

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی

نقش ضریب کشش سطحی و دمای هسته مرکب در فرآیند واپاشی آلفا

گلشنیان؛ محدثه، ناصر قدسی، امید؛ قرائی، رضا

گروه فیزیک، دانشگاه مازندران، بابلسر

چکیده

با انتخاب مقادیر مختلف ضریب کشش سطحی γ و همچنین اصلاح فرمالیزم پتانسیل تقریبی با اعمال اثرات دمایی هسته مرکب به تحلیل نقش این دو مفهوم فیزیکی بر روی نیمه عمر واپاشی $^{222}\text{Ra} \rightarrow ^{218}\text{Rn} + \alpha$ پرداخته‌ایم. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که افزایش ضریب γ و در نظر گرفتن وابستگی دمایی در فرمالیزم مذکور باعث افزایش قدرت پتانسیل هسته‌ای و همچنین نیمه عمر واپاشی هسته ^{222}Ra می‌شود. بر این اساس وارد نمودن این اثرات را می‌توان به عنوان عاملی مقاوم در برابر رخ داد فرآیند واپاشی آلفا دانست.

Role of the surface tension coefficient and the temperature of compound nucleus in alpha-decay process

Golshanian, Mohadeseh; Naser Ghodsi, Omid; Gharaei, Reza

Department of Physics, Mazandaran University, Babolsar

Abstract

Using the proximity formalism, we evaluate the influence of the various versions of the surface tension coefficient γ and also the temperature of compound nucleus in alpha-decay process of $^{222}\text{Ra} \rightarrow ^{218}\text{Rn} + \alpha$. The obtained results reveal that the increasing of the mentioned coefficient and the imposing of the thermal effects in proximity approach enhance the strength of nuclear potential and thus the half-live decay of ^{222}Ra parent nucleus. Indeed, these physical effects can be considered as a hindrance factor during the alpha-decay process.

PACS No. 24

پتانسیل تقریبی است [۷]. از آنجائیکه براساس نظریه مجاورت اثرات کشش سطحی هسته‌های برهمکنش یکی از ویژگی‌های ذاتی این مدل به شمار می‌رود، در این تحقیق به بررسی نقش این اثرات و همچنین دمای هسته مرکب در محاسبه نیمه عمر واپاشی آلفا $^{222}\text{Ra} \rightarrow ^{218}\text{Rn} + \alpha$ می‌پردازیم.

تئوری

براساس نتایج ارائه شده در مرجع [۷] بخش هسته‌ای پتانسیل برهمکنشی کل را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد،

$$V_N(r) = 4\pi\gamma b\bar{R} \Phi\left(\frac{s}{b}\right) \text{ MeV}, \quad (1)$$

که در آن تابع جهانی $\Phi(s/b)$ به شکل زیر است،

$$\Phi(\xi) = \begin{cases} -\frac{1}{2}(\xi - 2.54)^2 - 0.0852(\xi - 2.54)^3 & \xi \leq 1.2511 \\ -3.437\exp(-\xi/0.75) & \xi \geq 1.2511 \end{cases} \quad (2)$$

مقدمه

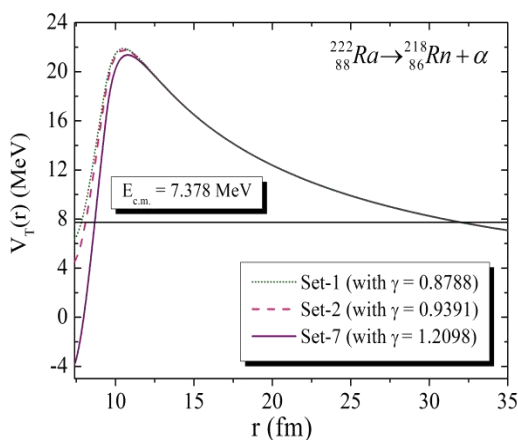
در سالهای اخیر به دلیل اهمیت شناخت ساختار هسته و ایزوتوپ های جدید، مطالعه مد واپاشی آلفا توجه بسیاری از تحقیقات نظری و تجربی را به خود اختصاص داده است [۳-۱]. از جمله کاربردهای تئوری و تجربی این فرآیند می‌توان به تحلیل اثرات اسپین، پاریتته، جفت‌شدگی کانال‌ها و تغییر شکل هسته‌های برهمکنشی اشاره کرد [۲، ۶-۴]. مطالعات تئوری در زمینه واپاشی آلفا مبتنی بر پدیده تونل زنی از سد پتانسیلی است که در مقابل ذره آلفا و هسته دختر شکل می‌گیرد. بنابراین اطلاع از شکل صحیح پتانسیل برهمکنشی می‌تواند نقش بسزایی در پیش‌بینی دقیق نیمه عمر واپاشی آلفا داشته باشد. از جمله مدل‌های پرکاربرد برای محاسبه بخش هسته‌ای پتانسیل برهمکنشی کل فرمالیزم

ذکر است که تاکنون تحقیقات گوناگونی برای معرفی ثابت‌های مذکور انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مراجع [۹-۱۶] اشاره کرد. در این مطالعه شش مجموعه از ضرایب γ_0 و k_s انتخاب شده‌اند که مقادیر آنها در جدول ۱ لیست شده‌اند. با توجه به اینکه قدرت پتانسیل هسته‌ای بطور مستقیم به پارامتر γ وابسته است، بنابراین می‌توان انتظار داشت که افزایش این ضریب باعث افزایش مقادیر پتانسیل هسته‌ای V_N شود. تأثیر اثر پارامتر γ بر روی پتانسیل برهمکنشی برای واپاشی $^{222}\text{Ra} \rightarrow ^{218}\text{Rn} + \alpha$ در شکل ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱- مقادیر مختلف مورد استفاده برای ثابت‌های γ_0 و k_s .

$^{222}\text{Rb} \rightarrow ^{218}\text{Rn} + \alpha$				
Version	γ_0	k_s	γ	مرجع
Set-۱	۰.۹۵۱۷	۱.۷۸۲۶۱	۰.۸۷۸۸	[۱۰]
Set-۲	۱.۰۱۷۳۴	۱.۷۹	۰.۹۳۹۱	[۹]
Set-۳	۱.۰۸۹۴۸	۱.۹۸۳۰	۰.۹۹۶۷	[۱۶]
Set-۴	۱.۲۴۰۲	۳.۰	۱.۰۸۰۴	[۱۲]
Set-۵	۱.۲۵۲۸۴	۲.۳۴۵	۱.۱۲۶۷	[۱۵]
Set-۶	۱.۴۶۰۷۳۴	۴.۰	۱.۲۰۹۸	[۱۱]

همانطوریکه از نتایج این شکل قابل مشاهده می‌باشد تغییرات پارامتر کشش سطحی بر روی شکل پتانسیل برهمکنشی بویژه در نواحی داخلی تأثیرگذار است. بعبارت دیگر احتمال نفوذپذیری سد پتانسیل با افزایش ضریب γ در واپاشی مورد نظر کاهش می‌یابد.



شکل ۱- تغییرات پتانسیل برهمکنشی به ازای مقادیر مختلف ضریب کشش سطحی γ برای واپاشی $^{222}\text{Ra} \rightarrow ^{218}\text{Rn} + \alpha$.

در رابطه (۱)، b با مقدار 1fm پارامتر ضخامت سطح می‌باشد. از طرفی برای تعریف پارامتر شعاع R نیز می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود،

$$R_i = 1.28A_i^{1/3} - 0.76 + 0.8A_i^{-1/3} \text{ fm} \quad (i = 1, 2). \quad (۳)$$

ضریب کشش سطحی به شکل زیر داده می‌شود،

$$\gamma = \gamma_0 \left(1 - k_s A_s^2\right), \quad (۴)$$

که در آن ضرایب ثابت γ_0 و k_s به ترتیب ثابت‌های انرژی و عدم تقارن سطح می‌باشند. از طرفی پارامتر عدم تقارن $A_s = (N-Z)/(N+Z)$ نسبت به تعداد نوترونها و پروتونهای هسته مرکب سنجیده می‌شود.

محاسبه نیمه عمر واپاشی آلفا

بطورکلی براساس تقریب WKB احتمال نفوذ پذیری از سد K

بصورت زیر تعریف می‌شود،

$$K = (2/\hbar) \int_{R_a}^{R_b} [2\mu(E(R) - E_v - Q)]^{1/2} dR \quad (۵)$$

که در آن μ جرم کاهش یافته سیستم برهمکنشی می‌باشد. نقاط بازگشتی R_a و R_b با استفاده از معادله $E(R_a) = E(R_b) = Q + E_v$ تعیین می‌شود. با محاسبه انتگرال فوق زمان نیمه عمر واپاشی یک هسته مادر به هسته دختر و ذره آلفا از طریق رابطه زیر داده میشود،

$$T = [(h \ln 2)/(2E_v)][1 + \exp(K)] \quad (۶)$$

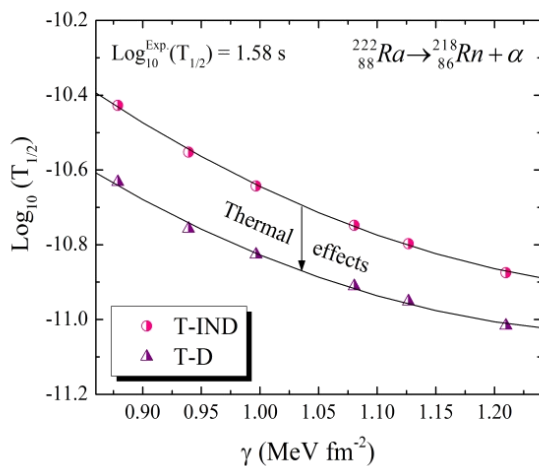
برای محاسبه انرژی نوسانی E_v از مطالعات آزمایشگاهی مرجع [۸] استفاده شده است،

$$\begin{aligned} E_v &= 0.1045Q && \text{for even}(Z) - \text{even}(N) \text{ parent nuclei} \\ &= 0.0962Q && \text{for odd}(Z) - \text{even}(N) \text{ parent nuclei} \\ &= 0.0907Q && \text{for even}(Z) - \text{odd}(N) \text{ parent nuclei} \\ &= 0.0767Q && \text{for odd}(Z) - \text{odd}(N) \text{ parent nuclei} \end{aligned} \quad (۷)$$

توصیف اثرات کشش سطحی

با توجه به اینکه در رابطه (۴) ضرایب γ_0 و k_s بعنوان پارامترهای قابل تنظیم در نظر گرفته می‌شوند، بنابراین قابل پیش‌بینی است که با انتخاب مقادیر مختلف برای آنها می‌توان به بررسی اثرات تغییر کشش سطحی بر روی واپاشی آلفا پرداخت. لازم به

برای تحلیل اثرات کشش سطحی γ و دمای T هسته مرکب بر روی نیمه عمر واپاشی آلفا، مقادیر لگاریتم $T_{1/2}$ را برای فرآیند $^{222}\text{Ra} \rightarrow ^{218}\text{Rn} + \alpha$ براساس رابطه (۶) محاسبه نموده ایم. با توجه به اینکه نتایج ارائه شده در شکل های ۱ و ۲ نشان می دهند که اعمال اثرات مذکور باعث کاهش احتمال نفوذپذیری K در واپاشی آلفا می شود، بنابراین می توان انتظار داشت چنین اثراتی بعنوان یک عامل مقاوم در حین فرایند واپاشی آلفا محسوب شوند. نتایج اعمال اثرات کشش سطحی و دمای هسته مرکب بر روی مقادیر تئوری نیمه عمر واپاشی مورد نظر در این کار و مقدار تجربی $\text{Log}_{10}(T_{1/2})$ در شکل ۳ رسم شده اند.



شکل ۳- رفتار مقادیر تئوری لگاریتم نیمه عمر واپاشی $^{222}\text{Ra} \rightarrow ^{218}\text{Rn} + \alpha$ برحسب ضریب کشش سطحی γ با (T-D) و بدون (T-IND) اعمال اثرات دمایی هسته مرکب.

همانطوریکه از شکل ۳ نیز مشهود است، رفتار مقادیر بدست آمده برای $\text{Log}_{10}(T_{1/2})$ برحسب پارامتر γ به صورت غیر خطی و در عین حال کاهشی است. در مورد اختلاف مقادیر تئوری با داده آزمایشگاهی متناظر می توان به دلایلی نظیر عدم توانایی پتانسیل تقریبی برای پیش بینی شکل صحیح پتانسیل در ناحیه همپوشانی دو هسته و عدم در نظر گرفتن خواص ذاتی مانند تغییر شکل هسته ها اشاره کرد. علاوه بر این اعمال اثرات دمایی هسته مرکب باعث کاهش مقادیر محاسبه شده نیمه عمر می شود.

نتیجه گیری

در این مطالعه با استفاده از مقادیر مختلف از ضریب انرژی سطحی

توصیف اثرات دمایی هسته مرکب

برای اعمال اثرات دمایی هسته مرکب در فرمالیزم پتانسیل تقریبی می توان از فرم های اصلاح شده پارامترهای شعاعی R و پخشیدگی سطحی b به شکل زیر استفاده کرد [۱۷، ۱۸]،

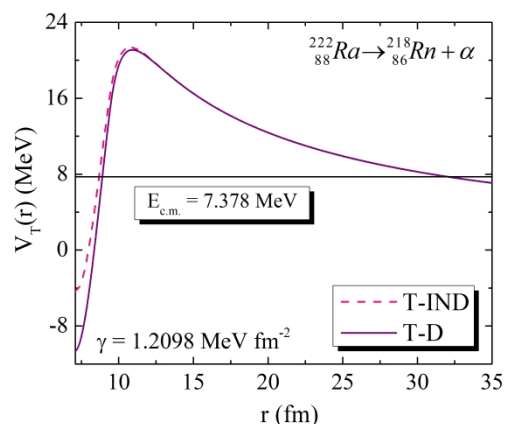
$$b(T) = b(T = 0)(1 + 0.009T^2),$$

$$R_i(T) = R_i(T = 0)(1 + 0.0007T^2), \quad (8)$$

در مطالعه ای که اخیراً با استفاده از نسخه های مختلف پتانسیل تقریبی بر روی محدوده وسیعی از واکنش های همجوشی انجام گرفته است وابستگی دمایی ضریب انرژی سطحی γ به شکل زیر فرمول بندی شده است [۱۹]،

$$\gamma = \gamma_0 \left[2.02 - A_s - \frac{E_{cm}}{E_{BC}} \right]^3. \quad (9)$$

که در آن $E_{BC} = Z_1 Z_2 e^2 / (R_1 + R_2)$ و شعاع های R_1 و R_2 براساس رابطه (۳) محاسبه می شوند. تأثیر اثرات اصلاحی فرم های دمایی $b(T)$ ، $R(T)$ و $\gamma(T)$ بر روی پتانسیل برهمکنشی هسته دختر ^{218}Rn و ذره آلفا در شکل ۲ نمایش داده شده است. لازم به ذکر است که محاسبه پتانسیل هسته ای در این بخش با استفاده از $\gamma = 7$ Set از مجموعه ثابت های γ_0 و K_s انجام شده است. همانطوریکه مشاهده می شود پتانسیل تقریبی اصلاح شده با استفاده از اثرات دمایی هسته مرکب دارای دره عمیق تر در نواحی داخلی پتانسیل می باشد. از طرفی با توجه به خط انرژی $E_{c.m.} = 7.378 \text{ MeV}$ تأثیر اثرات مذکور بر روی احتمال نفوذپذیری از سد پتانسیل نیز کاملاً مشهود است.



شکل ۲- تأثیر اثرات دمایی هسته مرکب بر روی پتانسیل برهمکنشی واپاشی براساس پتانسیل تقریبی مبتنی بر $\gamma = 7$ Set از مجموعه ثابت های γ_0 و K_s .

- [15] P. Möller, J. R. Nix, W. D. Myers and W. J. Swiatecki, "Nuclear Ground-State Masses and Deformations", *At. Data Nucl. Data Tables* **59** (1995) 185.
- [16] K. Pomorski and J. Dudek, "Nuclear liquid-drop model and surface-curvature effects", *Phys. Rev. C* **67** (2003) 044316.
- [17] G. Royer, and J. Mignen, "Binary and ternary fission of hot and rotating nuclei", *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* **18** (1992) 1781.
- [18] G. Sauer, H. Chandra, and U. Mosel, "Thermal properties of nuclei", *Nucl. Phys. A* **264**, (1976) 221.
- [19] M. Salehi, and O. N. Ghodsi, "The role of surface energy coefficient in heavy-ion reactions and improved proximity model", *Int. J. Mod. Phys. E*, **20** (2011) 2337.

γ به بررسی اثرات تغییرات این ضریب بر روی احتمال نفوذپذیری ذره آلفا و در نتیجه نیمه عمر واپاشی $^{222}\text{Ra} \rightarrow ^{218}\text{Rn} + \alpha$ پرداخته- ایم. اثرات دمای هسته مرکب دومین مفهوم فیزیکی مورد بررسی در این تحقیق می‌باشد. نتایج بدست آمده برای شکل پتانسیل در برهمکنش هسته دختر ^{218}Rn با ذره آلفا نشان می‌دهد که افزایش ضریب کشش سطحی γ و همچنین اعمال اثرات دمایی هسته مرکب باعث کاهش احتمال نفوذپذیری ذره آلفا از سد پتانسیل می‌شود، شکل‌های ۱ و ۲ را ملاحظه نمایید. به عنوان یک نتیجه مهم از این تحقیق این نکته قابل اشاره است که اثرات اصلاحی مذکور را می‌توان به عنوان عوامل مقاوم در برابر رخ دادن یک فرآیند واپاشی دلخواه دانست. اثبات دقیق نتیجه مذکور و همچنین پارامترسازی رفتار منظم مقادیر لگاریتم نیمه عمر برحسب پارامتر γ (شکل ۳) از طریق مطالعه سیستماتیک بر روی تعداد بیشتری از فرآیندهای واپاشی امکان پذیر می‌باشد که مطالعات بعدی ما در این زمینه خواهد بود.

مراجع

- [1] D. N. Basu, "Folding model analysis of alpha radioactivity", *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* **29** (2003) 2079.
- [2] K. P. Santhosh, Jayesh George Joseph, and Sabina Sahadevan, "a decay of nuclei in the range $67 \leq Z \leq 91$ from the ground state and isomeric state", *Phys. Rev. C* **82** (2010) 064605.
- [3] E. Javadimanesh, H. Hassanabadi, and A. A. Rajabi, "Half-lives with Yukawa proximity potential for alpha-decay process", *Int. J. Mod. Phys. E* **21** (2012) 1250094.
- [4] S. Peltonen, D. S. Delion, and J. Suhonen, "a-decay spectroscopy of deformed nuclei reexamined", *Phys. Rev. C* **78** (2008) 034608.
- [5] J. B. Stoecker et al., "a-decay half-lives of superheavy nuclei", *Phys. Rev. C* **74** (2006) 014312.
- [6] J. Dong et al., "Linear response of light deformed nuclei investigated by self-consistent quasiparticle random-phase approximation", *Phys. Rev. C* **81** (2010) 064307.
- [7] J. Blocki, J. Randrup, W. J. Swiatecki, and C. F. Tsang, "Proximity forces", *Ann. Phys. (NY)* **105** (1977) 427.
- [8] D. N. Poenaru, W. Greiner, M. Ivascu, D. Mazilu and I. H. Plonski, "Odd-even staggering of heavy cluster spontaneous emission rates", *Z. Phys. A* **325** (1986) 435.
- [9] W.D. Myers and W.J. Swiatecki, "Nuclear masses and deformations", *Nucl. Phys.* **81** (1966) 1.
- [10] W. D. Myers and W. J. Swiatecki, "Microscopic Description of Super Heavy Nucle", *Ark. Fys.* **36** (1967) 343.
- [11] P. Möller and J. R. Nix, "Macroscopic potential-energy surfaces for symmetric fission and heavy-ion reactions", *Nucl. Phys. A* **272** (1976) 502.
- [12] H. J. Krappe, J. R. Nix and A. J. Sierk, "Unified nuclear potential for heavy-ion elastic scattering, fusion, fission, and ground-state masses and deformations", *Phys. Rev. C* **20** (1979) 992.
- [13] P. Möller and J. R. Nix, "Nuclear mass formula with a Yukawa-plus-exponential macroscopic model and a folded-Yukawa single-particle potential", *Nucl. Phys. A* **361** (1981) 117.
- [14] G. Royer and B. Remaud, "Fission processes through compact and reviced shapes", *J. Phys. G: Nucl. Phys.* **10** (1984) 1057.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین مقاله نویسی IEEE و ISI ویژه فنی و مهندسی