واپاشی آلفازا در مدل جامع هسته‌ای برای هسته های فوق سنگین و محاسبه نیمه عمر آنها

قناعتیان، محمد[(۱)]– ابوالقاسمی، مهدی *[(۱)]– بذرافشان، افسانه[(۲)]

[(۱)]دانشگاه پیام نور، گروه فیزیک

[(۲)]دانشگاه جهرم، گروه فیزیک

چکیده:

کارآیی یک تئوری برای واپاشی آلفازا بستگی به این دارد که با دراختیار داشتن مقادیر انرژی بستگی و انرژی واپاشی، با چه دقتی می‌توان نیمه عمر واپاشی را برآورد کرد. دراین مقاله نیمه عمر واپاشی آلفازای هسته‌های سنگین را ازطریق مدل جامع هسته‌ای بدست می‌آوریم و با نیمه عمر بدست آمده از مدل های مختلف مورد مقایسه قرار می‌دهیم.

کلمات کلیدی: نیمه عمر، انرژی واپاشی آلفازا، انرژی بستگی هسته‌ای، خواص هسته‌ها، مدل‌های هسته‌ای

۱– مقدمه

مدل‌های هسته‌ای برای توجیه شواهد تجربی نسبت به هسته مطرح شد و برای تحت پوشش قراردادن تمامی خواص هسته نیاز به یک مدل دیگراحساس می‌شود. درغیاب یک تئوری دقیق، تعدادی از مدلهای هسته‌ای توسعه یافته‌اند. برای این کار فرضیات بسیاری برای ساده سازی روابط به کار رفته‌اند. هر مدل تنها قادر به توضیح بخشی از دانش تجربی ما راجع به هسته می‌باشد. اگر فرض کنیم در سطوح پایه و پایین‌ترین سطوح برانگیخته شده، هسته‌ها و نوکلئون‌ها دارای برهمکنش بسیار پایینی باشند، آنگاه مدلهای ذره – مستقل پدیدار می‌شوند که مدل پوسته‌ای را به عنوان مثال گروه مدل مقید از مدلهای ذره مستقل می‌توان نام برد [۱–۳]. نظریه کاملاً متضاد، برهمکنش بسیار قوی بین تمام نوکلئون‌ها در هسته می‌باشد. به عنوان نماینده مدل‌های برهمکنش قوی ، می‌توان از مدل قطره مایع نام برد [۴–۶]. از این‌رو مدل جامع هسته‌ای (INM) بر پایه مدل شبه کوارکی برای تطابق بیشتر باتجربه بیان شد که این مدل تاکنون توانسته اعدادجادویی را بیان و یک فرمول نیز برای انرژی بستگی ارائه کند [۷و۸].

در این مقاله با استفاده از انرژی بستگی اصلاح شده در مدل جامع هسته‌ای [۹]، انرژی واپاشی آلفازا را برای هسته‌های فوق سنگین بدست می‌آوریم و نیمه عمر مربوط به آن هسته‌ها را محاسبه نموده و با دیگر مدل‌ها مقایسه می‌کنیم.

۲- انرژی بستگی هسته‌ای

مجموع پروتون‌ها و نوترون‌ها توسط نیروهای جاذبه قوی هسته‌ای متقابل بین آنها در داخل هسته نگه داشته می‌شوند. همچنین باید نیروهای دافعه با برد کوتاهی بین نوکلئون‌های داخل هسته وجود داشته باشد به طوری که تعادل بین نیروهای جاذبه و دافعه باعث ایجاد چگالی تقریبا ثابت و شعاع متناسب با A شود. فرمول انرژی بستگی هسته‌ای درمدل جامع هسته‌ای اصلاح شده به صورت زیرتعریف می‌شود [۹و۱۰]:

$$B(Z,N)=\left[A-\left(\frac{(N^2-Z^2)+\delta(N-Z)}{3(Z-k)}+3\right)\right]\times\frac{A^{n+s}m_Nc^2}{126(Z-k)} \qquad A>5 \qquad (۱)$$

که δ به منظور برقراری شرایط خط پایداری بتازای هسته‌ای بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\delta(N-Z)=\begin{cases}0 & for\ N\neq Z\\ 1 & for\ N=Z\end{cases} \qquad (۲)$$

و پارامترهای k، S و n عبارتند از:

$$S=\begin{cases}0.0003 & for\ N,Z\ even\\ -0.0003 & for\ N,Z\ odd\end{cases}$$

$$k=\begin{cases}2 & for\ Z\leq 118\\ 0 & for\ Z>118\end{cases}$$

$$n=0.87\ to\ 0.88$$

فرمول ارائه شده برای انرژی بستگی در مدل جامع هسته ای با بدست آوردن نتایج قابل قبول در مقایسه با نتایج تجربی توانست یک رقیب برای فرمول نیمه تجربی جرم در مدل قطره مایع محسوب شود. از نتایج بدست آمده از این فرمول اصلاح شده برای انرژی بستگی می‌توان به خط پایداری و کمینه‌های سهمی‌های جرم اشاره نمود [۹]. با توجه به سادگی این فرمول در مقایسه با فرمول نیمه تجربی جرم لزوم توجه به این مدل احساس می‌گردد.

۲-انرژی واپاشی آلفازا و محاسبه نیمه عمر

با استفاده از انرژی بستگی می‌توان انرژی واپاشی آلفازا را ازطریق فرمول زیر به دست آورد:

$$Q(A,Z)=B(A-4,Z-2)+B(4,2)-B(A,Z) \qquad (۳)$$

با استفاده از انرژی بستگی بدست آمده از مدل جامع هسته‌ای (معادله (۱))، انرژی واپاشی آلفازا هسته‌های فوق سنگین را محاسبه نموده و با انرژی واپاشی آلفازای تجربی مورد مقایسه قرار داده‌ایم (جدول (۱)) [۱۱].

نیمه عمر واپاشی آلفازا را می توان با استفاده از رابطه نیمه تجربی ویولا–سیبورگ (Viola-Seaborg Formula) همراه با مقادیر ثابت تعیین شده بوسیله سابی چیوسکی، پاتیک و سوپیک به شکل زیر بدست آورد [۱۲و۱۳]

$$log_{10}\left(T_{\frac{1}{2}}\right) = (aZ+b)Q^{-1/2} + cZ + d + h_{log} \qquad (۴)$$

که درآن Q انرژی واپاشی آلفازا برحسب MeV و Z عدد اتمی یا عددپروتونی هسته مادر است. a، b، c و d مقادیر ثابت هستند که در اینجا به جای مقادیر اولیه استفاده شده توسط ویولا–سیبورگ، مقادیر جدیدتر زیر ارائه شده‌اند [۱٤]:

برای ۱۲۶– ۱۱۴ =Z: $a = +۱٫۶۶۱۷۵,\quad b = -۸٫۵۱۶۶,\quad c = -۰٫۲۰۲۲۸,\quad d = -۳۳٫۹۰۶۹$

برای N <۱۲۶ و Z >۸۲: $a = +۱٫۴۲۱۵۱,\quad b = -۶۲٫۳۸۴۸,\quad c = -۰٫۵۹۰۱۵,\quad d = -۴٫۲۱۰۹$

برای N >۱۲۶ و Z <۸۲: $a = +۲٫۱۱۳۲۹,\quad b = -۴۸٫۹۸۷۹,\quad c = -۰٫۳۹۰۰۴,\quad d = -۱۶٫۹۴۹۳$

کمیت $h_{\log}$ درمعادله (۴)، بازدارندگی وابسته به اعداد پروتونی و نوترونی فرد را به حساب می‌آورد که مقدار بازدارندگی برای انواع هسته‌های مختلف عبارتند از [۱٤]:

$$h_{log} = \begin{Bmatrix} 0 & for\ N,Z\ even \\ -0.772 & for\ N\ odd, Z\ even \\ 1.066 & for\ N\ even, Z\ odd \\ 1.1114 & for\ N,Z\ even \end{Bmatrix}$$

با استفاده از مقادیر بدست آمده برای انرژی واپاشی آلفازا از مدل جامه هسته‌ای، می‌توان نیمه عمر را با استفاده از فرمول VSF محاسبه نمود که نتایج حاصل برای تعدادی از هسته‌های فوق سنگین در جدول (۱) آورده شده است و با مقادیر تجربی و نتایج بدست آمده از مدل‌های GLDM و DDM3Y مقایسه شده است.

جدول(۱): نمونه محاسبات برای بدست آوردن نیمه عمر هسته‌های سنگین

A	Z	Q_{ex}	Q_{INM} This Work	$log\mathrm{T}_{\frac{1}{2}}(\mathrm{Q_{exp}})$	$log\mathrm{T}_{\frac{1}{2}}(\mathrm{Q_{GLDM}})$	$log\mathrm{T}_{\frac{1}{2}}(\mathrm{Q_{DDM3Y}})$	$log\mathrm{T}_{\frac{1}{2}}(\mathrm{Q_{INM}})$ This Work
۲۹٤	۱۱۸	۱۱/۸۱	۱۱/۷۳	-۲/۷٤	-۳/۹۱	-۳/۸۳	-۳/۰۰
۲۹۲	۱۱٦	۱۰/۸۰	۱۱	-۱/۷٤	-۲/۰٦	-۲/۰٦	-۱/۸۱
۲۹۱	۱۱٦	۱۰/۸۹	۱۰/۹٥	-۲/۲۰	-۲/۰٦	-۱/۲٦	-۱/٦۹
۲۹۰	۱۱٦	۱۱/۰۰	۱۱/۰٦	-۱/۸۲	-۲/۲۱	-۲/۰۸	-۱/۹٦

۲۸۷	۱۱۵	۱۰/۷٤	۱۰/۹٦	-۱/٤۹	-۲/٥٦	-۲/٤٥	-۰/۹٥
۲۸۸	۱۱٤	۱۰/۰۹	۱۰/۱۷	-۰/۱	-۰/۷۳	-۰/۷۹	-۰/۲۳
۲۸٦	۱۱٤	۱۰/۳٥	۱۰/۲٤	-۰/۸	-۲/۱۸	-۲/۱٥	-۰/٤۲
۲۸٥	۱۱۲	۹/۲۹	۹/٤۳	۱/٥۳	۰/۹٥	۱/۲۷	۲/۰٤
۲۸۳	۱۱۲	۹/٦۷	۹/٦٤	۰/٦۰	-۰/۸٦	-۰/٦۱	۱/٤۱

نتیجه گیری

در جدول (۱) نیمه عمر هسته‌های سنگین محاسبه شده با استفاده از مدل جامع هسته‌ای را با مقادیر تجربی و مدل‌های مختلف مورد بررسی قرارداده‌ایم که حاکی از تطابق خوب این مدل با مقادیر تجربی و برتری این مدل نسبت به مدل‌های دیگر می‌باشد. با توجه به موفقیت‌های این مدل در محاسبه انرژی بستگی، انرژی واپاشی آلفازا و نیمه عمر هسته‌ها لزوم بررسی بیشتر و کنکاش جدی‌تر در این مدل به منظور فهمی واقعی‌تر و تصویری دقیقتر از هسته‌ها احساس می‌شود.

مراجع

[۱] C. F. Von Weizsacher, Z. **Physik 96**, 431 (1935).

[۲] N. Bohr, J.A. Wheeler, **Phys. Rev. 56**, 426 (1939).

[۳] H. A. Bethe, **Rev. Mod. Phys. 8**, 82 (1936).

[٤] Maria Goeppert-Mayer, **Phys. Rev. 75**, 1969 (1949).

[٥] O. Haxel, J. D. H. Jensen and H. E. Suess, **Z. Phys. 128**, 295 (1950).

[۶] A. deshalit and I. Talmi, *Nuclear Shell Theory*, Academic Press Inc., New York, 1963.

[۷] N. Ghahramany, H. Hora, G. H. Miley, M. Ghanaatian, M. Hooshmand, K. Philberth and F. Osman, PHYSICS ESSAYS 21-3, 200 (2008).

[۸] N. Ghahramany, M. Ghanaatian and M. Hooshmand, **Iranian Physical Journal 1-2**, 35-38 (2007).

[۹] N. Ghahramany, H. Sarafraza and E. Yazdankish, **Universal Journal of Physics and Application 1-1**, 18-25 (2013).

[۱۰] N. Ghahramany, S. Gharaati and M. Ghanaatian, **Physics of Particles and Nuclei Letters 8-2,** 97-106 (2011).

[۱۱] G. Audi, A. H. Wapstra and C. H. Thibault, **Nucl. Phys. A 729**, 337-676 (2003).

[۱۲] V. E. Viola and G. T. Seaborg, **J. Inorg. Nucl. Chem. 28**, 741 (1966).

[۱۳] A. Sobiczewski, Z. Patyk and S. Cwiok, **Phys. Lett. B 224**, 1-4 (1989).

[۱۴] P. Moeller et al, At . Data Nucl. Data Tables 59, 185 (1995); Tables 66, 131 (1997).