

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

بررسی تغییرات احتمال گذار چهار قطبی الکتریکی برای هسته های

ناحیه گذار $SO(6) \leftrightarrow U(5)$

صبری، هادی؛ موسوی مبارکه، سید خلیل

دانشگاه تبریز - دانشکده فیزیک - گروه فیزیک هسته ای

چکیده:

در این مقاله با استفاده از مدل اندرکنش بوزونی تعریف شده بر پایه جبر آفین $SU(1,1)$ احتمال گذار چهار قطبی الکتریکی، $B(E2)$ ، برای ناحیه گذار فازی بین حدود تقارنی $U(5)$ و $SO(6)$ مطالعه شده است. با استفاده از اطلاعات تجربی موجود برای هسته های شناخته شده این ناحیه مقادیر ثابت های مدل تعیین و با نتایج تجربی مقایسه شده است. نتایج حاصل توانائی مدل پیشنهادی در تعیین دقیق مقادیر احتمال های گذار چهار قطبی و همچنین تغییرات قابل توجه در نقطه بحرانی ناحیه گذار فازی را نشان می دهد.

واژه های کلیدی: مدل اندرکنش بوزونی، جبر آفین $SU(1,1)$ ، گذار فازی - شکلی، احتمال گذار چهار قطبی الکتریکی.

مقدمه

مطالعه پدیده گذار فازی - شکلی و تغییرات ناشی از آن در ساختار سیستم های هسته ای در چارچوب مدل های هسته ای مختلف صورت گرفته و نتایج حاصل برابری طبقه بندی سیستم های هسته ای استفاده شده است [۱-۲]. احتمال گذارهای مختلف الکتریکی و مغناطیسی از جمله کمیات مهم در این مطالعات می باشد که علاوه بر امکان تعیین گذار فازی با استفاده از تغییرات آن، فرصت مناسبی را برای سنجش کارائی مدل انتخابی و ویژه حالات سیستم فراهم می سازد. مدل بوزون اندرکنشی [۳] که با استفاده از گروه های جبری مختلف، سیستم های هسته ای را توصیف می نماید در مطالعه پدیده گذار فازی - شکلی بسیار استفاده شده است. در بسیاری از مطالعات انجام شده با این مدل، هامیلتونین توصیف کننده گذار بین حدود به صورت ترکیبی از هامیلتونین دو حد تقارنی و پارامترهای کنترلی مناسب فرض شده و تغییرات این پارامترها، برای حرکت در ناحیه گذار مورد استفاده قرار می گیرد. این رهیافت و ترکیب جملات هامیلتونین ها، فضای محاسباتی را بسیار بزرگ نموده و امکان حل دقیق را در بسیاری موارد غیر ممکن می سازد. روش های جبری متفاوت در چارچوب مدل بوزون اندرکنشی پیشنهاد شده است که یکی از بهترین آنها، مدل تعریف شده بر پایه جبر آفین $SU(1,1)$ می باشد. در این مدل با

¹ Interacting Boson Model (IBM)

² $SU(1,1)$ affine algebra

³ Phase- Shape transition



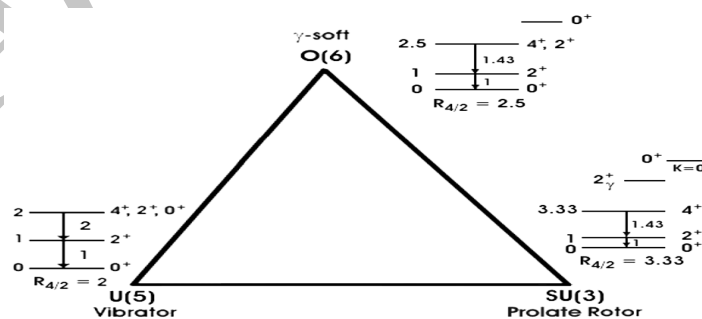
بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

استفاده از مولدهای این جبر، هامیلتونین ناحیه گذار بین حدود تقارنی $SO(6) \leftrightarrow U(5)$ چنان تعریف می شود که ترازهای انرژی و احتمال گذار چهار قطبی الکتریکی با تقریب مناسبی حاصل می گردد [۴]. ما در این مطالعه برای بررسی تغییرات صورت گرفته در مقدار احتمال گذار چهار قطبی الکتریکی، با استفاده از مفاهیم مدل بوزون اندرکنشی تعریف شده بر پایه جبر آفین $SU(1,1)$ ویژه حالات سیستم را تعیین نموده ایم. با استفاده از آخرین اطلاعات تجربی [۵] موجود برای گذارهای چهار قطبی الکتریکی آن دسته از هسته های دارای ویژگی های تقارنی این حدود و ناحیه گذار [۶-۸]، ثابت های برازش مدل حاصل گردیده و پیش بینی های تئوری محاسبه می گردد.

روش کار

ما در مطالعه ناحیه گذار فازی $SO(6) \leftrightarrow U(5)$ از هامیلتونین مدل بوزون اندرکنشی تعریف شده بر پایه جبر $SU(1,1)$ استفاده نموده ایم. جزئیات کامل این مدل در منبع [۴] توضیح داده شده است و ما در این بررسی صرفاً به مفاهیم اساسی اشاره می نمایم. در مدل بوزون اندرکنشی، هسته های زوج-زوج بصورت سیستمی متشکل از بوزونهای در نظر گرفته می شود که این بوزونها از ترکیب پروتونها و نوترونهای فعال، بیرون لایه بسته، حاصل می شوند. بوزون های حاصل از این ترکیب صرفاً امکان اشغال دو حالت $J=0$ (بوزون s) و حالت $J=2$ (بوزون d) را دارند. با در نظر گرفتن یک حالت بوزونی s و پنج حالت بوزونی d ، جبر 6 بعدی $U(6)$ به عنوان جبر اصلی این مدل شناخته می شود که، مطابق با شکل ۱، دارای سه زنجیره $U(5)$ ، $SO(6)$ و $SU(3)$ می باشد که به ترتیب برای مطالعه هسته های کروی، تغییر شکل یافته محوری و دورانی مورد استفاده قرار می گیرد.



شکل ۱. حدود تقارنی مدل بوزون اندرکنشی

نواحی گذار فازی-شکلی بین این حدود با استفاده از هامیلتونین های ترکیبیه صورت $H_{Transitional} = \eta H_I + (1-\eta)H_{II}$ در نظر گرفته می شود که در آن H_I (هامیلتونین توصیف کننده یکی از حدود) معرف پارامتر کنترلی می باشد که به از مقادیر ۰ یا ۱ حدود تقارنی متفاوت مدل بوزون اندرکنشی را



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ و دانشگاه اصفهان

توصیف می نماید. مقدار $\eta = 0.5$ که متناظر با نقطه میانی این ناحیه گذاری می باشد را نقطه بحرانی گذار می نامند که به ترتیب برای نواحی گذار $SO(6) \leftrightarrow U(5) \leftrightarrow SU(3)$ و $U(5) \leftrightarrow U(5)$ متناظر با تقارن های $E(5)$ و $X(5)$ می باشد. این رهیافت به دلیل افزایش بعد فضای محاسباتی و دشوار بودن فرآیند قطری سازی ماتریس های متناظر هامیلتونین امکان حل دقیق را در بسیاری موارد غیر ممکن می سازد. برای حل این مشکل، مدل های جبری مختلف در قالب مدل بوزون اندرکنشی پیشنهاد شده است که ما در این مقاله از جبر $SU(1,1)$ و مفاهیم متناظر با آن استفاده می نمایم. هامیلتونین گذار $U(5) \leftrightarrow SU(6)$ در مدل بوزون اندرکنشی بر اساس مولدهای جبر $SU(1,1)$ به شکل زیر است [۴]

$$\hat{H} = gS_0^+ S_0^- + \alpha S_1^0 + \gamma \hat{C}_2(SO(5)) + \delta \hat{C}_2(SO(3)) \quad (1)$$

عملگرهای $\hat{C}_2(SO(5))$ و $\hat{C}_2(SO(3))$ پارامترهای حقیقی متناسب با سهم جملات مختلف، δ و γ و α و g که در آن می SU می باشند. دو جمله اول هامیلتونین (۱) همان عملگرهای مولد جبر $SU(1,1)$ و $SO(5)$ مولد گروه های تقارنی (۳) تعریف می شوند، d و s پایه عملگرهای مولد بوزون های c_d و c_s باشند که با استفاده از پارامترهای کنترلی

$$S_n^\pm = c_s^{2n+1} S^\pm(s) + c_d^{2n+1} S^\pm(d) \quad , \quad S_n^0 = c_s^{2n} S^0(s) + c_d^{2n} S^0(d) \quad (2)$$

و در U برای مطالعه حد تقارنی (۵) $c_s = 0, c_d \neq 0$ ، به از SO برای توصیف حد (۶) $c_s = c_d$ هامیلتونین گذاری (۱) به از برای توصیف ناحیه گذار فازی شکلی بین این حدود مورد استفاده قرار می گیرد [۴]. با $c_s \neq c_d \neq 0$ نهایت با شرط توجه به هدف ما در این مقاله برای بررسی تغییرات گذار چهار قطبی الکتریکی، ویژه حالات این هامیلتونین گذاری بسیار پر اهمیت می باشد که میتوان با بسط فوریه - لورنت حالت پایه این جبر و SU تعریف شده بر پایه جبر $SU(1,1)$ به صورت زیر حاصل نمود x_i پارامتر c ، بر حسب جملاتی از تعداد SU استفاده از مولدهای $SU(1,1)$

$$|k; v_s v_n \Delta LM \rangle = \sum_{n_i \in Z} a_{n_1 n_2 \dots n_k} x_1^{n_1} x_2^{n_2} \dots x_k^{n_k} S_{n_1}^+ S_{n_2}^+ \dots S_{n_k}^+ |lw \rangle \quad (3)$$

به دلیل رفتار مشابه توابع موج، [۴] می باشد. مطابق با مفاهیم اشاره شده در منبع SU همان حالت پایه جبر $SU(1,1)$ $|lw \rangle$ در رابطه (۳) را واحد فرض نمود. $a_{n_1 n_2 \dots n_k}$ را نزدیک صفر در نظر گرفتهو تمام ضرایب x_i می توان کمیت به صورت زیر حاصل می گردد، SU با این شرایط توابع موج هامیلتونین ناحیه گذار بر پایه جبر $SU(1,1)$

$$|k; v_s v_n \Delta LM \rangle = N S_{x_1}^+ S_{x_2}^+ \dots S_{x_k}^+ |lw \rangle \quad (4)$$

N معرف ثابت نرمالیزاسون بوده و

⁴ Fourier- Lorient



بیست و یکمین کنفرانس هشتاد و یکم ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

$$S_{x_i}^+ = \frac{c_s}{1 - c_s^2 x_i} S^+(s) + \frac{c_d}{1 - c_d^2 x_i} S^+(d) \quad (5)$$

را میتوان با استفاده از مجموعه معادلات زیر حاصل نمود، c به تعداد x_i مجموعه کمیات

$$\frac{\alpha}{x_i} = \frac{g c_s^2 (v_s + 1/2)}{1 - c_s^2 x_i} + \frac{g c_d^2 (v + 5/2)}{1 - c_d^2 x_i} - \sum_{i \neq j} \frac{2}{x_i - x_j} \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (6)$$

جزئیات کامل در این خصوص در منابع [۶، ۴-۸] آورده شده است. در مطالعه پدیده گذار فازی - شکلی با استفاده از این مدل، $c_d = 1$ فرض شده و هسته های مختلف بسته به مقدار پارامتر کنترل c_s بین حدود $U(5)$ ، $c_s = 1$ یا $SO(6)$ ، $c_s = 1$ طبقه بندی می شوند. هسته های متناظر با نقطه بحرانی گذار فازی، تقارن $E(5)$ نیز با مقدار بینابینی پارامتر کنترل، یعنی $0.5 \leq c_s$ توصیف می شوند.

برای محاسبه احتمال گذارهای چهار قطبی الکتریکی متفاوت، عملگر متناظر با این گذار دقیقاً مشابه با مولدهای گروه های تقارنی به صورت جفت شدگی از بوزونهای s و d به صورت زیر تعریف می شود [۴]

$$T(E2) = q_2 (s^\dagger \tilde{d} + d^\dagger \tilde{s}) + q_2' (d^\dagger \tilde{d})^{(2)} \quad (7)$$

ثابت های موجود در رابطه، q_2 و q_2' را می توان پس از محاسبه مولفه های ماتریس عملگر بالا بر روی ویژه حالات مناسب، با استفاده از فرآیند برازش به اطلاعات تجربی موجود [۵] محاسبه نمود که البته در ادامه این فرآیند برای آن دسته از هسته های ناحیه گذار مورد نظر محاسبه شده است. احتمال گذار چهار قطبی الکتریکی، از محاسبه مولفه های ماتریس $T(E2)$ روی ویژه حالات سیستم، معادله ۴، به صورت زیر حاصل می شود،

$$B(E2; J_i \rightarrow J_f) = \frac{1}{2J_i + 1} \left| \langle k; v_s^f v_s^f n_\Delta^f L^f M^f \| T^k \| k; v_s^i v_s^i n_\Delta^i L^i M^i \rangle \right|^2 \quad (8)$$

ما در این مطالعه، با استفاده از معادله (۸) و ویژه حالات (۴)، احتمال گذار های چهار قطبی الکتریکی برای هسته های معرفی شده در منابع [۴ و ۶-۸] را محاسبه نموده ایم. سپس با بهره گیری از آخرین اطلاعات تجربی قابل دسترس برای این هسته ها [۵]، ثابت های مدل تعیین و تغییرات برحسب پارامتر کنترل، c_s ، بررسی شده است.

نتایج

ما برای این مطالعه، مجموعه هسته های شناخته شده به عنوان نمونه هائی برای حدود تقارنی $U(5)$ ، $SO(6)$ و ناحیه بینابینی این حدود و البته هسته های متناظر با تقارن دینامیکی $E(5)$ ، معرفی شده در جدول ۱، را مورد بررسی قرار داده ایم. نتایج حاصل برای هسته های مورد نظر در جدول ۱ فهرست شده است.



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

جدول ۱. هسته‌های بررسی شده در این مطالعه. q_2 ، q_2' پارامترهای حاصل از برازش روابط ۷ و ۸ به مقادیر تجربی می‌باشند. c_s مقدار پارامتر کنترلی، نسبت برانگیزش دورانی و $R_{0_2^+/2_1^+}$ نسبت برانگیزش لرزشی را توصیف می‌نماید.

هسته	$R_{0_2^+/2_1^+}$		q_2		q_2'		$\frac{B(E2; 4_1^+ \rightarrow 2_1^+)}{B(E2; 2_1^+ \rightarrow 0_1^+)}$		$\frac{R_{4_1^+/2_1^+}}{c_s}$						
	Exp.	The.	Exp.	The.	Exp.	The.	Exp.	The.	Exp.	The.					
$^{122}_{52}Te$	0.08	2.09	2.02	2.402	531.73	-0.23	2.852	911.661	50	$^{116}_{52}Te$ 0.052	0.001	99	-2.591	68	-
0.19	2.74	2.881	581.51	$^{150}_{64}Gd$	0.062	0.02	2.00	1.891	951.71	-0.20	2.83	2.951	651.52	$^{120}_{52}Te$	-
0.192	0.72	1.10	1.97	1.861	89	-0.29	2.972	90	1.741	68	$^{148}_{62}Sm$ 0.382	1.14	2.16	2.59	2.48
1.97	-0.34	3.082	991.861	$^{110}_{48}Cd$	0.492	0.34	2.29	2.242	512.07	-0.724	964.733	623.44	$^{104}_{44}Ru$	-	
0.542	482.322	762.652	2.21	-0.585	074.883	893.66	$^{122}_{48}Cd$ 0.48	2.30	2.253	012.87	2.40	-0.23	-		
5.47	5.40	4.52	4.39	$^{114}_{48}Cd$	0.532	282.202	052.68	2.51	-0.155	525.404	314.18	$^{130}_{54}Xe$	0.462	24	
2.202	902.741	92	-0.294	894.663	973.78	$^{102}_{44}Ru$ 0.612	33	2.38	1.982	04	2.05	-0.664	364.213	513.37	
$^{146}_{66}Dy$	0.712	3.36	2.41	-	2.17	2.11	-0.544	154.093	193.07	$^{110}_{46}Pd$ 0.812	462.44	2.53	2.49	2.30	-
0.613	883.713	05	2.96	$^{126}_{54}Xe$	0.922	422.393	383.242	47	-0.683	693.49	2.972	90	$^{192}_{78}Pt$	-	
0.942	482.513	77	3.59	2.67	-0.753	283.11	2.732	66	$^{190}_{80}Hg$ 0.892	502.523	072.99	2.75	-		
0.813	102.99	2.442	2.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

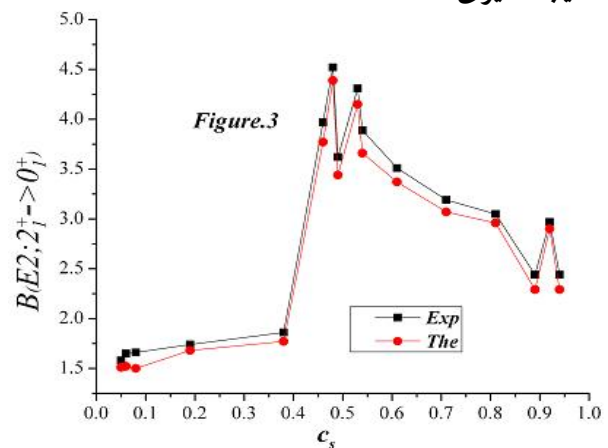
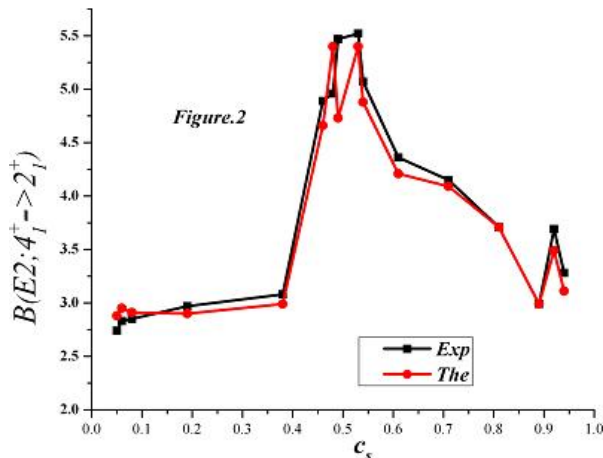
نتایج حاصل توانائی قابل قبول مدل جبری پیشنهادی برای توصف هسته‌های موجود در ناحیه گذار را تائید می‌نماید به نحوی که برای آن دسته از هسته‌های نزدیک به حد تقارنی $U(5)$ ، که دارای $R_{4/2} \approx 2$ هستند، مقدار پارامتر کنترلی $c_s \approx 0$ و برای هسته‌های متناظر با حد تقارنی $SO(6)$ ، که دارای $R_{4/2} \approx 2.5$ هستند، مقدار پارامتر کنترلی را به ص.رت $c_s \approx 1$ پیشنهاد می‌نماید. همچنین نمودار تغییرات مقدار احتمال‌های گذار چهار قطبی الکتریکی برای هسته‌های مطالعه شده در شکل‌های ۲ و ۳ نمایش داده شده است. انطباق قابل قبول بین نتایج حاصل از محاسبات و مقادیر تجربی متناظر مشاهده می‌شود. همچنین تغییرات قابل توجه در نقطه بحرانی گذار فاز، $c_s \approx 0.5$ ، کاملاً روشن بوده و پیش‌بینی‌های قبلی در این خصوص و ایجاد تغییرات در ساختار سیستم‌های هسته‌ای را تائید می‌نماید.



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

نتیجه گیری



احتمال گذارهای چهار قطبی الکتریکی $B(E2; 4_1^+ \rightarrow 2_1^+)$ و $B(E2; 2_1^+ \rightarrow 0_1^+)$ برای آن دسته از هسته های شناخته شده در ناحیه گذار فازی شکلی $SO(6) \leftrightarrow U(5)$ محاسبه شده است. با استفاده از هامیلتونین معرفی شده بر پایه جبرآفین $SU(1, 1)$ و ویژه حالات متناظر آن، مولفه های ماتریس محاسبه و با برازش به مقادیر متناظر تجربی، ثابت های مدل تعیین شده اند. نتایج حاصل توانائی قابل توجه مدل را در محاسبه دقیق مقادیر احتمال های گذار چهار قطبی در مقایسه با نتایج تجربی نشان می دهد. همچنین تغییرات قابل توجه این کمیات در نقطه بحرانی گذار فازی، $c_s \approx 0.5$ ، وجود تغییرات ساختاری در این نقطه را پیشنهاد می نماید.

منابع

- [۱]. J. M. Arias *et al.* [U\(5\)-O\(6\) transition in the interacting boson model and the E\(5\) critical point symmetry](#), Phys. Rev. C, 68, 041302, 2003.
- [۲]. P. Cejnar, J. Jolie, R.F. Casten, Quantum Phase Transition in the shapes of atomic nuclei, Rev. Mod. Phys. 82, 2155, 2010.
- [۳]. R. F. Casten, D. D. Warner, The interacting boson approximation, Rev. Mod. Phys. 60, 389, 1988.
- [۴] Feng Pan, J. P. Draayer, *New Algebraic solution for U(5) ↔ SO(6) transitional nuclei in interacting boson model*, Nucl.Phys.A, 636, 156-168, 1996.
- [۵]. National Nuclear Data Center, (Brookhaven National laboratory), chart of nuclides, (<http://www.nndc.bnl.gov/chart/reColor.jsp?newColor=dm>)
- [۶]. H. Sabriet *al.* Nearest neighbor spacing distribution of $U(5) \leftrightarrow SO(6)$ transitional region, Eur. Phys. J. Plus, 129, 52, 2014.
- [۷]. M. A. Jafarizadehet *al.* Description of Even–Even $^{114-134}\text{Xe}$ isotopes in the Transitional Region of IBM, Braz. J. Phys, 43, 34-43, 2013.
- [۸]. H. Sabri, A theoretical study of energy spectra and two neutron separation energies of $^{106-122}\text{Cd}$ isotopes in Transitional Region of IBM, Eur. Phys. J. Plus, 129, 138, 2014.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله