

UOT 53

Ə.Ə.Quliyev

Nüvə və Radioloji Fəaliyyətin Tənzimlənməsi üzrə Dövlət Agentliyi
akbar.guliyev@fhn.gov.az

^{152}Nd NÜVƏSİNDƏ PİQMI DİPOL REZONANS

Açar sözlər: *deformasiya olmuş nüvələr, mikroskopik modellər, Piqmi Dipol Rezonans*

^{152}Nd nüvəsində Piqmi Dipol Rezonansın (PDR) xüsusiyyətləri Kvizizərrəcik Təsadüfi Faza Yaxınlaşmasında (KTFY) tədqiq edilmişdir. Hesablamalar, ^{152}Nd nüvəsində neytronun rabitə (7,278 MeV) enerjisindən kiçik enerjilərdə PDR -ə aid edilə biləcək çoxlu sayda elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələrinin olduğunu göstərdi. Tədqiqat, PDR-in formalaşmasında elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələrinin həm $K=0$ həm də $K=1$ komponentinin müstəsna rol oynadığını təyin edildi. Hesablamalar ^{152}Nd nüvəsində ön görülən PDR səviyyələrinin kollektiv olduğunu və formalaşmasında əsas rolun bir növ nuklonun oynadığı müəyyən edildi. PDR -in və Nəhəng Dipol Rezonansın (NDR) iki- kvizizərrəcik quruluşlarının təhlili onların fərqli rezonanslar olduğunu göstərdi.

A.A.Кулиев

ПИГМИ-ДИПОЛЬНЫЙ РЕЗОНАНС В ЯДРЕ ^{152}Nd

Ключевые слова: *деформированные ядра, микроскопические модели, Пигми-Дипольный Резонанс*

В рамках квази-частичного приближения случайных фаз исследованы свойства Пигми-Дипольного Резонанса (ПДР) в ядре ^{152}Nd . Расчеты для состояний ниже пороговой энергии (7,278 MeV) нуклона показали, что ядро ^{152}Nd имеет большое количество уровней электрического дипольного возбуждения, которое по сходству можно отнести к ПДР. Результаты указывают, что в формировании ПДР обе компоненты $K=0$ и $K=1$ электрического дипольного возбуждения играют важную роль. Расчеты показали, что уровни ПДР в ядре ^{152}Nd коллективные и основном состоят из однотипного нуклона. Анализ двух квази-частичных структур ПДР и Гигантского дипольного резонанса показал, что они имеют разную структуру.

A.A.Guliyev

PYGMY DIPOLE RESONANCE IN ^{152}Nd NUCLEUS

Keywords: *deformed nuclei, microscopic models, Pygmy Dipole Resonance*

The properties of Pygmy Dipole Resonance (PDR) mode in deformed ^{152}Nd nucleus is investigated in the framework of the Quasiparticle Random Phase

Approximation. The results of calculation below particle threshold energy (7.278 MeV) is showed a very rich B(E1) structure that in some aspects nicely confirm PDR. The results of calculations are showed both components (K=0 and K=1) of E1 transitions plays significant role on formation of spectra. Based, on the results it can say PDR is collective in nature and mainly have “mono nucleon” structure. Comparison of two-quasiparticles wave functions indicated difference structure of PDR and Giant dipole resonance.

1. Giriş

Keçən əsrin 60-cı illərində neytron qoparılması ilə gedən foton-nüvə reaksiyalarında ^{192,194}Ir and ¹⁹⁶Pt nüvələrinin spektrində 6-9 MeV enerjilərdə çoxlu sayda E1 həyəcanlanma səviyyələrinin rezonans şəkildə qruplaşması müşahidə edilmişdir [1]. Müşahidə edilən bu rezonans, NDR rezonansın kiçik enerjili quyruq hissəsində (6-9 MeV) yerləşir və onun izovektor elektrik dipol keçid matris elementlərinin enerji çəkili cəminə qatqısı təxminən 1% təşkil edir. Müşahidə edilən bu rezonansın elektrik dipol gücünün, NDR ilə müqayisədə qat-qat kiçik olmasına görə o, piqmi (cırtıdan) dipol rezonans adlandırılmışdır. Təbiəti hələ də tam olaraq elmə məlum olmayan bu rezonans, nüvənin klassik Damcı modelində nüvə daxilindəki N-Z sayda neytron artığının, yerdə qalan neytron və proton özəyinə qarşı rəqsi hərəkəti nəticəsində yaranan bir rezonans kimi fərz edilir [2]. Bununla belə, yalnız son 10 illiklərdə onun tədqiqinə böyük maraq oyanıb [3; 4]. Nəticədə, ard-arda qoyulan təcrübələrdə PDR həyəcanlanma səviyyələri, oksigen kimi yüngül nüvədən başlayaraq qurğuşuna qədər olan intervalda, bir çox ağır nüvələrdə müşahidə edildi [5]. Lakin aparılan tədqiqatların yalnız sferik və deformasiya olmuş yüngül nüvələr üçün məhdudlaşması, bu rezonansın bütün nüvələrə xas bir rezonans olması haqqında fikir söyləməyə çətinlik yaradır. Belə ki, güclü deformasiya olmuş nüvələrdə aparılmış ən həssas təcrübələr belə 6,5 MeV-dən böyük enerjilərdə yüksək səviyyə sıxlığı ilə əlaqədar bu enerjilərdən etibarən səviyyələrin bir-birini örtməsi onların həssas müşahidəsini qeyri mümkün edir [6]. Güclü deformasiya olmuş nüvələrin rabitə enerjisinin 8 MeV ətrafında olduğunu nəzərə alsaq, elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələri haqqında məlumatların 6,5 MeV enerjilərlə məhdudlanması, bu təcrübələr vasitəsi ilə PDR-in yalnız aşağı enerjili hissəsi haqqında məlumat əldə edilməsi ilə nəticələnir [6,7]. Bu hal PDR-in ağır deformə nüvələrdə nəzəri tədqiqini aktuallaşdırır. Qeyd edək ki, son illərdə PDR-in nəzəri olaraq müxtəlif modellər bazasında güclü deformasiya olmuş nüvələrdə tədqiqinə başlanıb [8; 9].

Bu işdə güclü deformasiya olmuş ¹⁵⁰Nd nüvəsi [10-13] inkişaf etdirilmiş paralel köçürmə və Qaliley invariant KTFY yanaşması tətbiq edilməklə onda PDR-i formalaşdıran elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələrinin enerjiləri, keçid ehtimalları hesablanmış, habelə fonon dalğa funksiyalarının formalaşmasında iştirak edən iki-kvazizərrəcik səviyyələrinin qatqılarının təhlili

əsasında keçid xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir.

2. Nəzəriyyə

Bu bölümdə elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələrinin tədqiqində istifadə etdiyimiz köçürmə və Qaliley invariant KTFY metodunun [10-13] riyazi aparatı və hesablamalarda istifadə etdiyimiz analitik ifadələr təqdim edilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, bu paraqrafdakı bütün funksiyaların açıq şəkli [10-13] verilmişdir.

İfrataxıcı deformə nüvələrin bir-zərrəcik və cütlənmə orta sahə potensiallarının olduğu bir sistemdə dipol-dipol və bərpa edici h_0 və h_Δ qarşılıqlı təsirlərinin deformə nüvələrdə 1^0 və 1^1 səviyyələrini generasiya edən model Hamiltonianı aşağıdakı şəkildə yazılır [10-13].

$$H = H_{sqp} + h_0 + h_\Delta + W_1 \quad (1)$$

Burada H_{sqp} nuklonların bir kvazizərrəcik hərəkətini, h_0 paralel köçürmə invariantlığı, h_Δ Qaliley invariantlığı bərpaedici qüvvələri, W_1 isə proton və neytronların bir-birinə qarşı izovektor dipol rəqslərini ifadə edir.

İnkişaf etdirdiyimiz bu metoddə invariantlıqları bərpaedici qüvvələr aşağıdakı şəkildə seçilir:

$$h_0 = -\frac{1}{2\gamma} \sum_{\mu} [H_{sqp}, P_{\mu}]^+ [H_{sqp}, P_{\mu}] \quad (2)$$

və

$$h_\Delta = -\frac{1}{2\beta} \sum_{\mu} [U_{\Delta}, R_{\mu}]^+ [U_{\Delta}, R_{\mu}] \quad (3)$$

Burada P_{μ} nuklonların elektrik dipol 1^- -həyəcanlanmalarının impulsunun kürəvi komponentləri ($\mu=0, \pm 1$), R_{μ} nüvənin kütlə mərkəzi koordinatları, U_{Δ} isə cütlənmə potensialıdır. (2) və (3) ifadələrindəki

$$\gamma = \langle 0 | [P_{\mu}^+, [H_{sqp}, P_{\mu}]] | 0 \rangle \quad \text{və} \quad \beta = \langle 0 | [R_{\mu}^+, [U_{\Delta}, R_{\mu}]] | 0 \rangle$$

kəmiyyətləri nüvənin əsas halındakı orta sahə və cütlənmə potensiallarının orta qiyməti ilə təyin olunur.

Köçürmə invariant dipol-dipol həyəcanlanmalar üçün izovektor qarşılıqlı təsiri

$$W_1 = \frac{3}{2\pi} \chi_1 \left(\frac{NZ}{A} \right)^2 (\bar{R}_n - \bar{R}_p)^2 \quad (4)$$

şəklində yazılır. Burada χ_1 izovektor dipol-dipol qarşılıqlı təsir sabiti, \vec{R}_n və \vec{R}_p uyğun olaraq neytron və proton sisteminin kütlə mərkəzinin koordinatlarıdır. KTFY yanaşmasının məlum prosedurasını tətbiq edərək, (1) hamiltonianının məxsusi enerjiləri və dalğa funksiyaları

$$\left[H_{sqp} + h_0 + h_\Delta + W, Q_i^+ \right] = \omega_i Q_i^+ \quad (5)$$

hərəkət tənliyi həll edilərək tapılır. Burada Q_i^+ həyəcanlanan səviyyələrinin fonon operatoru, $|\Psi_0\rangle$ isə əsas halın dalğa funksiyası olmaqla bərabər, həm də fonon vakuumu, $Q_n |\Psi_0\rangle = 0$. Hesablamalarda 1^0 və 1^1 səviyyələrinin ω_i tək fonon enerjilərinin ödədiyi sekulyar tənlik üçün aşağıdakı ifadə əldə edilir:

$$D(\omega_n) = -\omega^2 \begin{vmatrix} M(\omega_i) & -S_\Delta & 2\kappa_1 \omega_i \tilde{F}_{np} \\ S_\Delta & \beta - R_\Delta & 2\kappa_1 \tilde{Y}_{\Delta np} \\ -\omega_i \tilde{F}_{np} & \omega_i \tilde{Y}_{\Delta np} & -(1 + 2\kappa_1 F_{np}^2) \end{vmatrix} = 0 \quad (6)$$

1^1 səviyyələrinin ω_i enerjiləri (6) sekulyar tənliyi həll edilərək tapılır. (6) tənliyinin köklərindən birinin sıfır olduğu görünür. Sekulyar tənliyin $\omega=0$ kökü nüvənin bir bütün olaraq fəzada hərəkətini ifadə edən Qoldstoun halının [14] təcrid olunduğunu göstərir.

Nüvənin əsas halından 1^1K -səviyyələrinə elektrik dipol keçid matris elementi, Ψ_0 dalğa funksiyasının fonon vakuumu olduğu nəzərə alındığında, aşağıdakı şəkildə ifadə edilir:

$$M(0^+ \rightarrow 1^1K) = \langle \Psi_0 | M(E1, \mu) Q_i^+ | \Psi_0 \rangle = \langle \Psi_0 | [M(E1, \mu), Q_i^+] | \Psi_0 \rangle \quad (7)$$

burada

$$M(E1, \mu) = e_p \sqrt{\frac{4\pi}{3}} \sum_{i=1}^Z (r Y_{\lambda\mu})_i \quad (8)$$

elektrik dipol operatoru, e_p protonun elektrik yükü, $K=0$ və 1 -dir. $E1$ keçid matris elementində proton və neytronlar üçün effektiv elektrik yükü daxil edilərsə (7) ifadəsi aşağıdakı kimi yazılar:

$$M(0^+ \rightarrow 1^1K) = -(e_{eff}^p \mathfrak{M}_p + e_{eff}^n \mathfrak{M}_n) \quad (9)$$

$$\mathfrak{M}_\tau = \frac{1}{2\sqrt{\omega_i Y}} \left[\frac{1}{2} M_\tau + L_i \omega_i \frac{\Delta_\tau}{2} \tilde{S}_\tau - \tau_z \bar{L}_i \frac{\kappa_1}{Z} F_\tau \right] \quad (10)$$

Burda $Y = Y_n(\omega_i) + Y_p(\omega_i)$ və

$$Y_\tau = \sum_{ss'}^{(\tau)} \frac{\varepsilon_{ss'}^3 p_{ss'}^2 L_{ss'}^2}{(\varepsilon_{ss'}^2 - \omega_i^2)^2} - 4\tau_z L_i \kappa_1 \gamma \sum_{ss'}^{(\tau)} \frac{\varepsilon_{ss'}^2 p_{ss'} L_{ss'} r_{ss'} u_{ss'}}{(\varepsilon_{ss'}^2 - \omega_i^2)^2} + 8\kappa_1 L_i^2 \gamma^2 \sum_{ss'}^{(\tau)} \frac{\varepsilon_{ss'} r_{ss'}^2 u_{ss'}^2}{(\varepsilon_{ss'}^2 - \omega_i^2)^2}$$

şəklindədir. (10) ifadəsində $\tau=n$ üçün $\tau_z=+1$, $\tau=p$ üçün isə $\tau_z=-1$ dir. Neytron və protonların effektiv elektrik yükləri $e_{eff}^p = -Z/A$ və $e_{eff}^n = N/Z$ olaraq təyin edilir.

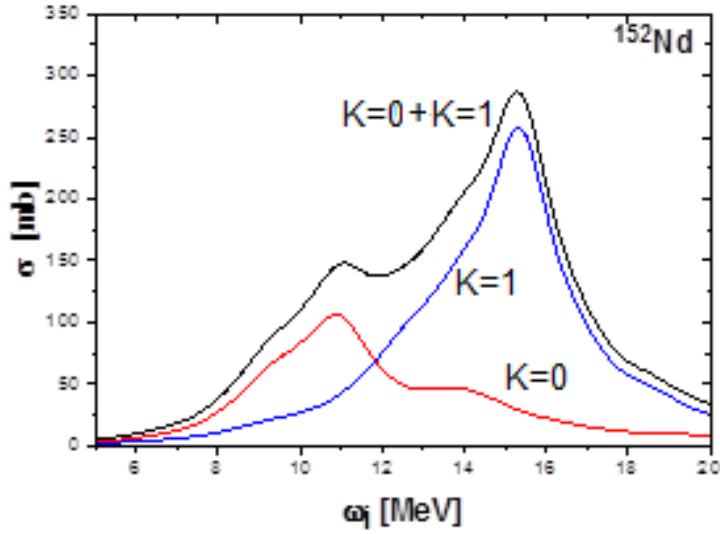
Dipol səviyyələrinin həyəcanlanma ehtimalı (9) ifadəsindən istifadə edildiyində ümumi halda aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$B(E1, 0^+ \rightarrow 1^-K) = (1 + \delta_{K1}) [e_{eff}^p \mathfrak{M}_p + e_{eff}^n \mathfrak{M}_n]^2 \quad (11)$$

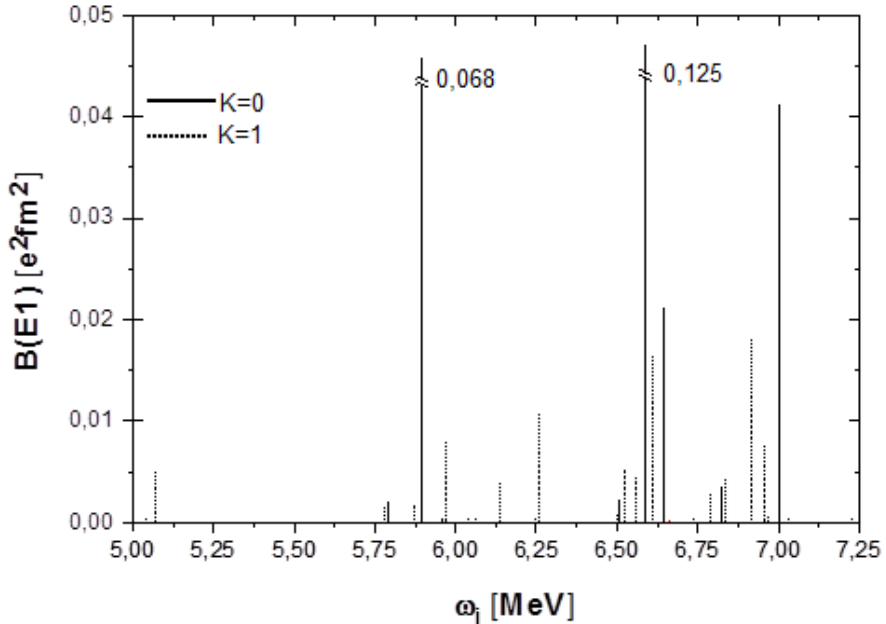
3. HESABLAMALAR VƏ MÜZAKİRƏ

Hesablamalar bir-zərrəcik modelin deformə Woods-Saxon potensialında əldə edilən məxsusi enerjiləri və dalğa funksiyaları bazis götürülərək aparılmışdır [15]. ¹⁵²Nd nüvəsi üçün kvadrupol deformasiya parametri $\delta_2=0,247$ təcrübi kvadrupul momentlərindən [16] istifadə edilərək hesablanmışdır [17]. İfrataxıcı modelin Δ və λ kəmiyyətləri bir-zərrəcik enerjilərindən və dalğa funksiyalarından istifadə edilərək [18] hesablanmış və bu kəmiyyətlər üçün $\Delta_n=1,15$, $\Delta_p=0,97$, $\square_n=-6,532$ və $\square_p=-9,176$ qiymətləri əldə edilmişdir. İzovektor dipol-dipol qarşılıqlı təsir sabiti $\chi_1=400/A^{-5/3}$ MeVfm² olaraq müəyyən edilmişdir. İzovektor dipol-dipol qarşılıqlı təsir sabiti üçün bu qiymət götürülməklə nəhəng dipol rezonans üçün hesablanan təsir kəsiyinin enerjiden asılılıq qrafiki (şəkil 1), qonşu nüvələrdə eyni rezonans üçün təcrübi olaraq əldə edilmiş təsir kəsikləri ilə həm boy olaraq, həm də enerji olaraq yaxşı uzlaşır və [17] verilmiş nəticələrlə uyğunluq təşkil edir.

¹⁵²Nd nüvəsinin rabitə enerjisindən kiçik enerjili elektrik dipol spektrinin tədqiqi, bu nüvədə kifayət qədər elektrik dipol həyəcanlanma səviyyəsinin olduğunu göstərdi. Qeyd edək ki, rabitə enerjisinin qiyməti 7,278 MeV olaraq götürülüb [19]. Belə ki, tədqiqat, ¹⁵²Nd nüvəsində, nuklonun rabitə enerjisindən kiçik enerjilərdə elektrik dipol keçid ehtimalları cəmi $\sum_i B(E1, i) = 0,647 \text{ e}^2 \text{ fm}^2$ və rezonans orta enerjisi $E_R = 6,77 \text{ MeV}$ olan çoxlu sayda səviyyənin qruplaşaraq rezonans əmələ gətirdiyini göstərdi. Bu nəticələrin qonşu nüvələrdə eyni bölgədə müşahidə edilən PDR-ə bənzərliyini nəzərə alaraq, ön görülən bu səviyyələrin PDR rezonans səviyyələri olduğunu söyləmək olar (şəkil 2).



Şəkil 1. ^{152}Nd nüvəsinin elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələrinin KTFY yavaşmasında hesablanmış təsir kəsiyinin enerjidən asılılığı



Şəkil 2. ^{152}Nd nüvəsinin KTFY yavaşmasında hesablanmış $B(E1)$ dəyərinin enerjidən asılılığı

Şəkildə $B(E1) > 1 \cdot 10^{-3} e^2 \text{fm}^2$ olan səviyyələr göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, spektrin formalaşmasında elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələrinin həm $K=0$ həm də $K=1$ komponenti müstəsna rol oynayır.

Göründüyü kimi, elektrik dipol həyəcanlanmaların K=0 komponenti keçid ehtimalının böyüklüyünə görə yaxşı seçilən bir necə həyəcanlanma səviyyəsi ilə spektrə qatqı verir. Buna müqabil elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələrinin K=1 qolu isə sayca çox, lakin kiçik səviyyələrlə spektrə qatqı verir.

Cədvəl 1-də 5-8 MeV enerji intervalında öngörülən elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələrinin həm K=0 həm də K=1 qolu üçün keçid ehtimallarının cəmləri, səviyyə sayları, səviyyələrin enerji ortası, səviyyə saylarının və keçid ehtimallarının cəmlərinin nisbətində dair məlumatlar təqdim olunur.

Cədvəl 1. ¹⁵²Nd nüvəsi üçün rabitə enerjisindən kiçik enerjilərdə (5-7,3MeV) ön görülən PDR səviyyələrinin keçid ehtimallarının cəmi, rezonansın enerji ortası, səviyyələrin sayı, keçid ehtimallarının və səviyyə saylarının nisbəti. Cədvəldə $B(E1) > 1 \cdot 10^{-3} e^2 fm^2$ olan səviyyələr göstərilmişdir.

Keçid Ehtimalları cəmi $\sum_i B(E1, i) (e^2 fm^2)$			Səviyyə sayları		Rezonansın enerji ortası (MeV)		Keçid ehtimallarının Nisbəti
K=0	K=1	K=0+1	K=0	K=1	K=0	K=1	$\frac{\sum B(E1)_{K=0}}{\sum B(E1)_{K=1}}$
0,467	0,180	0,647	10	22	6,612	6,364	2,594

Cədvəldən göründüyü kimi, ¹⁵²Nd nüvəsində PDR rezonansın formalaşmasında elektrik dipol səviyyələrinin K=0 qolu 10 səviyyə və dipol keçid cəmi $\sum_i B(E1, i) = 0,467 e^2 fm^2$ ilə K=1 qolunun 22 səviyyə və dipol keçid cəmi $\sum_i B(E1, i) = 0,180 e^2 fm^2$ dən daha çox qatqı verir. Qatqıların müqayisəsi, K=0 qolunun qatqısının, K=1 qolundan 2,594 dəfə böyük olduğunu göstərir. Beləliklə, bu nəticə PDR-in K=0 qolunun K=1 qoluna nəzərən, daha böyük ehtimalla təcrübələrdə müşahidə edilə biləcək. Bundan başqa, hesablama K=0 qolunun rezonansının, K=1 qolunun rezonansından daha böyük enerjilərdə yerləşdiyini göstərir (cədvəl 1, VI-VII sütunlar).

Əldə edilən bu nəticələrə əsaslanaraq ¹⁵²Nd nüvəsində PDR modaya əsas qatqının elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələrinin K=0 qolundan gəldiyini söyləmək olar. Əldə edilən bu nəticə [10] əldə edilmiş nəticələr ilə ziddiyyət təşkil etsə də, [8] əldə edilmiş nəticələr ilə uyğunluq təşkil edir. Eyni bir məsələ üzrə fərqli nəzəri nəticələrin alınması və bu nəticələri təsdiq və ya inkar edəcək hər hansı bir təcrübə nəticəsinin olmaması, sözügedən ön görünün həllini gözləyən açıq bir məsələ olaraq qaldığını göstərir.

¹⁵²Nd nüvəsində ön görülən PDR-in keçid xüsusiyyətləri, kollektivliyi və nuklon xarakteri baxımından təhlil etmək və nəticələrin NDR üçün hesablanan nəticələrlə müqayisə etmək üçün KTFY yanaşmasında dipol səviyyələrin fonon

dalğa funksiyaları və onlara qatqı verən iki-kvazizərrəcik səviyyələri hesablandı. Müqayisə üçün Cədvəl 2-də ^{152}Nd nüvəsində elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələrinin $K=0$ və $K=1$ qollarının enerjiləri, $B(E1)$ keçid ehtimalları, kvazi zərrəcik amplitudlarının cəmi ψ_{SS}^i (Ψ_N və Ψ_P) bu amplitudlara qatqı verən konfigurasiyaların sayları göstərilmişdir. Cədvəldə həm PDR, həm NDR rezonanslarının keçid ehtimalları ən böyük olan bir necə səviyyə verilir.

Cədvəl 2. ^{152}Nd nüvəsi üçün KTFY da əldə edilmiş PDR və NDR səviyyələrinin müqayisəsi. Cədvəldə $B(E1)$ $10^{-3} \text{ e}^2\text{fm}^2$ vahidlərində göstərilmişdir.

PDR						NDR					
ω	K	$B(E1)$	Ψ_N	Ψ_P	N	ω	K	$B(E1)$	Ψ_N	Ψ_P	N
5,893	0-	0,0684	0,001	0,999	4	10,402	0-	1,21	0,124	0,876	10
6,589	0-	0,0125	0,004	0,996	6	10,973	0-	1,79	0,444	0,556	9
7,003	0-	0,0412	0,999	0,001	7	11,088	0-	1,09	0,784	0,216	8
6,257	1-	0,0107	0,999	0,001	2	15,195	1-	3,29	0,702	0,298	14
6,598	1-	0,0163	0,999	0,001	2	15,488	1-	1,15	0,874	0,126	8
6,916	1-	0,0178	0,995	0,005	1	15,503	1-	1,80	0,699	0,301	11

Cədvəlin PDR-ə aid olan hissəsinə nəzər salınsa, elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələrinin həm $K=0$ və $K=1$ komponentlərini təşkil edən səviyyələrin dalğa funksiyalarının, birdən artıq iki-kvazizərrəcik konfigurasiyalardan təşkil olunduğunu görmək olar (cədvəlin PDR-ə aid hissəsindəki say göstərən N kəmiyyəti). Bu, PDR moda səviyyələrinin kollektiv olmasının əsas göstəricisidir. Bununla belə, cədvəldən görüldüyü kimi, $K=0$ komponenti üçün iki-kvazizərrəcik konfigurasiyalarının sayının daha çox olması, bu komponentin $K=1$ -ə nəzərən daha kollektiv olmasını göstərir.

PDR bölgəsi səviyyələrinin NDR bölgəsi səviyyələri ilə müqayisəsi isə NDR bölgəsində yerləşən səviyyələrin daha kollektiv olduğunu göstərir. Belə ki, cədvəldən görüldüyü kimi, PDR əmələgətirən elektrik dipol səviyyələrinin formalaşmasında ən yaxşı halda 7 sayda iki-kvazizərrəcik konfigurasiyası iştirak etdiyi halda, NDR əmələgətirən elektrik dipol səviyyələrinin formalaşmasında ən az 8 sayda iki-kvazizərrəcik konfigurasiyası iştirak edir. Görüldüyü kimi, nəhəng dipol rezonansı əmələgətirən səviyyələr, piqmi dipol rezonansı əmələgətirən səviyyələrdən çox-çox kollektivdir. Bu rezonansların kollektivliyində müşahidə edilən bu kəskin fərq onların fərqli rezonanslar olmasının bir göstəricisi olub, bir meyar kimi PDR-i NDR-dən ayırmaq üçün istifadə edilə bilər. Eyni zamanda, bu faktdan istifadə etməklə, kollektivliyin kəskin artmağa başladığı enerjilərə istinad etməklə, PDR-n, NDR-dən ayıran enerji bölgəsini təyin etmək mümkündür.

Cədvəldən görüldüyü kimi, PDR-i əmələ gətirən elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələrinin həm $K=0$ həm də $K=1$ qolu bir çeşid nuklon konfigurasiyalarından təşkil olunub (ya neytron, ya da proton). Bununla belə, hər iki halda səviyyənin əmələgəlməsində bir çeşid nuklon hakim rol oynasa da, hər iki qolun kvazi-zərrəcik konfigurasiyalarında müəyyən fərqlər özünü göstərir. Belə ki, PDR bölgəsində yerləşən E1 həyəcanlanmaların $K=0$ qolu əsasən proton-proton konfigurasiyalarından təşkil olduğu halda, $K=1$ qolu əsasən neytron-neytron konfigurasiyalarından ibarətdir. Bu baxımdan $K=1$ qolu üçün əldə edilən nəticələr, PDR modanın quruluşu üçün geniş yayılmış makroskopik modelləməni təsdiqləyir. Belə ki, təbiəti hələ də tam olaraq elmə məlum olmayan PDR-in yaranma mexanizmi, nüvənin klassik Damcı modelində nüvə daxilindəki N-Z sayda neytron artığının, yerdə qalan neytron və proton özəyinə qarşı rəqsi hərəkəti nəticəsində yaranan və əsasən neytronların basqın rol oynadığı bir rezonans kimi qəbul edilir [2]. Bununla belə, bu rezonansı fərqli izah edən müxtəlif nəzəriyyələr də mövcuddur [20-23]. Mikroskopik modeldə isə ümumiyyətlə, elektrik dipol həyəcanlanmalar nüvədəki neytronların və protonların qarşılıqlı təsirinin zərrəcik dəşik keçidləri sayəsində yaranan iki kvazizərrəcikli neytron-neytron ($n-n$) və proton-proton ($p-p$) hallarının superpozisiyasından meydana gələn fonon halları kimi fərz edilir [18] və burada heç bir makroskopik bənzətmə qəbul edilmir.

Cədvəl 2-nin NDR bölgəsi səviyyələri üçün olan hissəsinə nəzər salınsa, PDR səviyyələrindən fərqli olaraq bu halda elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələrinin əmələ gəlməsində eyni zamanda həm neytron, həm də proton konfigurasiyalarının təsirli olduğu görünür. Tədqiqatın PDR modanın əsasən tək nuklon (neytron və ya proton) quruluşlu, buna müqabil NDR modanın isə iki nuklon (neytron və ya proton) quruluşlu olmasını göstərməsi, PDR modanın NDR modanın kiçik enerjili quyruq hissəsində yerləşməsinə baxmayaraq, ondan fərqli həyəcanlanma növü olmasını göstərir. Bu quruluş fərqiindən bir meyar kimi PDR-i NDR dən ayırmaq üçün istifadə etmək olar. Nəzəri olaraq müşahidə edilən bu fərqi bütünlükdə nüvələrə xas bir xüsusiyyət olmasının müəyyən edilməsi üçün bənzər tədqiqatın digər deformə nüvələrdə də aparılması çox vacibdir.

4. Nəticələr

¹⁵²Nd nüvəsində PDR-in xüsusiyyətlərinin KTFY yanaşmasında tədqiqi, bu nüvədə neytronun rabitə enerjisindən kiçik enerjilərdə qonşu nüvələrə xas bir şəkildə PDR-ə aid edilə biləcək çoxlu sayda elektrik dipol həyəcanlanma səviyyələrinin olduğunu göstərdi. Hesablamaların PDR-in $K=0$ qolunun daha qüvvətli olmasını göstərməsi, təcrübələrdə PDR modanın $K=0$ qolunun daha böyük ehtimalla müşahidə edilə biləcəyini göstərdi. ¹⁵²Nd nüvəsi üçün PDR səviyyələrinin fonon dalğa funksiyalarının formalaşmasında iştirak edən iki-

kvazizərrəcik səviyyələrinin qatqılarının tədqiqi, bu səviyyələrin kollektiv olduğunu və formalaşmasında əsas rolun bir növ nuklonun oynadığını göstərdi. Hesablama PDR modanın NDR modanın kiçik enerjili quyruq hissəsində yerləşməsinə baxmayaraq onların bir-birindən fərqli həyəcanlanma növü olduğunu göstərdi.

Hesablamaların aparılması zamanı köməyini əsirgəməyən fizika üzrə fəlsəfə doktoru H.Quliyevə dərin təşəkkürümü bildirirəm.

ƏDƏBİYYAT

1. *G. A. Bartholomew et al.*, Annu. Rev. Nucl. Sci. 11(1961)259
2. *K. Boretzky*, COMEX Conference, Sankt Goar, Germany (2006)21
3. Ə. Quliyev AJP Fizika, XXIII №1, (2017) 23
4. *A. Bracco et al.*, Progress in Particle and Nuclear Physics 106(2019)360
5. *D. Savran, T. Aumann, A. Zilges*, Prog. Part. Nucl. Phys. 70(2013)210
6. *P. von Neumann-Cosel*, Progress in Particle and Nuclear Physics, 38(1997)213
7. *M. Tamkas et al.*, Nucl. Physics A 987(2019)79
8. *K. Yoshida, and T. Nakatsukasa*, Phys. Rev. C 83(2011)021304R
9. *H. Quliyev et al.*, AIP Conference Proceedings 1815(2017)060020
10. *A. Repko et al.*, Eur. Phys. J. A 53(2017)221
11. *E. Guliyev, et al.*, Phys. Lett. B 532, (2002)173
12. *E. Guliyev, et al.*, Cent. Eur. J. Phys. 8(2010)961
13. *A. A. Kuliev et al.*, Eur. Phys. J. A 43(2010)313
14. *J. Goldstone*, Nuovo Cimento 19(1961)154
15. *J. Dudek, and T. Werner*, J. Phys. G 4(1978)1543
16. *C.W.Raman et al.*, At. Data Nucl. Data Tables, 78(2001)1
17. *A. Bohr, and B. Mottelson*, Nuclear Structure (Benjamin, Reading, 1975) V II.
18. *V.G. Soloviev*, Theory of Complex Nuclei (Pergamon Press, New York, 1976)
19. *M. Wang, et al.*, Chine Physical C 36(12)(2012)1603
20. *F. Iachello*. Phys. Lett. B 160(1985)1
21. *M. Harevy et al.*, Nucl. Phys. A 221(1974)77
22. *A.M. Oros et al.*, Phys. Rev. C 57,(1998)990
23. *R.D. Herzberg et al.*, Phys. Lett. B 390(1997)49

Redaksiyaya daxil olub 11.02.2020