

هسته های آینه سبک و مسئله استقلال بار نیروی هسته ای

دولت آبادی، حسین؛ سخایی، محمود*

گروه فیزیک دانشکده علوم دانشگاه بیرجند

چکیده:

در این پژوهش هسته های آینه $A=3-45$ به طور سیستماتیک مطالعه و بررسی شده است. اختلاف انرژی کولنی (CED) برای هر دو هسته آینه از روی ترازهای انرژی برانگیخته محاسبه و رسم شده است. انرژی جدایی نوترون و پرتون S_n و S_p برای تمام ایزوتوپها و ایزوتونهای آینه ای از روی آخرین داده های تجربی استخراج و پس از تصحیحات انرژی کولنی بررسی و تجزیه و تحلیل شده که با فرض استقلال از بار نیروهای هسته ای مطابقت بسیار خوبی دارند.

Light mirror nuclei and charge independence nuclear force

Dowlatabadi, Hossein; Sakhaee, Mahmood
Physics Department, Birjand University, Birjand

Abstract

This study surveys mirror nuclei $A=3-45$ systematically. Coulomb energy difference is (CED) is calculated and drawn for both nuclei based on the excited energy levels. Neutron and proton separation energies are drawn from the last experimental data and then they are analyzed after coulomb energy correction. This closely corresponds to the nuclear force charge independence assumption.

ای ($^{50}_{24}Cr$ و $^{50}_{26}Fe$), ($^{71}_{35}Br$ و $^{71}_{36}Kr$) و نیــــز
($^{51}_{24}Cr$ و $^{51}_{25}Mn$) و ($^{49}_{25}Mn$ و $^{49}_{24}Cr$) و
ترازهای انرژی تجربی کاملاً مشابهی گزارش شده است [۱-
۸]. در این مقاله با استفاده از داده های تجربی موجود یک
بررسی سیستماتیک روی ایزوتوپها و ایزوتونهای آینه ای
انجام شده است.

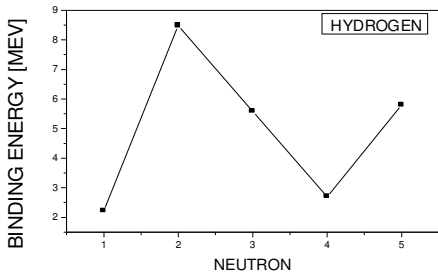
انرژی اولین تراز برانگیخته

انرژی اولین تراز برانگیخته برای هسته های $A=7-23$
($Z, N=Z+1$) و $A=6-20$ ($Z, N=Z+2$) از داده های تجربی
[۹-۱۳] استخراج و با یکدیگر مقایسه شده است .
بطوریکه در شکل ۱- الف می بینیم نمودار به آرامی افزایش
می یابد و در عدد جادویی $N=8$ به بیشینه خود می رسد
و سپس کاهش می یابد و خیزهایی که مشاهده می شود
حاصل از اثر تزویج است. در سمت راست قله $N=8$ نمودار
برای A فرد، افت و خیز نداریم در صورتیکه در سمت

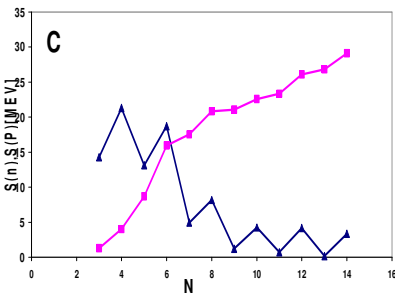
مقدمه:

از سال ۱۹۳۲ با کشف نوترون توسط چادویک نیروی هسته
ای از مسائل مهم و مورد توجه بوده است. در حقیقت هدف
اصلی فیزیک هسته ای شناخت خواص و نیروی بین
نوکلئونهاست. در خلال این هفتاد و چند سال در سراسر
جهان تعداد بسیار زیادی از فیزیکدانان تحقیقات دامنه دار و
پر هزینه ای را انجام داده اند و در حال حاضر حجم عظیمی
از داده های تجربی موجود است. مسئله استقلال بار نیروی
هسته ای نیز به همان قدمت کشف نوترون است و هسته
های آینه ای برای بررسی این خاصیت مناسب می باشند.
در چند سال اخیر هسته های آینه ای مورد توجه قرار
گرفته و پژوهشهای نظری و تجربی متعددی در این زمینه
انجام شده است، مثلاً گشتاورهای دوقطبی مغناطیسی و چهار
قطبی الکتریکی زوج آینه ای 8Li و 8B به طور نظری و
تجربی گزارش شده است. برای زوج هسته های آینه

صعودی می شود. نمودارهای انرژی بستگی کل بر حسب نوترون رسم شده است، تمام نمودارها صعودی هستند به جز نمودار هیدروژن که افت و خیز شدیدی دارد.

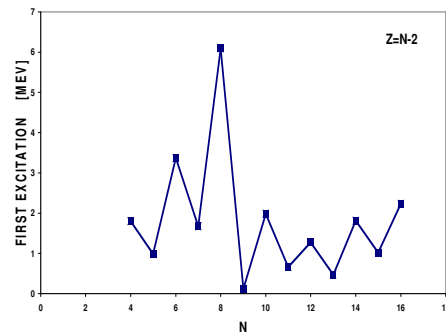


شکل ۲-الف:
انرژی بستگی
بر حسب نوترون

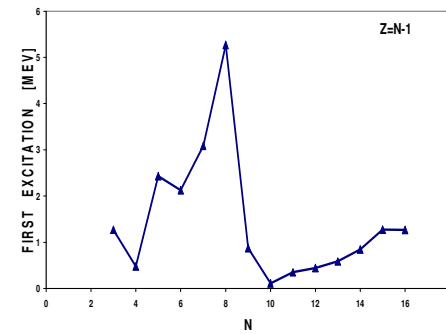


شکل ۲-ب:
انرژی جدایی
بر حسب نوترون

چپ افت و خیزهایی مشاهده می شود که با نمودار هسته های سنگین تطابق دارد [۱۲]. در نمودار A زوج انرژی برانگیختگی هسته های زوج-زوج بیشتر است.



شکل ۱-الف:
نمودار اولین
انرژی برانگیختگی
هسته های زوج



شکل ۱-ب:
نمودار اولین
انرژی برانگیختگی
هسته های فرد

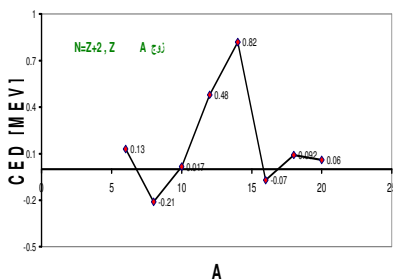
اختلاف انرژی کولنی CED برای هر دو هسته آینه

اختلاف انرژی کولنی (CED) برای هر دو هسته آینه ۲۰- $A=7-23(Z,N=Z+1)$ و $A=6(Z,N=Z+2)$ از روی ترازهای انرژی برانگیخته محاسبه و رسم شده است [۹-۱۳ و ۱۶]. شکل ۴-الف و شکل ۴-ب که با نمودار CED نظری دیگران [۳] مقایسه شده است که مطابقت خوبی دارد.

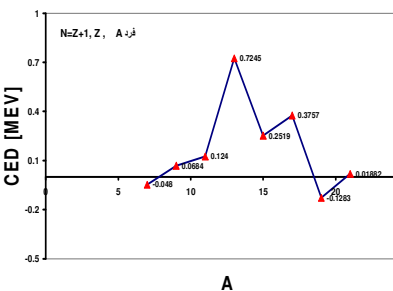
انرژی جدایی نوترون و پروتون برای تمام ایزوتوپها و ایزوتونها

مقادیر S_p و S_n برای 45 زوج هسته آینه ای (۹۰ نوکلید) از مقادیر تجربی استخراج و نمودارهای S_p و S_n بر حسب نوترون، پروتون و عدد اتمی رسم شده و تجزیه و تحلیل شده است [۱۶-۱۳].

در نمودارهای S_p و S_n بر حسب نوترون، نمودار S_p بدون افت و خیز و صعودی است. این افت و خیز در نمودار شکل ۲-الف برای کربن خیلی کمتر از بقیه ایزوتوپها است. نمودارهای S_n بر حسب نوترون نزولی و با افت و خیز است که در کربن این افت و خیز بسیار شدید است. نمودار S_p و S_n بر حسب A (N=Z=even) نزولی است و نمودار S_p شیب بیشتری دارد و نمودار S_n در $A=32$ (N=Z=16)



شکل ۴-الف:
اختلاف انرژی
کولنی برای
هسته های زوج

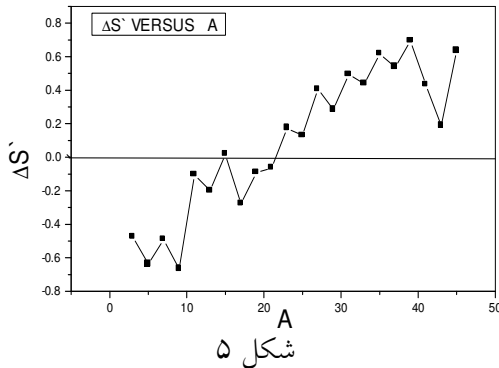


شکل ۴-ب:
اختلاف انرژی
کولنی برای
هسته های فرد

بررسی انرژی جدایی

همانطور که مشاهده می شود این رابطه با تقریب بسیار خوبی برقرار است.

در جدول (۱) تمام انرژیها بر حسب MEV می باشد. تعریف پارامترها در متن داده شده است.



شکل ۵

دو هسته آینه ای ($A=2Z+1, N=Z+1$) و ($A=2Z, N=Z$) مشترکند و اختلاف در آخرین نوترون یا پروتون می باشد. اگر فرض استقلال بار نیروی هسته ای درست باشد، صرف نظر از نیروی کولنی دو هسته آینه ای باید کاملاً مشابه باشند. برای بررسی موضوع ΔS را تعریف می کنیم:

$$\Delta S = S_n(A+1, N=Z+1) - S_p(A+1, Z=N+1)$$

که در آن S_p و S_n به ترتیب انرژی جدایی نوترون و پروتون می باشد. در غیاب نیروی کولنی انتظار داریم $\Delta S = 0$ باشد. انرژی کولنی هسته با فرض توزیع یکنواخت بار پروتونها $E_C = \frac{3}{5} \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q^2}{R}$ می باشد [۱۷] اختلاف انرژی کولنی دو هسته ($A+1, Z=N+1$) و ($A, N=Z$) را تعریف می کنیم:

$$\Delta E_C = E_C(A+1, Z=N+1) - E_C(A, N=Z)$$

که در آن E_C انرژی کولنی هسته است.

با تصحیح انرژی جدایی پروتون S_p در غیاب نیروی کولنی:

$$S'_p = S_p + \Delta E_C, \quad \Delta S' = S_n - S'_p$$

مقادیر S_p و S_n و ΔS و ΔE_C و $\Delta S'$ و $\frac{\Delta S'}{S_n}$ در جدول (۱)

داده شده است. خطای نسبی $\frac{\Delta S'}{S_n}$ محاسبه شده است. بیشترین مقدار $\frac{\Delta S'}{S_n}$ مربوط به $A=3$ می باشد. مقادیر دیگر بسیار ناچیزند (یکی، دو مورد ۶ درصد و بقیه کمتر از ۶ درصد). اگر فرض استقلال بار نیروی هسته ای درست باشد باید $\Delta S' = 0$ باشد، نمودار $\Delta S'$ بر حسب عدد اتمی رسم شده است. شکل (۵)

NUCLEUS	S_n	S_p	ΔS	ΔE_c	$\Delta S'$	
3_1H_2	6.257		0.764	1.23949	-	7.59936
3_2He_1		5.493				
7_3Li_4	7.2499	9.9754	1.6449	2.13573	-	6.77017
7_4Be_3	10.676	5.605				
${}^{11}_5B_6$	11.4541	11.2276	2.7649	2.8695	-0.1046	0.91318
${}^{11}_6C_5$	13.1194	8.6892				
${}^{13}_6C_7$	4.9463	17.5329	3.0028	3.2023	-0.1995	4.03326
${}^{13}_7N_6$	20.0639	1.9435				
${}^{15}_7N_8$	10.8333	10.20742	3.5363	3.5186	0.0177	0.16343
${}^{15}_8O_7$	13.2224	7.297				
${}^{17}_8O_9$	4.1433	13.781	3.54303	3.82125	-	6.71491
${}^{17}_9F_8$	16.8	0.60027				
${}^{19}_9F_{10}$	10.432	7.9943	4.0207	4.11235	-	0.87852
${}^{19}_{10}Ne_9$	11.627	6.4113				
${}^{21}_{10}Ne_{11}$	6.7611	13.00329	4.3298	4.39348	-	0.94182
${}^{21}_{11}Na_{10}$	17.1	2.4313				
${}^{23}_{11}Na_{12}$	12.4187	8.79411	4.8392	4.66588	0.17332	1.39565
${}^{23}_{12}Mg_{11}$	13.1472	7.5795				
${}^{25}_{12}Mg_{13}$	7.33067	12.064	5.0593	4.93054	0.12876	1.75639
${}^{25}_{13}Al_{12}$	16.932	2.2713				
${}^{27}_{13}Al_{14}$	13.05781	8.2713	5.59481	5.18829	0.40652	3.11327
${}^{27}_{14}Si_{13}$	13.311	7.4630				
${}^{29}_{14}Si_{15}$	8.4735	12.3334	5.7254	5.43977	0.28563	3.37083
${}^{29}_{15}P_{14}$	17.862	2.7481				
${}^{31}_{15}P_{16}$	12.3118	7.297	6.1788	5.68557	0.49323	4.00612
${}^{31}_{16}S_{15}$	13.053	6.133				
${}^{33}_{16}S_{17}$	8.6415	9.56989	6.365	5.92617	0.43883	5.07815

جدول (۱)

تمام انرژیها بر حسب MEV می باشد. تعریف پارامترها در متن داده شده است.

$^{33}_{17}\text{Cl}_{16}$	15.744	2.2765				
$^{35}_{17}\text{Cl}_{18}$	12.644	6.370	6.778	6.16198	0.61602	4.87204
$^{35}_{18}\text{Ar}_{17}$	12.741	5.896				
$^{37}_{18}\text{Ar}_{19}$	8.789	8.715	6.931	6.39336	0.53764	6.11722
$^{37}_{19}\text{K}_{18}$	15.445	1.858				
$^{39}_{19}\text{K}_{20}$	13.076	6.381	7.313	6.62062	0.69238	5.29504
$^{39}_{20}\text{Ca}_{19}$	13.289	5.763				
$^{41}_{20}\text{Ca}_{21}$	8.362	8.891	7.277	6.84405	0.43295	5.17762
$^{41}_{21}\text{Sc}_{20}$	16.187	1.085				
$^{43}_{21}\text{Sc}_{22}$	12.138	4.9298	7.251	7.06388	0.18712	.54157
$^{43}_{22}\text{Ti}_{21}$	12.271	4.4887				
$^{45}_{22}\text{Ti}_{23}$	9.529	8.480	7.915	7.28035	0.63465	6.66017
$^{45}_{23}\text{V}_{22}$	(16100)	1.614				

مرجع ها:

- [1] Private Cominucation
- [2] Nucl.Phys.A679(2001)304-316
- [3] Private Cominucation
- [4] Phys.Rev.C58(1998)4
- [5] Phys.Rev.C44(1991)6
- [6] Phys.Rev.Lett79(1997)22
- [7] Phys.Rev.C62,051303(R)
- [8] Eur.Phys.J.A9, (2000)13-17
- [9] Nucl.Phys.A490(1988)1-225
- [10] Nucl.Phys.A475(1987)1-198
- [11] Nucl.Phys.A565(1993)1-183
- [12] Nucl.Phys.A523(1991)1-196
- [13] Nucl.Phys.A506(1990)1-158
- [14] B.Akbari gheslugh, Thesis, Birjand university
- [15] Nucl.Phys.A595, (1995) 409
- [16] Table of isotopes, Eighth edition, Richard B. Firestone, Lawrence berkeley National laboratory, 1998
- [17] Milford, Rits, Introduction of electromagnetic