

Açısal Korelasyonlar Metodu ile ^{160}Dy Çekirdeğinin Geçişlerinin Çok Kutuplu Karışımlarının İncelenmesi

İhsan ULUER *

ÖZET

^{160}Dy deforme olmuş çekirdekler arasında ilginç bir durum göstermekte ve araştırmalar için bir kaynak oluşturmaktadır. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda bu izotop üzerinde yapılan araştırmalarda henüz aydınlığa kavuşmamış bazı noktaların bu çalışmada yapılan deneylerle açıklık kazanması amacı güdülmüştür. Uzun çalışmalar neticesinde ^{160}Dy izotopunun elektromanyetik geçişlerinin pek çoğunun çok - kutuplu (multipol) karışımları bulunmuş, söz konusu problemlerin çözümlenmesini mümkün kılacak sonuçlar elde edilmiştir.

Parite değişimi $(-) \rightarrow (+)$ olan geçişlerin çoğunlukla E1 ve pariteleri $(+) \rightarrow (+)$ olan geçişlerin genellikle E2 oldukları görülmüştür.

$2^+ - 2^+$ geçişleri için yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen neticelerle bu konuda yapılabilen teorik çalışmalar arasında iyi bir uyum görülmüştür.

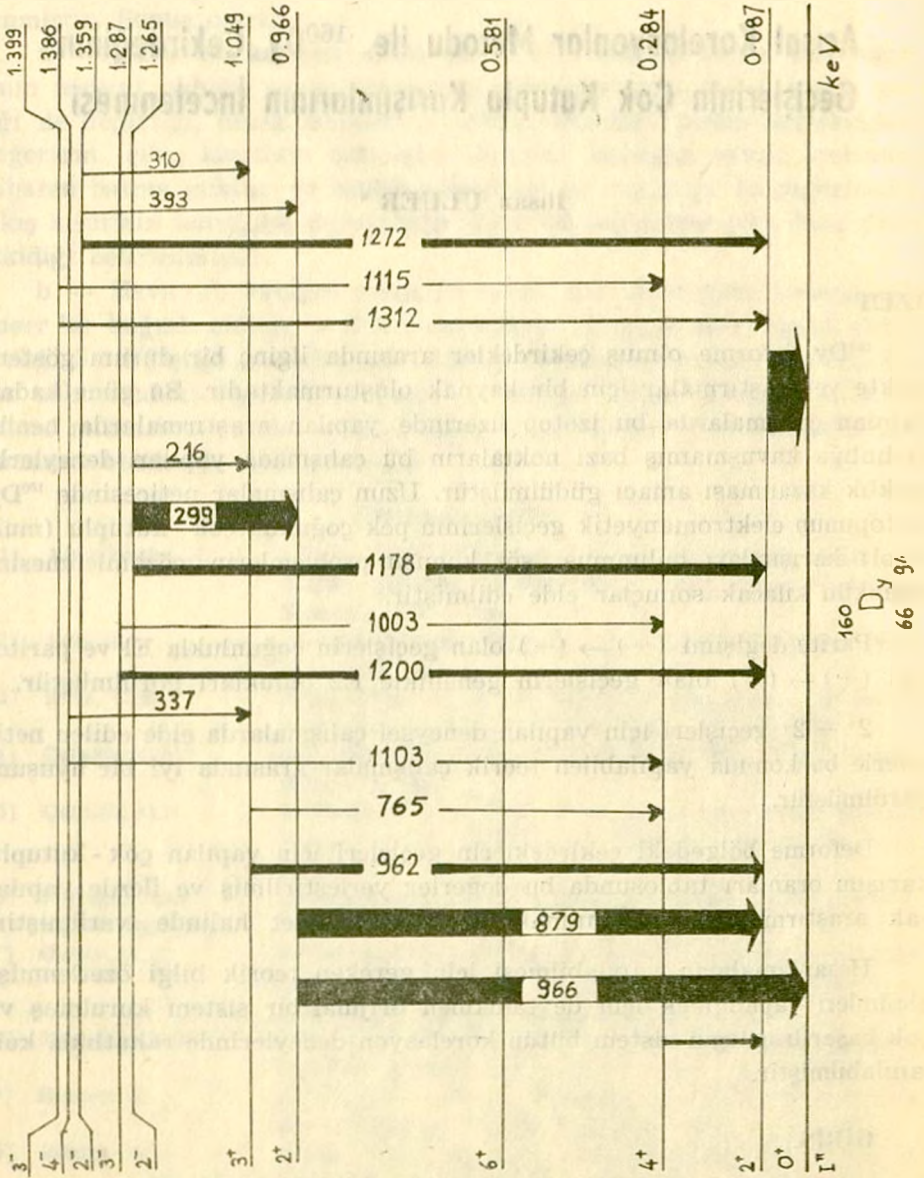
Deforme bölgedeki çekirdeklerin geçişleri için yapılan çok - kutuplu karışım oranları tablosunda bu değerler yerleştirilmiş ve ileride yapılacak araştırmalarda kullanılmak üzere tablo özet halinde verilmiştir.

Hesaplamaların yapılabilmesi için gereken teorik bilgi özetlenmiş; ölçümleri yapabilmek için de tamamen orijinal bir sistem kurulmuş ve çok başarılı çalışan sistem bütün korelasyon deneylerinde rahatlıkla kullanılabilmiştir.

GİRİŞ.

^{160}Dy deforme olmuş çekirdekler gurubunun ortalarında bulunması dolayısı ile ilginç bir durum arz etmektedir. Bu çekirdek ^{160}Tb 'un β^- bo-

* S.D.M.M.A. Fizik Öğretim Görevlisi Dr.



Şek. 1. ^{160}Dy 'un bastırılmış uyandırılmış seviyeleri

zunumunu 30 'dan fazla geçişle takip eder. Son yıllarda bu izotopla ilgili çalışmalar yapılmışsada (1 - 13, 14, 15) bazı geçişlerin multipolları (çokkutuplulukları) henüz kesinlik kazanmamıştır. Bu çalışmada yapılan deneylerde ^{160}Dy 'un geçişleri arasındaki korelasyonlar ölçülmüş ve yoğun olan bazı ışınların çokkutupluluk özellikleri tesbit edilmiştir. ^{160}Dy un basitleştirilmiş bozunum şeması şekil - 1 de görülmektedir.

KAYNAĞIN HAZIRLANIŞI.

Radyoaktif ^{160}Tb , TbCl_3 halinde hidroklorik asitte eritilmiş olarak temin edilmiş ve 2 mm çapındaki 0,3 cm lik bir cam tüpe doldurulup ağzı polietilen bir kapakla kapatılmıştır. Bu tüp dedektörler arasındaki milimetrik bir kayıcı üzerinde tesbit edilmiş ve deneyler bununla yapılmıştır.

Tablo - 1) 87 keV ile çakışma halinde bulunan geçişler için elde edilen ortalama korelasyon katsayıları.

| Enerji (keV) | $A_{G_2}G_{22}$ | $A_{G_4}G_{44}$ |
|-----------------|-----------------------|----------------------|
| 197 | $0,0371 \pm 0,0099$ | $0,0080 \pm 0,0236$ |
| 216 | $-0,0464 \pm 0,0142$ | $0,0004 \pm 0,0264$ |
| 299 | $-0,0701 \pm 0,0867$ | $0,0004 \pm 0,0096$ |
| 310 | $-0,1968 \pm 0,0397$ | $-0,0082 \pm 0,0535$ |
| 393 | $-0,0378 \pm 0,0739$ | $0,1485 \pm 0,0751$ |
| 765 | $0,0967 \pm 0,0513$ | $0,0336 \pm 0,0938$ |
| 879 | $-0,0481 \pm 0,0078$ | $0,2254 \pm 0,0123$ |
| 962 | $-0,1048 \pm 20,0196$ | $-0,0733 \pm 0,0169$ |
| 1178 | $0,1447 \pm 0,0300$ | $0,0653 \pm 0,0379$ |
| 1200 | $-0,1086 \pm 0,0618$ | $-0,0103 \pm 0,0532$ |
| 1272 | $0,1763 \pm 0,0182$ | $-0,0258 \pm 0,0285$ |
| 1312 | $-0,0743 \pm 0,0295$ | $-0,0701 \pm 0,0399$ |

Şekil - 2. de görülen orijinal sistemle yapılan açısız korelasyon deneyleri ile bulunan neticeler en küçük kareler metodu ile açısız korelasyon fonksiyonuna uydurulmuş ve bu fonksiyonun ilgili katsayıları bulunmuştur. Bu katsayıların listesi Tablo - 1 de görülmektedir.

KORELASYONLARIN İNCELENMESİ.

GİRİŞ.

Şekil - 1 de görülen basitleştirilmiş bozunum şeması dikkate alınacak olursa $2^+(87 \text{ keV})0^+$ ile direkt korelasyon halinde bulunan geçişler $4^+(197 \text{ keV})2^+$, $2^+(879 \text{ keV})2^+$, $3^+(962 \text{ keV})2^+$, $2^-(1178 \text{ keV})2^+$, $3^-(1200 \text{ keV})2^+$, $2^-(1272 \text{ keV})2^+$, ve $3^-(1312 \text{ keV})2^+$ ışınlarıdır. Bunlar için elde edilen A_{22} ve A_{44} katsayıları Tablo - 2 de verilmiştir.

$2^+(87 \text{ keV})0^+$ ile dolaylı olarak korelasyon halinde bulunan geçişler ise aşağıdaki durumu arz etmektedirler :

$$(i) \quad 2^-(216 \text{ keV})3^+[(962 \text{ keV})2^+ + (765 \text{ keV})4^+$$

$$(197 \text{ keV})2^+](87 \text{ keV})0^+$$

$$(ii) \quad 2^-(299 \text{ keV})2^+[879 \text{ keV})2^+(87 \text{ keV})0^+$$

$$(iii) \quad 2^-(310 \text{ keV})3^+[(962 \text{ keV})2^+ + (765 \text{ keV})4^+(197 \text{ keV})2^+$$

$$(87 \text{ keV})0^+$$

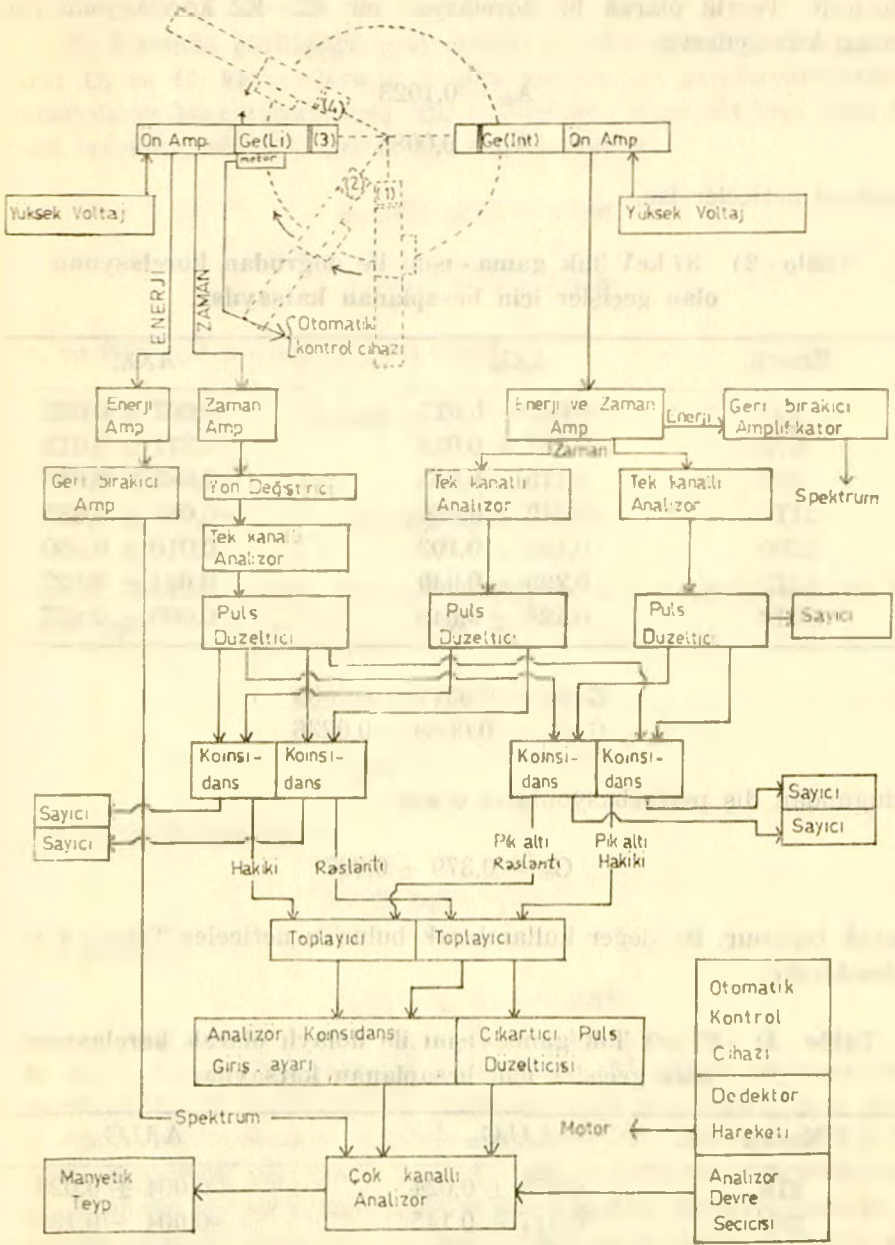
$$(iv) \quad 2^-(393 \text{ keV})2^+[879 \text{ keV})2^+(87 \text{ keV})0^+$$

$$(v) \quad 3^+(765 \text{ keV})4^+(197 \text{ keV})2^+(87 \text{ keV})0^+$$

bu korelasyonlarla ilgili olarak elde edilen A_2 ve A_4 katsayıları Tablo - 3 te görülmektedir.

DOĞRUDAN KORELASYONLAR.

Bu korelasyonların tamamı $2^+(87 \text{ keV})$ seviyesini ilgilendirmektedir. Bu seviyenin yarı ömrü 2,6 nanosaniye olduğundan dış perturbationlara maruz kalmaktadır. Bunların başında nükleer elektrik kvadropol momentinin sıvı kaynaktaki alanın gradyenti ile interaksyonu ve nükleer manyetik dipol momentinin D_y atomunda boş olan 4f elektron kabuğunun meydana getirdiği büyük paramagnetik alanla interaksyonu gelmektedir.



Şek. 2. Deneysel Sistemin Blok Diyagramı

Bunun hesabını yapabilmek için $4^+ \rightarrow 2^+ \rightarrow 0^+$ korelasyonu bilmek yeterlidir. Teorik olarak bu korelasyon bir E2-E2 korelasyonu olduğundan katsayıları :

$$A_{22} = 0,1023$$

$$A_{44} = 0,0085$$

Deneyisel neticeler ise

Tablo - 2) 87 keV 'luk gama - ışını ile doğrudan korelasyonu olan geçişler için hesaplanan katsayılar.

| Enerji | $A_2 G_{22}$ | $A_4 G_{44}$ |
|--------|--------------------|--------------------|
| 197 | $-0,062 \pm 0,017$ | $0,007 \pm 0,022$ |
| 879 | $0,087 \pm 0,013$ | $-0,211 \pm 0,012$ |
| 962 | $0,175 \pm 0,033$ | $0,682 \pm 0,016$ |
| 1178 | $-0,242 \pm 0,050$ | $-0,061 \pm 0,035$ |
| 1200 | $0,182 \pm 0,103$ | $0,010 \pm 0,050$ |
| 1272 | $-0,295 \pm 0,030$ | $0,024 \pm 0,027$ |
| 1312 | $0,124 \pm 0,049$ | $0,065 \pm 0,037$ |

$$G_{22} A_{22} = 0,0371 \pm 0,0099$$

$$G_{44} A_{44} = 0,0080 \pm 0,0236$$

olduğundan dış perturbasyonların etkisi

$$G_{22} = 0,379 \pm 0,097$$

olarak bulunur. Bu değer kullanılarak bulunan neticeler Tablo - 4 te görülmektedir.

Tablo - 3) 87 keV 'luk gama - ışını ile dolaylı olarak korelasyonu olan geçişler için hesaplanan katsayılar.

| Enerji | $A_2 U_2 G_{22}$ | $A_4 U_4 G_{44}$ |
|--------|--------------------|--------------------|
| 216 | $0,078 \pm 0,024$ | $-0,004 \pm 0,025$ |
| 299 | $0,117 \pm 0,145$ | $-0,004 \pm 0,139$ |
| 310 | $-0,049 \pm 0,664$ | $0,008 \pm 0,050$ |
| 393 | $0,063 \pm 0,124$ | $-0,139 \pm 0,070$ |
| 765 | $-0,162 \pm 0,086$ | $-0,090 \pm 0,048$ |

DOLAYLI KORELASYONLAR.

II. bölümde görüldüğü gibi dolaylı korelasyonlar görülmeyen ışınların U_2 ve U_4 katsayılarının hesaba katılmasını gerektirmektedir. Bu katsayıların hesaplanabilmesi için iç dönüşüm katsayılarının (16) bilinmesi lazımdır. 962 keV geçişi için bu katsayılar :

$$\alpha_T(962 \text{ keV}) = 0,006$$

$$\beta_T(962 \text{ keV}) = 0,005$$

dir, ve 962 keV 'nin de karışım oranı

$$\delta(962 \text{ keV}) = -3,5$$

olduğuna göre

$$U_2(962 \text{ keV}) = 0,24$$

bulunur. Benzer şekilde 879 keV geçişinin, ara geçiş katsayısını bulabilmek için

$$\alpha_T(879 \text{ keV}) = 0,004$$

$$\beta_T(879 \text{ keV}) = 0,007$$

ve bulunan karışım oranı

$$\delta(879 \text{ keV}) = 14,1$$

kullanılarak :

$$U_2(879 \text{ keV}) = -0,21$$

elde edilir. Ancak $2(299 \text{ keV})^2(879 \text{ keV})^2(87 \text{ keV})^0$ korelasyonunun çözümünde bu U_2 değeri kullanıldığında $-0,21$ değerinin uygun bir netice vermesinin mümkün olmadığı görülmektedir. 299 keV; 879 keV ve 87 keV ışınlarının çok kuvvetli şiddete sahip olmaları bu korelasyondan elde edilen katsayıların muhakkak doğru olmasını gerektirmektedir. Dolayısı ile 879 keV geçişinin $E0$ multipolüne sahip olması kuvvetle muhtemeldir. Aslında daha önce yapılan bir çalışmada (14) aynı durumla karşılaşılmış; fakat bunun neden ileri geldiği belirtilememiştir.

Ara geçiş katsayısını açıkça yazacak olursak (17):

$$U_k(JJ) = \begin{Bmatrix} J & J & k \\ J & J & 0 \end{Bmatrix} \langle E0 \rangle_e^2 - \begin{Bmatrix} J & J & k \\ J & J & 1 \end{Bmatrix} [1 + \beta_T(M1)] \langle M1 \rangle_j^2 + \\ + \begin{Bmatrix} J & J & k \\ J & J & 2 \end{Bmatrix} [1 + \alpha_T(E2)] \langle E2 \rangle_e^2$$

burada $\langle E0 \rangle_e$, $\langle M1 \rangle_j$ ve $\langle E2 \rangle_e$, E0, M1 ve E2 için kısaltılmış matris elemanlarıdır. (M1) ve (E2) toplam iç dönüşüm katsayılarıdır. Şiddet oranlarını

$$\delta^2 = \frac{\langle M1 \rangle_j^2}{\langle E2 \rangle_e^2} \quad \text{ve} \quad q^2 = \frac{\langle E0 \rangle_e^2}{\langle E2 \rangle_e^2}$$

olarak tarif eder ve

$$\Delta^2 = \frac{1 + \beta_T}{1 + \alpha_T} \delta^2 = \frac{T(M1; J \rightarrow J)}{T(E2; J \rightarrow J)}$$

$$Q^2 = \frac{\alpha_T}{1 + \alpha_T} q^2 = \frac{T(E0; J \rightarrow J)}{T(E2; J \rightarrow J)}$$

yazacak olursak 2^o durumları için

$$U_2(22) = \frac{1}{1 + \Delta^2 + Q^2} \left(Q^2 + \frac{1}{2} \Delta^2 - \frac{3}{14} \right) \quad (i)$$

dir. $\delta(299 \text{ keV})$ saf E1 kabul edilirse :

$$F_2^1(1122) = -0,418$$

$$F_2^3(2202) = -0,598$$

$$G_{22} = +0,363$$

$$G_{22} A_{22} = -0,0701 \pm 0,0090$$

ve dolayısı ile

$$U_{22}(879 \text{ keV}) = -0,772 \pm 0,099$$

bulunur. $\delta(879 \text{ keV})$ bilindiğinden bu değer

$$\Delta^2 = 196,6$$

ile beraber kullanılacak olursa (i) eşitliğinden :

$$Q^2 \cong 238$$

gibi büyük bir değer vermekte ve E0 iddiasının doğruluğunu göstermektedir.

Daha önce bulunan α_T değeri kullanılırsa E0/E2 karışım oranı :

$$q(E0) = |0,97|$$

olarak bulunur.

NETİCELER ÜZERİNDE TARTIŞMA

Çeşitli geçişler içinde elde edilen karışım oranları Tablo 7'de görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda $2^-(299 \text{ keV})2^+$ ve $2^-(393 \text{ keV})2^+$ geçişlerinin çok küçük M2 değerine ve dolayısıyla oldukça kuvvetli E1 çokkutuplusuna sahip olduğu görülmüş; ancak ölçümler çok hatalı olduğundan bu neticeler kesinleşmemiştir. Yapılan deneyler neticesinde daha sağlam değerler elde edilebilmiş ve E1 karakterine ek olarak bu geçişleri $2^+(87 \text{ keV})0^+$ geçişine bağlayan $2^+(879 \text{ keV})2^+$ geçişinin de E2 çokkutuplusundan başka E0'da ihtiva ettiğini kuvvetle belirtmiştir.

Önceki çalışmalarda $3^+(962 \text{ keV})2^+$ korelasyonuna 966 keV'nin raslantı çakışmaları ve 299 keV'nin Compton kısmı tesir etmekteydi. Kurulan yeni sistemde bu etkiler ortadan kalkmakta ve dolayısıyla daha sıhhatli bir netice elde edilmektedir.

Esasen çok zayıf bir ışın olan $3^+(765 \text{ keV})4^+$, 962 keV ve 966 keV gama ışınlarının Compton'unun etkisi altında kalmakta ve dolayısıyla neticeler çok güvenilir bir durum göstermekte idi. Yapılan çalışmalar neticesinde bu engel ortadan kalkmış olmaktadır.

$2^+(879 \text{ keV})2^+$ geçişi, kuvvetli olduğundan burada hata yapma ihtimali çok azdır; ancak daha evvelki araştırmalarda 962 keV ve 966 keV Compton tesirlerinin etkisi büyük olmuştur. Yapılan deneyler, bu sebepleri ortadan kaldırmış ve neticeyi oldukça kesinleştirmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalar gibi, bu araştırmada da $2^-(1178 \text{ keV})2^+$ ve $2^-(1272 \text{ keV})2^+$ ölçümleri yapılmış, ancak süre uzun tutularak istatistikî hata mümkün olduğu kadar azaltılmağa çalışılmıştır.

Tablo - 4) Çeşitli geçişler için elde edilen karışım oranları.
(Hesaplamalarda Krane ve Stefen'in (34) notasyonu kullanılmıştır.)

| İlk Seviye (ke V) | Enerji (ke V) | Spin ve parite | | Karışım Oranı | |
|-----------------------|------------------|-------------------|-------|--|--|
| | | | | $E2/M1$ | $M2/E1$ |
| 1399 | 1312 | 3^- | 2^+ | — | $0,0 \begin{matrix} +0,11 \\ -0,01 \end{matrix}$ |
| 1359 | 1272 | 2^- | 2^+ | — | $-0,59 \pm 0,21$ |
| | 393 | 2^- | 2^+ | — | $-0,34 \begin{matrix} +0,17 \\ -0,20 \end{matrix}$ |
| | 310 | 2^- | 3^+ | — | $-0,21 \leq \delta \leq 0,02$ |
| 1287 | 1200 | 3^- | 2^+ | — | $-0,13 \begin{matrix} +0,02 \\ -0,03 \end{matrix}$ |
| 1265 | 1178 | 2^- | 2^+ | — | $-0,67 \begin{matrix} +0,12 \\ -0,60 \end{matrix}$ |
| | 299 | 2^- | 3^+ | — | 0,0 |
| | 216 | 2^- | 2^+ | — | $-0,82 \begin{matrix} +0,29 \\ -0,24 \end{matrix}$ |
| 1049 | 962 | 3^+ | 2^+ | $3,5 \begin{matrix} +0,8 \\ -1,3 \end{matrix}$ | — |
| | 765 | 3^+ | 4^+ | $-2,9 \begin{matrix} +1,8 \\ -4,9 \end{matrix}$ | — |
| 962 | 879 | 2^+ | 2^+ | $14,1 \begin{matrix} +10,4 \\ -3,7 \end{matrix}$ | — |
| $q(E0/E2) = 0,97 $ | | | | | |
| 284 | 197 | 4^+ | 4^+ | ∞ | — |
| 87 | 87 | 2^+ | 0^+ | ∞ | — |

$2^- (216 \text{ keV}) 2^+$ üzerinde evvelce yapılan ölçümler, adeta korelasyon yokmuş gibi bir netice veriyor ve bir takım karışıklıklara sebep oluyordu. Halbuki şimdi bu korelasyondan da yeterli bir netice alabilmek mümkün olmuştur.

Tablo - 5) Deforme bölgede bazı izotopların gama - bandlarını temel banda birleştiren geçişlerin E2/M1 karışım oranları.

| Çekirdek | 2 _g -2 | 3 _g -2 _g | 3 _g -4 _g | 4 _g -4 _g |
|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 152 _{S_m} | -9,5(2) ⁽¹⁸⁾ | -8,0(9) ⁽²³⁾ | -7,0(3) ⁽¹⁸⁾ | -2,8(3) ⁽¹⁸⁾ |
| 154 _{Gd} | 10,0 ^{+0,7(x)} -1,2 | -7,0 ^{+2,7(x)} -3,0 | -5,7 ^{+1,2(x)} -1,9 | -4,9(6) ^(x) |
| 156 _{Gd} | -6,5 ^{+2,6(x)} -7,9 | -11,8 ^{+0,6(x)} -0,7 | -11,7 ^{+2,7(x)} -5,3 | -4,0 ^{+0,9(x)} -1,6 |
| 160 _{D_y} | 14,1 ^{+10,4(x)} -3,07 | 3,5 ^{+0,8(*)} -1,3 | -2,9 ^{+1,8(*)} -4,9 | |
| 162 _{D_y} | -9 ^{+∞(19)} -7 | | | -3 ⁺⁶⁽²⁰⁾ -1 |
| 164 _{D_y} | -12 ^{+∞(19)} -7 | | | |
| 166 _{Er} | -27 ^{+∞(20)} -9 | | | -5 ⁺⁴⁽²⁰⁾ -5 |
| 168 _{Er} | -39 ⁺³⁰⁽²⁴⁾ -12 | 20(3) ⁽²⁴⁾ | -7,7(5) ⁽²⁴⁾ | -8 ⁺⁸⁽²⁰⁾ -5 |
| 170 _{Er} | -67 ^{+∞(20)} -48 | | | -45 ^{+∞(20)} -26 |
| 172 _{Yb} | -7 ⁺³⁽²³⁾ -2 | -4 ⁺²⁽²³⁾ -1 | | |
| 174 _{Hf} | | | | |
| 178 _{Hf} | -30 ^{+∞(26)} -19 | | | |
| 182 _W | 19 ⁺¹⁷⁽²⁷⁾ -5 | -49 ⁺⁸¹⁽²⁷⁾ -16 | -9(2) ⁽²⁷⁾ | |
| 184 _W | -20(1) ⁽²⁸⁾ | -14,7(10) ⁽²⁸⁾ | -13,7(2) ⁽²⁸⁾ | -8 ⁺⁴⁽²⁸⁾ -3 |
| 186 _W | -18 ⁻⁶⁽²⁹⁾ -5 | | | |
| 186 _{Os} | -16 ⁻²⁴⁽³⁰⁾ -6 | -17 ⁻¹²⁽³⁰⁾ -8 | | |
| 188 _{Os} | -26(6) ⁽³⁰⁾ | -11(5) ⁽³⁰⁾ | | |
| 190 _{Os} | -23(3) ⁽³⁰⁾ | -16(3) ⁽³⁰⁾ | | |

*) Bu çalışmada elde edilen değerler; x yazarın diğer çalışmalarında bulunan değerler (21-22).

Daha önce $2^- (310 \text{ kIV})3^+$ ve $3^- (1200 \text{ keV})2^+$ geçişleri üzerinde herhangi bir korelasyon ölçümü yapılmamıştı; ancak (ICC) iç dönüşüm ölçümleri, yapılan araştırmayı doğrulayan niteliktedir.

Yapılan ölçümlere genel olarak bakılırsa E1 gurubundaki geçişlerde bir miktar M2 ve 197 keV saf E2 olmak üzere E2 gurubunda bulunan geçişlerde az miktarda M1 karışımı vardır.

$2^+ - 2^+$ geçişleri için yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen neticelerle teorik çalışmalarda bulunan neticeler (31) arasında iyi bir uyum görülmüştür.

Deforme olmuş nadir elementler üzerinde son senelerde yapılan çalışmalar oldukça hızlanmıştır. Kumar ve Baranger (32) eşleşme kuvvetini ve kuadrapol intraksiyonunu kullanarak teorik çalışmaları başlatmış ve Krane (33) de elde edilen deneysel verilerin bir listesini kapsayan araştırmasında bütün deneysel çalışmaları toparlamayı amaç edinmiştir. Fakat burada bir takım noksanlıklar vardır. Bunun sebebi, deneysel güçlüklerden ileri gelmektedir. Bilhassa beta bandı izotop numarası arttıkça popülasyon bakımından zayıflamakta ve kesin ölçüm yapmasını engellemektedir. İstatistikî bakımdan zayıf ölçümler ise çok hatalı olmakta, hatta bazan netice belli bile olmamaktadır. Günümüzde hızlı kompüter tekniği ve yüksek ayırım güçlü araçların dahi çok geliştirilmesi hem teorik ve hem de deneysel çalışmaların daha yeterli olmasını sağlayabilir. Tablo 8 'de deforme bölgedeki çekirdeklerin çeşitli band aralıklarındaki geçişlerinin E2/M1 karışım oranlarını göstermektedir.

Çeşitli zorluklar olmasına rağmen, genel olarak neticeler memnuniyet vericidir. Yeni kurulan sistem de çok başarılı çalışmış bütün korelasyon deneylerinde rahatlıkla kullanılabilmiştir.

REFERANSLAR

- 1) O. Nathan
Nucl. Phys. 4 (1957) 125.
- 2) S. Ofer
Nucl. Phys. 5 (1957) 331.
- 3) R.G. Arns, R.E. Sund ve M.L. Wiedenbeck
Nucl. Phys. 11 (1959) 411.
- 4) G.T. Ewan, R.L. Graham ve J.S. Geiger
Nucl. Phys. 22 (1961) 610.

- 5) F. Boehm ve J. Rogers
Nucl. Phys. 44 (1963) 553.
- 6) W. Michaels
Nucl. Phys. 44 (1963) 78.
- 7) E.P. Grigorley, K.Y. Gromov, T. Zhelew,
T.A. Islamov, V.G. Kalinikov, U.K. Nazarov ve S.S. Barlov
Izv. Akad. Nauk SSR (Ser. fiz) 33 (1969) 635.
- 8) T. Grottdal, K. Nybo, T. Thorsteinsen ve B. Elbek
Nucl. Phys. A. 110 (1968) 385.
- 9) A.S. Davydov. A 110 (1968) 385.
Nucl. Phys. 8(1958) 237.
- 10) A. Faessler, W. Greiner ve R.K. Shellie
Nucl. Phys. 70 (1965) 33
- 11) J.M. Jaklevic, E.G. Funk ve J.W. Mihelle
Nucl. Phys. A 99 (1967)88.
- 12) M.A. Ludington, J.J. Reidy, M.L. Wieden beck,
D.J. Mc. Millan, J.H. Hamilton ve J.J. Pinajian
Nucl. Phys. A 119 (1968) 398.
- 13) C.J. Gallagher ve V.G. Soloviev
Mat. Fys. Skr. Dan. Vid. Selks, 2, No. 2 (1962).
- 14) K.S. Krane ve R.M. Steffen
Nucl. Phys. A 164 (1971) 439.
- 15) R.A. Fax, W.D. Hamilton ve D.D. Warner
J. Phys. Wol. 7, No: 14 (1974) 1716.
- 16) İ. Uluer ve A. Aksoy
S.D.M.M.A. Bulletin, SEA - 4 (1973) 50.
- 17) I. Anicin, D.J. Krmpotic, A. Kukoc ve K. Vukanovic
Nucl. Inst. and Metn. 83 (1970) 293.
- 18) A.V. Ramayya (1971)
«Angular Correlations in Nuclear Disintegration»
- 19) G. Engler ve S. Lane
Bull. Am. Phys. Soc. 15 (1970) 100
- 20) J.M. Domignos, G.D. Symons ve A.C. Douglas
Nucl. Phys. A 180 (1972) 600
- 21) İ. Uluer, C.A. Kalfas, W.D. Hamilton, R.A. Fox, D.D: Warner,
M. Finger, Do Kim Chung. J. Phys. Vol. 4 (1975) 476.
- 22) İ. Uluer
Technical Journal, A.E.K. Vol. 2. No: 3 (1975) 105.

- 23) J. Lange, R.L. Raser, H.F. Wagner, ve W. Shaffner
Nucl. Phys. A 171 (1971) 92.
- 24) L.M. Quinones, M. Behar ve Z.W. Grabowski
Bull. Am. Phys. Soc. 18 (1973) 37.
- 25) İ. Uluer
S.D.M.M.A. Bulletin SEA - 1 (1976) 74.
- 26) L. Varrell, J.H. Hamilton, ve R.L. Robinson
Phys. Rev. C 3 (1971) 1275.
- 27) K.S. Krane, J.R. Sites, ve W.A. Steyert
Phys. Rev. C5, (1972) 1104.
- 28) K.S. Krane, C.E. Olsen ve W.A. Steyert
Phys. Rev. C 7 (1973) 263.
- 29) W.T. Milner, F.K. Mc. Govan, R.L. Robinson, P.H: Stelson ve
R.O. Sayer
Nucl. Phys. A 177 (1971) 1
- 30) K.S. Krane, R.M. Steffen
Phys. Rev. C 3 (1971) 240.
- 31) W. Grainer
Nucl. Phys. 80 (1966) 417.
- 32) K. Kumar
Nucl. Phys. A 92 (1966) 608.
- 33) K.S. Krane
Phys. Rev. C 8 No: 4 (1973) 1491.
- 34) K.S. Krane ve R.M. Steffen
Phys. Rev. C 4 (1973) 1494.