

۱۶ و ۱۷ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

## واپاشی بتازایی ایزوبارهای هیپروهسته $\Xi^0$ و محاسبه انرژی بستگی هیپرون $\Xi^0$ در هسته

آرمات، آیدا<sup>(۱)</sup> - حسن آبادی، حسن<sup>(۱)</sup>

دانشگاه شاهرود، دانشکده فیزیک، گروه هسته‌ای

### چکیده:

در این کار با استفاده از فرمول نیمه تجربی جرم هیپروهسته، زنجیره جرمی ایزوبارهای فرد-فرد، زوج-زوج و زوج-فرد هیپروهسته  $\Xi^0$  به دست آمده و انرژی بستگی هیپرون  $\Xi^0$  در هیپروهسته محاسبه شده است.

کلمات کلیدی: هیپروهسته، هیپرون، انرژی بستگی

### مقدمه:

فیزیک هیپروهسته مرز بین فیزیک هسته‌ای و ذرات است. توسعه فیزیک آن کمک قابل توجهی به فهم ساختار هسته، برهم‌کنش‌های نوکلئون-هیپرون و سیستم‌های چند شگفتی کرده است. هیپروهسته‌ها سیستم‌های مقیدی از نوکلئون‌ها و یک یا چند باریون شگفت می‌باشند به عبارتی هسته‌هایی با حداقل یک هیپرون را هیپروهسته می‌گویند [۱]. هیپروهسته‌ها در سال ۱۹۵۲ کشف شدند [۲-۳]. روش‌های مختلفی برای تولید هیپروهسته‌ها در آزمایشگاه‌ها موجود است، از جمله آن‌ها استفاده از پرتوهای  $\pi^+$  و  $k^-$  بر روی هدفی ثابت است [۴-۵]. انرژی بستگی ذره هیپرون در یک هسته از جمله منابع اطلاعاتی برهم‌کنش هیپرون-هسته می‌باشد. انرژی بستگی حالت پایه هیپروهسته در مراجع [۶-۹] بررسی شده است. نقش هیپروهسته در به دست آوردن دانش بنیادی برهم‌کنش واپاشی بتازایی می‌تواند مشابه همان نقش هسته معمولی در فهم برهم‌کنش واپاشی بتازای نوترون باشد. در سال ۱۹۶۸ آهنگ واپاشی بتازایی هیپروهسته، در واکنش معمولی  ${}^4_2\text{He} \rightarrow e^- + \bar{\nu} + {}^4_2\text{He}$  توسط M. M. Block بررسی شده است [۱۰]. در سال ۱۹۵۳ فرمول نیمه تجربی جرم برای نمایش جرم هسته‌ها توسط وایتسکر طراحی شد. این فرمول در سال ۲۰۰۲، توسط Samanta و Adhikari برای هسته‌های سبک بسط داده شد و در سال ۲۰۰۴، Samanta فرمول نیمه تجربی جرم برای هیپروهسته‌ها را به دست آورده

۱۶ و ۱۷ شهریور ۱۳۹۴، دانشگاه یزد

است [۱۱-۱۲]. در این کار با استفاده از فرمول نیمه تجربی جرم برای هیپرو هسته، زنجیره واپاشی بتازایی تعدادی هیپرو هسته  $\Xi^0$ ، زوج-زوج، فرد-فرد و زوج-فرد محاسبه شده است و همچنین انرژی بستگی تعدادی هیپرو هسته  $\Xi^0$  محاسبه شده و تفاوت اثر وجود هیپرون  $\Xi^0$  در هسته و هسته بدون هیپرون  $\Xi^0$  بر روی مقدار انرژی بستگی هسته نشان داده شده است.

روش کار :

انرژی بستگی هیپرون  $\Xi^0$  درون هسته به صورت زیر تعریف می‌شود [۱۱-۱۲]

$$B_{\Xi^0} = B_{\text{hypernuclei}}(A, Z) - B_{\text{cor}}(A - n_{\Xi^0}, z_c) \quad (1)$$

در این رابطه  $B_{\text{hypernuclei}}$  و  $B_{\text{cor}}$  به ترتیب انرژی بستگی هیپرو هسته  $\Xi^0$  و هسته می‌باشند.  $A$  تعداد کل باریون‌ها است.  $n_Y$  و  $Z_c$  به ترتیب تعداد پروتون‌ها و تعداد یک نوع خاص از هیپرون‌ها در درون هسته می‌باشند.  $Z$  به صورت زیر تعریف می‌گردد [۱۱-۱۲]

$$Z = \left| z_c + \sum_Y n_Y q_Y \right| \quad (2)$$

$q_Y$  بار کل هیپرون‌های تشکیل دهنده هیپرو هسته می‌باشد. فرمول انرژی بستگی بر اساس مدل قطره مایع [۱۱-۱۲] به صورت زیر می‌باشد

$$B_{\text{hypernuclei}}(A, Z) = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - \frac{a_{\text{sym}}(n - z_c)^2}{(1 + \exp(-A/17))A} + (1 - \exp(-A/30))\delta \\ n_Y(0.0335(M_{\Xi^0}) - 26.7 - 48.7|S|A^{-2/3}) \quad (3)$$

$S$  و  $M_{\Xi^0}$  به ترتیب عدد شگفتی و جرم هیپرون  $\Xi^0$  هستند و همچنین مقادیر ثابت عبارت‌اند از  $a_v = 15.777 \text{ MeV}$ ،  $a_s = 18.34 \text{ Me}$ ،  $a_c = 0.71 \text{ Me}$ ،  $a_{\text{sym}} = 23.21 \text{ MeV}$ ،  $\delta$ ، به ازای  $n$  فرد-زوج  $Z_c$  برابر صفر، و به ازای  $n$  فرد-زوج  $Z_c$  برابر  $-12A^{-1/2}$  و برای حالت  $n$  زوج-زوج  $Z_c$  برابر  $12A^{-1/2}$  می‌باشد. تعریف جرم هیپرو هسته عبارت است از [۱۱-۱۲]

۵ و ۶ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

$$M_{\text{hypernuclei}}(A, Z) = M_{\text{cor}}(A - n_{\Xi^0}, z_c) + M_{\Xi^0} - B_{\Xi^0} \quad (4)$$

جرم هسته می‌باشد. نمودار زنجیره جرمی برحسب  $Z$  به صورت سهمی می‌باشد که نقطه مینیمم این سهمی ( $\partial M_{\text{hypernuclei}} / \partial z_c = 0$ ) به صورت زیر محاسبه شده است

$$(z_c)_{\min} = \frac{A(1 + e^{A/17})\eta_0}{4\xi_0} \quad (5)$$

که  $\xi_0$  و  $\eta_0$  عبارت اند از

$$\eta_0 = m_n - m_p + \frac{2a_c}{A^{1/3}} + \frac{8a_{\text{sym}}}{1 + e^{-A/17}} \quad (6a)$$

$$\xi_0 = 4a_{\text{sym}}e^{A/17} + a_c A^{2/3} (1 + e^{A/17}) \quad (6b)$$

بنابراین  $M_{\text{hypernuclei}}$  برحسب پارامترهای ثابت و  $(z_c)_{\min}$  می‌شود

$$M_{\text{hypernuclei}}(A, (z_c)_{\min}) = -2a_v A + 2a_s A^{2/3} + 2M_\lambda + A m_n - n_\lambda (-26.7 + 0.067 M_\lambda - \frac{48.7|S|}{A^{2/3}}) - \frac{(m_n - m_p)A(1 + e^{A/17})\eta_0}{4\xi_0} + \frac{\eta_1}{2\xi_0^2} + \frac{\eta_2\eta_3}{8\xi_0^2} \quad (7)$$

که

$$\eta_1 = a_{\text{sym}} A^{1/3} e^{A/17} (1 + e^{A/17}) (A^{1/3} (m_p - m_n) + 2(A-1)a_c)^2 \quad (8a)$$

$$\eta_2 = a_c A^{1/3} (8a_{\text{sym}} (A-2)e^{A/17} + A^{2/3} (1 + e^{A/17})) (A^{1/3} (m_n - m_p) - 2a_c) \quad (8b)$$

$$\eta_3 = 8a_{\text{sym}} A^{1/3} e^{A/17} + (1 + e^{A/17}) (A^{1/3} (m_n - m_p) + 2a_c) \quad (8c)$$

در جدول (۱) نتایج انرژی بستگی تعدادی هیپروهسته‌های  $\Xi^0$  آورده شده است.

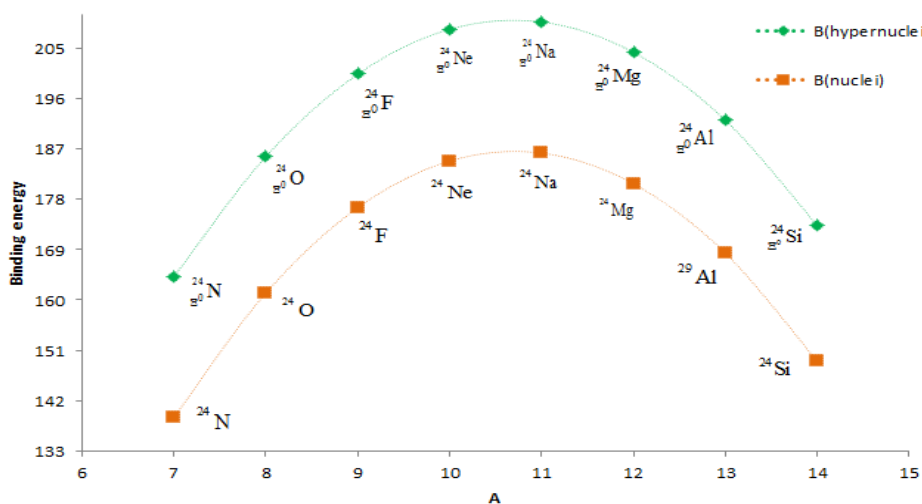
جدول شماره (۱)

ردیف	انرژی بستگی هیپرون $B_{\Xi^0}$ (A = 25) (MeV)	هیپروهسته	انرژی بستگی هیپرون $B_{\Xi^0}$ (A = 24) (MeV)	هیپروهسته
1	---	---	25.1193	${}^{24}_{\Xi^0}\text{N}$

۵ و ۶ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

${}_{\Xi^0}^{24}\text{O}$	24.3913	${}_{\Xi^0}^{25}\text{O}$	24.8645	2
${}_{\Xi^0}^{24}\text{F}$	23.8647	${}_{\Xi^0}^{25}\text{F}$	24.2672	3
${}_{\Xi^0}^{24}\text{Ne}$	23.5394	${}_{\Xi^0}^{25}\text{Ne}$	23.8903	4
${}_{\Xi^0}^{24}\text{Na}$	23.4154	${}_{\Xi^0}^{25}\text{Na}$	23.6688	5
${}_{\Xi^0}^{24}\text{Mg}$	23.4928	${}_{\Xi^0}^{25}\text{Mg}$	23.6688	6
${}_{\Xi^0}^{24}\text{AL}$	23.7715	${}_{\Xi^0}^{25}\text{AL}$	23.6675	7
${}_{\Xi^0}^{24}\text{Si}$	22.2515	${}_{\Xi^0}^{25}\text{Si}$	24.1963	8

شکل (۲) نمودار تفاوت انرژی بستگی هسته و هیپروهسته  $\Xi^0$  به ازای  $A=24$  است.



شکل شماره (۱)

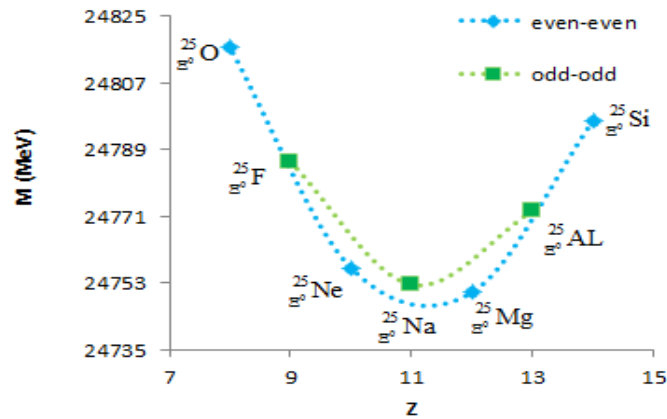
فرایند واپاشی بتازایی هیپروهسته های  $\Xi^0$  به صورت  ${}_{\Xi^0}^A X_{n,z_c} \rightarrow {}_{\Xi^0}^A X_{n-1,z_c+1} + e^- + \bar{\nu}$  و

می باشد. شکل (۲) و (۳) نمودار زنجیره واپاشی بتازایی تعدادی ایزوبارهای

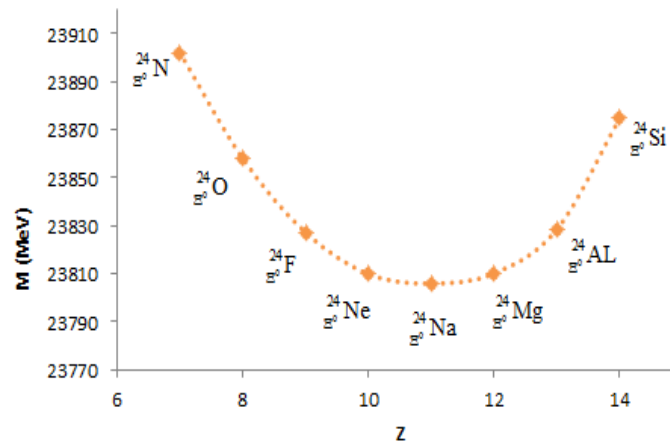
هیپروهسته های  $\Xi^0$  زوج-زوج و فرد-فرد با  $A=25$  و ایزوبارهای هیپروهسته های  $\Xi^0$  زوج-فرد با  $A=24$

برحسب تعداد کل باریون ها است.

۵ و ۶ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد



شکل شماره (۲)



شکل شماره (۳)

## بحث و نتیجه گیری :

در این مقاله با استفاده از فرمول نیمه تجربی جرم هیپرو هسته، مقدار انرژی بستگی هیپرو هسته‌های  $\Xi^0$  به ازای  $A=24$  و  $A=25$  و زنجیره واپاشی بتا زایی آن‌ها محاسبه شده است. در شکل (۱) تفاوت انرژی بستگی هسته و هیپرو هسته  $\Xi^0$  به ازای  $A=24$  نشان داده شده به عنوان مثال در این شکل انرژی بستگی  $^{24}_{11}\text{Na}$  و  $^{24}_{10}\text{Ne}$  به ترتیب برابر  $209/696$  و  $186/280$  است که این تفاوت انرژی بستگی نشان می‌دهد هیپرو هسته‌ها سیستم‌های مقیدی می‌باشند. در شکل (۲) نقطه مینیم زنجیره واپاشی به ازای  $4121/48$  برابر  $11/0213$  می‌باشد.

۵ و ۶ اسفندماه ۱۳۹۴ دانشگاه یزد

مراجع :

- [۱] C. Barbero and A. Mariano, *Physical Review C* 78, 044324 (2008).
- [۲] M. Danysz and J. Pniewski, *Bull. Acad. Polon. Sci.* 3,42 (1952).
- [۳] M. Danysz and J. Pniewski, *philos.mag.* 44 348 (1953).
- [۴] A. Gal and D. J. Millener, *Hyperfine Interact.* 210, 77 (2012).
- [۵] C. Rappold et al, *Phys. Rev. C* 88, 041001 (2013).
- [۶] *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 652 504 (2011).
- [۷] C. G. Koutroulos and M. E. Grypeos, *Physical Review C*, 4 1 (1998).
- [۸] C G Koutroulos, *J. Phys. G. Nucl. Part. Phys.* 17 1069 (1991).
- [۹] J.-P. Ebran, E. Khan, A. Mutschler, arXiv:1506.00911v1 [nucl-th] (2015).
- [۱۰] M. M. BLoCK, *Physical Review C*, 168 5 (1968).
- [۱۱] C. Samanta, P. Roy Chowdhury و *Nucl. Part. Phys* 32, 363 (2006).
- [۱۲] C. Samanta, *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics*, 37 7 (2010).