Usmanov Pazlitdin Nuritdinovich
Namangan muhandislik-texnologiya instituti, professor.
Nishonov Azizbek Nazirjon o’g’li
Namangan muhandislik-texnologiya instituti, assistent.
Mahmudov Javohir Baxtiyor o’g’li
Namangan davlat universiteti, magistr
Tel 90 599-22-99 E-mail: usmanov1956.56@mail.ru
UDK 539.142

^{236}U YADROSINING MANFIY JUFTLIK HOLATLARINING XUSUSIYATLARI.

Annotatsiya. Rotatsion bandlar koriolis aralashuvini xisobga oluvchi fenomenologik model doirasida ^{236}U yadrosining manfiy juftlikli holatlarining xususiyatlari tadqiq qilingan. $K^{\pi}=0^{-}$, 1^{-} oktupol holatlarini aralashuvi o’rganilgan. Energiya va to'lqin funktsiyalari hisoblash uchun analitik ifodalar olingan. Energiyaning hisoblangan qiymatlari ekspriment bilan yaxshi mos keladi.

Kalit so’zlar: energiya, yadro, spin, manfiy juftlik, koriolis aralashuvi, aylanma band.

Усманов Пазлитдин Нуритдинович
Наманганский инженерно-технологический институт, профессор.
Нишонов Азизбек Назиржон ўғли
Наманганский инженерно-технологический институт, ассистент.
Маҳмудов Жавоҳир Бахтиёр ўғли
Наманганский государственный университет, магистрант
Тел 90 599-22-99 *E-mail: usmanov1956.56@mail.ru

СВОЙСТВА СОСТОЯНИЙ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ЧЕТНОСТИ ЯДРА ^{236}U

Анотация. В рамках феноменологической модели, учитывающей кориолисово взаимодействие состояний ротационных полос, исследуются свойств состояний отрицательной четности ядра ^{236}U. Рассматривается смешивание состояний октупольных полос на основаниях с $K^{\pi}=0^{-}$, 1^{-}. Для вычисления энергий и волновых функций получены аналитические выражения. Вычисленные значения энергий хорошо согласуются с экспериментом.

Ключевые слова: энергия, ядро, спин, отрицательная чётность, кориолисово смешивание, ротационная полоса.

Usmanov Pazlitdin Nuritdinovich

Namangan Institute of Engineering and Technology, professor.

Nishonov Azizbek Nazirjon o’g’li

[2]*Namangan State University*, assistant.

Mahmudov Javohir Baxtiyor o’g’li

Namangan davlat universiteti, master

Tel 90 599-22-99 *E-mail: usmanov1956.56@mail.ru

PROPERTIES OF NEGATIVE PARITY STATES OF THE ^{236}U NUCLEUS

Abstract. The negative parity states of the ^{236}U nucleus are studied using a phenomenological model that allows for Coriolis interaction between the states of rotational bands. The mixing of octupole band states based on $K^{\pi}=0^{-}$, 1^{-} is considered. Analytical expressions for calculating the energies and wavefunctions are obtained. Calculated values of the energies are in good agreement with experimental findings.

Key words: *energy, nucleus, spin, negative parity, Coriolis mixing, rotational band.*

Kirish

Hozirgi vaqtda atom yadrosi strukturasi fizikasida aktinidlar oilasi yadrolarining manfiy juftlilik holatlarini eksperimental va nazariy tadqiqotlari juda dolzarbdir [1-3]. Aktinidlardagi quyi darajadagi manfiy juftlikli holatlarning kollektiv tabiati tasodifiy faza usuli doirasida olib borilgan tadqiqotlarda aniqlangan[4-6]. Ushbu bashoratlar Kulon uyg’onishi haqidagi eksperiment ma'lumotlarga mos keladi. ^{236}U yadrosida oktupol holatlar ma’lum va ular asosida aylanma band holatlari qurilgan. ma'lum.

Ushbu ishda ^{236}U dagi manfiy juftlilik holatlarning hossalarini o'rganish uchun biz oktupol $K^{\pi}=0^{-}$ va $K^{\pi}=1^{-}$ bandlarni holatlarini Koriolis aralashuvini e’tiborga oluvchi fenomenologik modeldan foydalanilgan [7-9]. Energiya va to'lqin funktsiyalari hisoblash uchun analitik ifodalar olingan. Quyi joylashgan oktupol bandlarning energiya spektri, holatlar strukturasi hisoblangan va tahlil qilingan.

Model

Model [8, 9] doirasida yadroning Hamilton operatori quyidagi ko’rinishga ega:

$$H = H_{rot}(I^2) + H_{KK'}(I) \qquad (1)$$

$$H_{KK'}(I) = \omega_K \delta_{KK'} - \frac{1}{2}\sqrt{1-(-1)^I}\,\omega_{rot}(I)(j_x)_{01}\delta_{KK'\pm 1}. \qquad (2)$$

Bu yerda ω_0 va ω_1 mos ravishda $K^{\pi}=0^{-}$ va $K^{\pi}=1^{-}$ aylanma bandlarining bosh energiyalari; $\omega_{rot}(I)$- yadroning burchak aylanish chastotasi; $(j_x)_{01} = \langle 0^{-} | \hat{j}_x | 1^{-} \rangle$ - ichki to'lqin funktsiyalari orasidagi matritsa elementi.

Biz to'lqin funksiyasini quyidagi shaklda qidiramiz:

$$\begin{aligned} |IMK\rangle &= \sqrt{\frac{2I+1}{16\pi^2}} \times \sum_{K'} \frac{\psi^I_{K'K}}{\sqrt{1+\delta_{K',0}}} \times \\ &\times \left\{ D^I_{M,K'}(\theta) b^{+}_{K'} + (-1)^{I+K'} D^I_{M,-K'}(\theta) b^{+}_{-K'} \right\} |0\rangle \end{aligned} \qquad (3)$$

bu yerda $\psi^{I}_{KK'}$ - aylanma bandlar holatlarining aralashish koeffisienti; $D^{I}_{M,K'}$ - Wigner funktsiyasi; $b^{+}_{K'}$ - manfiy juftlik holatlarini vujudga keltiruvchi opertorlar: $b^{+}_{\lambda=3K}\left|0\right\rangle = b^{+}_{K}\left|0\right\rangle$ bilan $K^{\pi}=0^{-}$ va $K^{\pi}=1^{-}$.

Shredinger tenglamasini

$$(H_{K\nu}(I) - \varepsilon_{\nu}(I))\psi^{I}_{K\nu} = 0 \qquad (4)$$

yechib, $K^{\pi}=0^{-}$ va $K^{\pi}=1^{-}$ bandlar holatlari energiyalarini xususiy qiymatlarini aniqlaymiz

$$\varepsilon(I)_{0,1} = \frac{\omega_0+\omega_1}{2} \pm \sqrt{\frac{(\omega_0-\omega_1)^2 + 4\omega^2_{rot}(I)(j_x)^2_{0,1}}{4}} \qquad (5)$$

Holat to’la energiyasi quyidagi formula bilan aniqlanadi;

$$E_{\nu}(I) = E_{rot}(I) + \varepsilon_{\nu}(I)$$

(6)

Yadroning aylanish energiyasi $E_{rot}(I)$ quyidagi ikki parametrli Xarris formulasi yordamida aniqlanadi

$$E_{rot}(I) = \frac{1}{2}\Im_0\omega^2_{rot}(I) + \frac{3}{4}\Im_1\omega^4_{rot}(I), \qquad (7)$$

$$\sqrt{I(I+1)} = \Im_0\omega^2_{rot}(I) + \Im_1\omega^3_{rot}(I), \qquad (8)$$

bu yerda $\Im_0$ va $\Im_1$- yadroning aylanma inersial parametrlari. (8) kubik tenglamani yechib, yadro aylanish chastotasi $\omega_{rot}(I)$ ni aniqlaymiz. (8) tenglama bitta haqiqiy va ikkita mavhum yechimga ega. (8) tenglamaning haqiqiy yechimi $\omega_{rot}(I)$ aylanish chastotasining qiymati bo'lib, u quyidagi analitik formula bilan aniqlanadi:

$$\omega_{rot}(I) = \left\{\frac{\sqrt{I(I+1)}}{2\Im_1} + \left[\left(\frac{\Im_0}{3\Im_1}\right)^3 + \frac{I(I+1)}{4\Im_1^2}\right]^{1/2}\right\}^{1/3} + \qquad (9)$$

$$+\left\{\frac{\sqrt{I(I+1)}}{2\Im_1} - \left[\left(\frac{\Im_0}{3\Im_1}\right)^3 + \frac{I(I+1)}{4\Im_1^2}\right]^{1/2}\right\}^{1/3}.$$

Oktupol $K^{\pi}=0^{-}$ va $K^{\pi}=1^{-}$ bandlardagi holatlarining Koriolis o'zaro ta'sirini hisobga olgan holda holatlarining to'lqin funktsiyalari uchun quyidagi analitik formulaga ega bo'lamiz:

$$\psi^{I}_{K,K'}=\Phi^{I}_{K,K'}\Big/\sqrt{\sum_{\nu=0}^{1}\left[\Phi^{I}_{K,\nu}\right]^{2}} \tag{10}$$

Bu yerda

$$\begin{aligned}&\Phi^{I}_{00}=-(\omega_0-\varepsilon_1(I)),\quad \Phi^{I}_{10}=\frac{1}{\sqrt{2}}\omega_{rot}(I)(j_x)_{01},\\&\Phi^{I}_{11}=\omega_1-\varepsilon_0(I),\quad \Phi^{I}_{01}=-\frac{1}{\sqrt{2}}\omega_{rot}(I)(j_x)_{01},\end{aligned} \tag{11}$$

Bu yerda K va K' lar 0 va 1 qiymatlarni qabul qiladi.

Xisoblash natijalari

Hisoblashlar ^{236}U yadrosi uchun amalga oshirildi. Oktupol $K^{\pi}=0^{-}$ va 1^{-} Aylanma bandlarning holatlarini Koriolis aralashishi ko'rib chiqildi. Holatlar energiyasini tavsiflashda model parametrlari aylanma band bosh energiyalari ω_0, ω_1, aylanma bandlarning Koriolis aralashuvini tavsiflovchi matritsa elementi $(j_x)_{01}$ hisoblanadi. Bu parametrlar nazariy va eksperimental energiya qiymatlarini o'zaro mos kelishligi asosida kichik kvadratlar metodi yordamida aniqlandi. Mazkur model doirasida noyob yer elementlari yadrolarining musbat va manfiy juftlikli aylanish holatlarining xususiyatlarini [11-16] o'rganib chiqilgan. Aylanadigan o'zakning $\Im_0$ va $\Im_1$ inertsial parametrlari Xarris formulasi [10] yordamida asosiy bandning $I\le 8\hbar$ spingacha bo'lgan holatlari eksperimental energiyalaridan foydalangan holda aniqlangan.

Bizni holda, oktupol bandlari holatlarining nazariy va experiment energiyalari qiymatlari o'rtasida yaxshi moslikka erishish uchun biz yuqorida tavsiflangan usul bilan aniqlangan $\Im_0$ va $\Im_1$ parametrlarni o'zgartirishimiz kerak bo'ldi.

Hisoblashlarda foydalanilgan model parametrlarining 1-jadvalda qiymatlari keltirilgan.

1-jadval.

ω_0 МэВ	ω_0 МэВ	$(j_x)_{01}$	$\Im_0$ $\hbar^2$ / МэВ	$\Im_1$ $\hbar^4$ / МэВ^3
0.674	0.950	1.5057	76.48	249.19

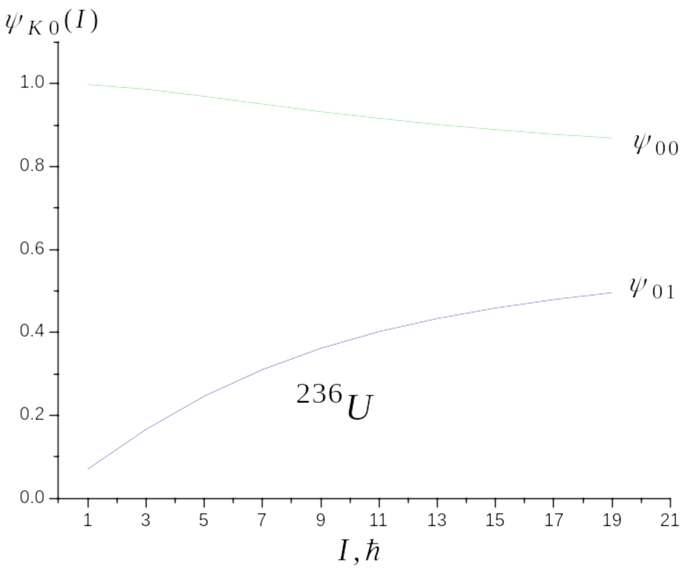
Eslatma: ω_K - $K^\pi=0^-$ *va* $K^\pi=1^-$ *bandlarning bosh energiyalari qiymati;* $(j_x)_{01}$ *-Koriolis aralashuvining matritsa elementi;* $\Im_0$ va $\Im_1$ *aylanuvchi o'zakning inertsial parametrlari.*

2-jadvalda manfiy juftlik $K^\pi=0^-$ va $K^\pi=1^-$ bandlari holatlarining burchak chastotalari $\omega_{rot}(I)$, aylanma energiyalari $E_{rot}(I)$ va ichki energiyalari $\varepsilon_K(I)$ hisoblangan qiymatlari hamda rotatsion bandlarning nazariy va eksperimental energiyalari taqqoslangan. Foydalanilgan model manfiy juftlikli bandlarning energiyalari bo'yicha eksperimental va nazariy ma'lumotlarni yaxshi mos kelishini ko'rsatadi. Koriolis tasir natijasida $K^\pi=0^-$ bandlar holatlarini ichki energiyalari $\varepsilon_{0^-}(I)$ spin ortishi bilan kamayishi va $K^\pi=1^-$ band holat ichki energiyalari $\varepsilon_{1^-}(I)$ ortib borishi kuzatiladi.

2-jadval $K^{\pi}=0^{-}$ va $K^{\pi}=1^{-}$ bandlarning uyg'ongan holatlarining energiya xarakteristikalari.

	$\omega_{rot}(I)$	$E_{rot}(I)$	$\varepsilon_0(I)$	$E_{0^-}(I)$		$\varepsilon_1(I)$	$E_{1^-}(I)$	
				Exp.[1]	Nazariya		Exp.[1]	Nazariya
1^-	0.018	0.013	0.673	0.688	0.686	0.951	(0.967)	0.964
2^-	0.032	0.039					0.988	0.989
3^-	0.045	0.078	0.666	0.744	0.744	0.958	1.037	1.036
4^-	0.058	0.130					1.070	1.080
5^-	0.070	0.195	0.655	0.848	0.849	0.969	(1.164)	1.163
6^-	0.083	0.272						1.222
7^-	0.095	0.361	0.641	0.999	1.002	0.983		1.343
8^-	0.107	0.462						1.412
9^-	0.119	0.575	0.625	1.199	1.20	0.999		1.574
10^-	0.130	0.699						1.650
11^-	0.141	0.835	0.608	1.444	1.443	1.016		
12^-	0.152	0.982						
13^-	0.162	1.139	0.591	1.733	1.730	1.033		
14^-	0.173	1.307						
15^-	0.183	1.485	0.575	2.061	2.058	1.051		
16^-	0.192	1.672						
17^-	0.202	1.869	0.557	2.423	2.426	1.068		
18^-	0.211	2.076						
19^-	0.220	2.292	0.540	2.823	2.832	1.084		
20^-	0.229	2.516						
21^-	0.237	2.750	0.524	3.249	3.273	1.100		
22^-	0.246	2.991						
23^-	0.254	3.241	0.509		3.750	1.116		

1-rasmda $K^{\pi}=0^{-}$ bandning holatlari uchun aralashish amplitudasi koeffitsientlari ψ_{K0}^{I} spinga bog’liqligi ko'rsatilgan. Spinning ortishi bilan ψ_{00}^{I} komponenti kamayishi, ψ_{01}^{I} komponenti esa ortishi kuzatildi. Spinning katta qiymatlarida bu natija E1-o'tishlarining noadiabatikligida namoyon bo'lishi kerak.



1-rasm. $K^{\pi}=0^{-}$ *band holatlarining strukturasi.*

Umumiy xulosalar

^{236}U yadrosining manfiy juftlik holatlarining hossalari fenomenologik model doirasida o'rganildi. Quyi joylashgan aylanma $K^{\pi}=0^{-}$ va $K^{\pi}=1^{-}$ oktupol bandlar holatlarining Koriolis aralashuvi ko'rib chiqildi. O'rganilgan bandlar energiyalari va strukturasi xisoblangan. Foydalanilgan model manfiy juftlikli bandlarning energiyalari bo'yicha eksperimental va nazariy ma'lumotlarni o'zaro yaxshi mos kelishini ko'rsatdi. Band holatlarini spinlarini ortib borishi bilan Koriolis aralashishi o'sib borishi va katta spinlarda bu effect E1-o'tishlardagi noadiabatiklikda namoyon bo'lishi mumkunligi ko'rsatildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Shaofei Zhu, *Nucl. Data Sheets*, vol. 182, pp. 2-129, 2022.
2. V.I. Kuprikov, V.N. Tarasov, Phys. At. Nucl. **84(6)**, 796 (2021)
3. M.S. Nadirbekov, S.N. Kudiratov, O.A. Bozarov, Phys. At. Nucl. 85(6), 567 (2022).
4. V.G. Soloviev, P. Vogel, *Phys. Lett.*, vol. 6, pp. 126-128, 1963.
5. В.Г. Соловьев, П. Фогель, А.А. Корнейчук, *Изв. АНСССР сер. физ*, том 28, сс. 1599-1616, 1964.
6. A. Faessler, A. Plastino, *Z. f. Phys*, vol. 203, pp. 333-345, 1967.
7. I.N. Mikhaylov, R.Kh. Safarov, P.N. Usmanov, Sh. Brianson. Yadernaya Fizika **38**, No.2(8), 297-307 (1983).
8. P.N. Usmanov, A.A. Solnyshkin, A.I. Vdovin, U.S. Salikhbaev, Phys. of Atomic Nuclei **77**, No.11, 1343-1349 (2014).
9. K.Ya. Gromov, P.N. Usmanov, A.Kh. Kholmatov, T.A. Islamov, Yu.S. Butabaev, R.A. Niyazov. Izvestiya RAN seriya fizicheskaya **56**, No.11, 36-42 (1992).
10. S.M. Harries. Phys. Rev. **138**, 509-513 (1965).
11. P.N. Usmanov, A.A. Okhunov, U.S. Salikhbaev, A.I. Vdovin. Physics of Particles and Nuclei Letters **7**, No. 3 185-191 (2010).
12. A.A. Okhunov, P.N. Usmanov, Torla Hj. Hassan, Abu El Sheikh. Available online www.sciencedirect.com, Science direct. Materials Today: Proceedings **17**, 424-429 (2019).
13. P.N. Usmanov, E.K. Yusupov. IIUM Engineering Journal **21**, 167-174 (2021).
14. P.N. Usmanov, A.I. Vdovin, E.K. Yusupov, U.S. Salikhbaev. Phys. Part. Nucl. Letters **16**, No.6, 706-712 (2019).
15. [P. N. Usmanov, A. I. Vdovin, and A. N. Nishonov, Bull. Russ. Acad. Sci.:

Phys. **86**, 918 (2022)].
16. П. Н. Усманов, А. И. Вдовин, А. Н. Нишонов, С. Б. Бокиев, Uzbek J. Phys. **24**(2), 99 (2022).