 0</u>	

Çizelge 14.  $^{244}\text{Pu}_{150}$  'un  $R_{l,\tau}$  değerlerinin deneysel hesaplamaları

Ana Bant	Anomal $\tau=1$ Bandı
$R_{2,1} = 1$	$R_{2,1} = 1$
$R_{4,1} = 3,29130$	
$R_{6,1} = 6,82173$	
$R_{8,1} = 11,52608$	
$R_{10,1} = 17,31956$	
$R_{12,1} = 24,11086$	
$R_{14,1} = 31,80000$	
$R_{16,1} = 40,30000$	
$R_{18,1} = 49,51304$	
$R_{20,1} = 59,32826$	
$R_{22,1} = 69,58913$	
$R_{24,1} = 79,85000$	
$R_{26,1} = 89,80000$	

Çizelge 15.  $^{244}\text{Pu}_{150}$  'un  $\gamma$  değerlerine karşı gelen  $R_{l,\tau}$  değerlerinin ana dönel bant için teorik hesaplamaları

$R_{l,\tau}$	$\gamma=0^\circ$	$\gamma=10^\circ$	$\gamma=15^\circ$	$\gamma=20^\circ$	$\gamma=25^\circ$	$\gamma=30^\circ$
$R_{4,1}$	3,26122	3,25634	3,26422	3,26307	3,25769	3,25121
$R_{6,1}$	6,67680	6,66226	6,67403	6,65976	6,63908	6,61841
$R_{8,1}$	11,11186	11,07497	11,08188	11,04042	10,98970	10,94297
$R_{10,1}$	16,40307	16,34142	16,32553	16,24139	16,13602	16,05268
$R_{12,1}$	22,40282	22,29912	22,25416	21,82113	21,91757	21,78796
$R_{14,1}$	28,97046	28,80837	28,72138	28,48580	28,19841	28,00549
$R_{16,1}$	35,98060	35,75329	35,60964	35,26953	34,85654	34,58946
$R_{18,1}$	43,32719	43,02366	42,80835	42,34592	41,79332	41,43983
$R_{20,1}$	50,90565	50,50863	50,01349	49,61778	48,90761	48,45661
$R_{22,1}$	58,57921	58,08781	57,71225	56,95574	56,07811	55,52759
$R_{24,1}$	66,03215	65,44305	64,97094	64,11334	63,01568	62,36211
$R_{26,1}$	73,07044	72,38486	71,82429	70,75982	69,54104	68,78843

Çizelge 16.  $^{248}\text{Cm}_{152}$  'un deneysel enerji düzeyleri

Ana Bant	Anomal $\tau=1$ Bandı
<u>30*</u> 5106.8	
<u>28*</u> 4565.0	
<u>26*</u> 4130.8	
<u>24*</u> 3553.7	
<u>22*</u> 3078.3	
<u>20*</u> 2622.6	
<u>18*</u> 2188.7	
<u>16*</u> 1780.5	
<u>14*</u> 1403.2	
<u>12*</u> 1061.7	<u>2*</u> 1048.0
<u>10*</u> 760.9	
<u>8*</u> 505.1	
<u>6*</u> 298.2	
<u>4*</u> 143.6	
<u>2*</u> 43.4	
<u>0*</u> 0	

Çizelge 17.  $^{248}_{96}\text{Cm}_{152}$ ' un  $R_{I,\tau}$  değerlerinin deneysel hesaplamaları

Ana Bant	Anomal $\tau=1$ Bandı
$R_{2,1} = 1$	$R_{2,1} = 1$
$R_{4,1} = 3,30875$	
$R_{6,1} = 6,87096$	
$R_{8,1} = 11,63824$	
$R_{10,1} = 17,53225$	
$R_{12,1} = 24,46313$	
$R_{14,1} = 32,33179$	
$R_{16,1} = 41,02764$	
$R_{18,1} = 50,43087$	
$R_{20,1} = 60,42857$	
$R_{22,1} = 70,92857$	
$R_{24,1} = 81,88248$	
$R_{26,1} = 93,28801$	
$R_{28,1} = 105,18433$	
$R_{30,1} = 117,66820$	

**Çizelge 18.**  $^{248}_{96}\text{Cm}_{152}$  'un  $\gamma$  değerlerine karşı gelen  $R_{I,\tau}$  değerlerinin ana dönme bant için teorik hesaplamaları

$R_{I,\tau}$	$\gamma=0^\circ$	$\gamma=10^\circ$	$\gamma=15^\circ$	$\gamma=20^\circ$	$\gamma=25^\circ$	$\gamma=30^\circ$
$R_{4,1}$	3,27749	3,27472	3,28138	3,27865	3,27406	3,26890
$R_{6,1}$	6,72396	6,70996	6,71868	6,70586	6,68566	6,66719
$R_{8,1}$	11,2138	11,1814	11,18484	11,14601	11,08818	11,04633
$R_{10,1}$	16,16408	16,52998	16,51599	16,42828	16,32017	16,23575
$R_{12,1}$	22,70823	22,60021	22,55871	22,40371	22,21204	22,07979
$R_{14,1}$	29,41679	29,24838	29,15876	28,91655	28,62449	31,41545
$R_{16,1}$	36,56748	36,33660	36,18823	35,83680	35,41732	35,14104
$R_{18,1}$	44,04785	43,73207	43,51552	43,03494	42,47272	42,10623
$R_{20,1}$	51,74118	51,33268	51,03251	50,41337	49,68845	49,22833
$R_{22,1}$	59,56464	59,06136	58,67061	57,89631	56,99553	56,43532
$R_{24,1}$	67,48535	66,87989	66,38575	65,44913	64,36183	63,68985
$R_{26,1}$	75,50073	74,77825	74,17908	73,06604	71,78473	71,00200
$R_{28,1}$	83,62768	82,79033	82,07606	80,78024	79,28785	78,38518
$R_{30,1}$	91,93293	90,96862	90,13451	88,64594	86,93319	85,90534

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Kütle numarası  $A > 220$  bölgesinde bulunan bazı deforme çekirdekte ana ve anomal dönme bantı incelenmiştir. Enerji düzeyleri gerekli parametreler kullanılarak elde edilmiş ve  $R_{I,\tau}$  'nin deneysel ve teorik verileri bulunmuştur. Enerji değerleri ( $\hbar/\beta\beta_0^2$ ) biriminde bulunmuştur. Bu birim cinsinden enerji değerlerini karşılaştırmak zor

olabileceğinden dolayı  $R_{I,\tau}$  değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan çekirdeklerden  ${}^{244}_{94}\text{Pu}_{150}$  ve  ${}^{248}_{96}\text{Cm}_{152}$  için anomal dönme bandına ait deneysel değerler olmadığı için teorik inceleme yapılamamıştır. Yapılan hesaplamalara göre, ana dönme bandına göre anomal dönme bandının deneysel sonuçlarla daha uyumlu olduğu gösterilmiştir. Ana dönme bandı hesaplamalarında en iyi uyum  $\gamma=0^0$  ve  $\gamma=15^0$  değerlerinde olduğu belirlenmiştir. Sonuçların düşük ( $I < 14$ ) spin değerlerinde uyumlu, buna karşın yüksek spin değerlerinde ( $I > 14$ ) ise uyumsuz olduğu kanıtlanmıştır. Anomal hesaplamalarda ise hemen hemen her  $\gamma$  değerinde elde edilen sonuçlar deneysel sonuçlarla uyumludur. Bu da spin değerlerinin yüksek olmamasından kaynaklı olabilir.

Teorik ve deneysel olarak kanıtlanmıştır ki;  $\frac{E(4^+)}{E(2^+)}$  oranı kapalı kabuğa yakın olan çekirdekler dışında  $A > 230$  kütle bölgesindeki çekirdeklerde 3,3 değerdedir ve bu değer sabittir [10]. Kabuktan uzaklaştıkça çift-çift çekirdeklerde, dönme spektrumları ile karakterize olan kayıp nükleonlar kalıcı deformasyonlara sebep olur.

Mevcut çalışma fenomenolojik bir çalışma olup daha iyi uyumun olabilmesi için, mikroskobik teoriye geçişin olması ve nükleon etkileşimlerinin daha ayrıntılı incelenmesi gerektiği düşünülmektedir. Mikroskobik düzeydeki araştırmaların genişletilmesi, çekirdeklerin deformasyonlarına neden olan temel etkileşimleri daha iyi anlamamıza ve çekirdek yapılarını daha doğru bir şekilde modellememize olanak sağlayabilir. Bu da, çekirdek fiziği alanında yeni keşiflere ve daha kapsamlı bir anlayışa yol açabilir.

### Teşekkür

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Anabilim dalında gerçekleştirilen Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

### KAYNAKLAR

- [1] Robotnov, N.S., Seregin. A.A., *Nucl. Phys.* (1969), A10, 286.
- [2] Bohr, A., Mottelson, B., *Kgl. dansk. vid. Selsk. Mat. Phys. Med.* (1953), 27, 16.
- [3] Faesler, A., Grainer, W., Sheline R.K., *Phys. Rev.* (1964), B135,591.
- [4] Karaca, G., Deforme çekirdeklerin kuadropol momentlerinin deformasyon parametresine bağımlılığı, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, (2006).
- [5] Daştan, Ç., Çift-Çift deforme çekirdeklerin genel sistematiği, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, (2009).
- [6] Küçük, S., İleri deforme çekirdeklerde çok kutupluluk ve kuadropol momentlerinin incelenmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, (2007).
- [7] Rasimgil, R., Demirel, A.İ., Çakır, T., *Bulletin of and Applied sciences, India*, (2001), 20D (2) 139-144.
- [8] Davidov, A.S., Возбужденные Состояния Атомных Ядер. Atom yayınları, Moskova, (1967).
- [9] Davidov, A.S., Filippov, C.F., *Deneysel ve Teorik Fizik Dergisi (JTF)*, (1958), 35(440) 36(1467).
- [10] Kenneth, S.K., *Introductory Nuclear Physics*. Oregonstate Universty, 1. Rev. Ed. K73 U.S.A, (1987).