

مطالعه مقایسه‌ای اثرات کشش سطحی بر روی نیمه عمر واپاشی‌های هسته‌ای

جلالی شکیب، مجید^۱ - جلالی شکیب، فاطمه^۱ - قرائی، رضا^{۲*}

دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه فیزیک

چکیده:

یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار بر روی نیمه عمر واپاشی‌های هسته‌ای از قبیل نشر پروتون و آلفا، ضریب کشش سطحی میان هسته‌های برهم‌کنشی در طول واپاشی می‌باشد. در تحقیق حاضر یک مطالعه مقایسه‌ای برای درک نقش این ضریب بر روی نیمه عمر واپاشی‌های آلفا و پروتونی انجام داده‌ایم. برای دستیابی به این هدف از دیدگاه پتانسیل مجاورت (به صورت خاص مدل Prox. 2010) و تقریب WKB برای تعیین مقادیر نیمه عمر در ۴۴ واپاشی پروتونی و ۲۵۸ واپاشی آلفا بهره گرفته‌ایم. نتایج حاصل آشکار می‌سازد که با افزایش قدرت کشش سطحی میان دو هسته برهم‌کنشی در طول واپاشی‌های آلفا و پروتونی همخوانی میان داده‌های تئوری و تجربی نیمه عمر کاهش می‌یابد. علاوه بر این نتایج حاضر نشان می‌دهد حساسیت واپاشی‌های آلفا به تغییرات این ضریب در مقایسه با واپاشی‌های پروتونی بیشتر است. در این مقاله بحثی در مورد امکان معرفی نسخه جدیدی از ضریب کشش سطحی را برپایه همخوانی میان داده‌های تئوری و تجربی نیمه عمر هم ارائه شده است.

کلمات کلیدی: واپاشی پروتونی، واپاشی آلفا، پتانسیل مجاورت، ضریب کشش سطحی

1 - Comparative study of the surface tension effects on the nuclear decay half-lives

Jalali Shakib, Majid¹, Jalali Shakib, Fatemeh¹, Gharaei, Reza^{2*}

1. Hakim Sabzevari University, Sciences Faculty, Department of Physics

2. Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Science, Department of Physics

Abstract:

Surface tension coefficient between the interacting nuclei is one of the important factor on the nuclear decay half-lives such as alpha and proton decays. In the present study, we performed a comparative study to understand the role of this coefficient in the half-lives of both proton and alpha decays. To this end, we used the proximity potential formalism (specifically the Prox. 2010 model) and WKB approximation to determine the half-lives in 44 proton decays and 258 alpha decays. The obtained results reveal that the agreement between the theoretical and experimental values of half-lives decreases by increasing the strength of nuclear surface tension. In addition, the sensitivity of the alpha decay to the variation of this coefficient is more than the proton decay. A discussion is also presented about the introduction of new version of surface tension coefficient based on the agreement between the theoretical and experimental values of half-lives.

Key words: proton decay, alpha decay, proximity potential, surface tension coefficient



مقدمه :

مطالعه نیمه عمر واپاشی‌های هسته‌ای یکی از مهمترین و قدرتمندترین ابزارها برای شناسایی ساختار هسته‌ای و ارائه اطلاعات در مورد هسته‌های ناپایدار می‌باشد. این فرآیندها به درک هرچه بیشتر محققان از خواص لایه‌ای هسته‌ها، تغییر شکل آنها و همچنین اسپین و پاریتته ترازهای انرژی‌شان کمک شایانی می‌کند [۱]. کشش سطحی یکی دیگر از مفاهیم مهم در فیزیک هسته‌ای است که به عنوان معیاری برای تعیین میزان پایداری یک هسته خاص در برابر تغییرات هسته‌ای شناخته می‌شود. وجود نسخه‌های مختلف از ضریب کشش سطحی [۲] امکان مطالعه نقش این ضریب را بر روی برهم‌کنش دو هسته در طول فرآیندهایی نظیر واپاشی عناصر رادیواکتیو فراهم می‌آورد. از سوی دیگر نظریه پتانسیل مجاورت [۳] بستر مناسبی را برای انجام این مهم فراهم کرده است. واپاشی‌های آلفا و پروتونی دو نوع رایج از واپاشی‌های هسته‌ای می‌باشند که در طول سال‌های اخیر نقش اثرات کشش سطحی به صورت جداگانه در مورد آنها مورد ارزیابی قرار گرفته است. به عنوان نمونه در سال ۲۰۲۱ آقای جانگ دنگ و همکارانش [۴] تأثیر ضریب کشش سطحی بر روی نیمه‌عمر واپاشی‌های آلفا را مطالعه کردند. آنها موفق شدند بهترین نسخه از ضرایب کشش سطحی را در بازتولید مقادیر تجربی نیمه‌عمر واپاشی‌های آلفا مشخص کنند. در پژوهشی دیگر، محققان در سال ۲۰۲۲ اثرات دمایی این ضریب بر روی واپاشی‌های پروتونی را بررسی کردند. نتایج حاصل آشکار می‌سازد که ضریب کشش سطحی در این نوع از واپاشی‌ها نیز می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای داشته باشد [۵]. مطالعاتی نظیر آنچه به آنها اشاره شد اهمیت اثرات کشش سطحی در هر یک از انواع واپاشی آلفا و پروتونی را مشخص می‌کند. موضوعی که در این بین می‌تواند جذاب باشد بررسی همزمان نقش اثرات مذکور در این دو نوع واپاشی هسته‌ای می‌باشد. برای دستیابی به این هدف، در تحقیق حاضر به مطالعه بر روی تعداد قابل توجهی از هر یک از واپاشی‌های آلفا و پروتونی برپایه مدل پتانسیل Proximity 2010 پرداخته‌ایم.

روش کار:

در تحقیق حاضر برای تعیین مقادیر تئوری نیمه‌عمر در واپاشی‌های مختلف از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}, \quad (1)$$

که در آن $\lambda = \nu P$ ثابت واپاشی است. ν فرکانس تشدید و P احتمال نفوذپذیری از میان سد کولنی در فاصله‌ی نقاط بازگشتی R_{in} تا R_{out} می‌باشد و با استفاده از تقریب نیمه‌کلاسیکی WKB تعیین می‌گردد:

$$P = \exp[-2 \int_{R_{in}}^{R_{out}} k(r) dr], \quad (2)$$

$$k(r) = \sqrt{\frac{2\mu}{\hbar^2} |Q - V(r)|}, \quad (3)$$

در اینجا Q انرژی آزاد شده در واپاشی می‌باشد. به خوبی شناخته شده است که پتانسیل تعامل بین ذره ساطع شده و هسته دختر مجموع دو بخش است: پتانسیل جاذبه هسته‌ای با برد کوتاه V_N و پتانسیل دافعه کولنی V_C که بلندبرد است،

$$V_T(r) = V_C(r) + V_N(r) \quad (4)$$

برای تعیین بخش کولنی می‌توان از رابطه شناخته شده زیر استفاده کرد،

$$V_C = Z_1 Z_2 e^2 \begin{cases} \frac{1}{r} & r > R \\ \frac{1}{2R} \left[3 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right] & r < R \end{cases} \quad (5)$$

که در آن Z_1 و Z_2 اعداد اتمی ذره ساطع شده و هسته دختر هستند. پارامتر R فاصله بین مراکز ذره گسیلی و هسته دختر است. علاوه بر این، باید توجه داشت جایی که تکانه زاویه ای مداری توسط ذره گسیل شده منتقل می‌شود، پتانسیل گریز از مرکز V_L نقش کلیدی در پتانسیل برهم‌کنش کل ایفا می‌کند. این بخش به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V_L = \frac{\hbar^2 l(l+1)}{2\mu r^2}, \quad (6)$$

μ جرم کاهش یافته سیستم است که برحسب واحد جرم نوکلئون اندازه‌گیری می‌شود. پتانسیل هسته‌ای $V_N(r)$ معادله (۴) از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$V_N(r) = 4\pi\gamma b \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \Phi(\xi), \quad (7)$$

که در آن b پهنای سطح هسته و حدوداً برابر بایک در نظر گرفته می‌شود. در سال ۲۰۱۰، دات و بانسال [۶] نسخه‌ای اصلاح شده‌ای از پتانسیل مجاورت را با استفاده از مجموعه‌ای مناسب از ضریب انرژی سطحی، شعاع هسته‌ای و تابع جهانی ارائه کردند که آن را با نام Prox.2010 می‌شناسند. تابع جهانی این مدل $\Phi\left(\xi = \frac{r - C_c C_p}{b}\right)$ به صورت زیر تعریف می‌شود،

$$\Phi\left(\xi = \frac{r - C_c C_p}{b}\right) = \begin{cases} -1.7817 + 0.9270\xi + 0.143\xi^2 - 0.09\xi^3 & \xi < 0 \\ -1.7817 + 0.9270\xi + 0.01696\xi^2 - 0.09\xi^3 & 0 \leq \xi \leq 1.9475 \\ -4.41 \exp\left(-\frac{\xi}{0.7176}\right) & \xi > 1.9475 \end{cases} \quad (8)$$

و ضریب انرژی سطحی به صورت زیر تعریف می‌شود،

$$\gamma = \gamma_0(1 - k_s I^2), \quad (10)$$

γ_0 و k_s به ترتیب ثابت انرژی سطحی و ثابت عدم تقارن سطح هستند که برای مدل پتانسیل حاضر به ترتیب دارای مقادیر $1.25284 \text{ MeV} \cdot \text{fm}^{-2}$ و 2.345 می‌باشند. همچنین $I = \left(\frac{N-Z}{N+Z}\right)$ پارامتر عدم تقارن است و به مازاد نوترون-پروتون هسته مادر اشاره دارد. همانطور که در بخش قبل ذکر گردید نسخه‌های مختلفی برای ضریب انرژی سطحی γ معرفی شده است



که تفاوت آنها در ثابت γ_0 و k_s می‌باشد. در جدول ۱ تعدادی از این نسخه‌ها آورده شده‌اند. از معادله‌ی (۱۰) انتظار می‌رود که ضریب انرژی سطحی γ و به دنبال آن نیمه‌عمر واپاشی، متأثر از γ_0 باشد. به منظور بررسی این مهم، رفتار پتانسیل برای هسته مادر پروتون زا ^{145}Tm و هسته مادر آلفا زا ^{145}Po در شکل ۱ برای نسخه اصلی مدل Prox. 2010 و سایر نسخه‌های مورد مطالعه رسم شده است.

جدول ۱: نسخه‌های مختلف ضریب کشش سطحی بکارگرفته شده در کار حاضر.

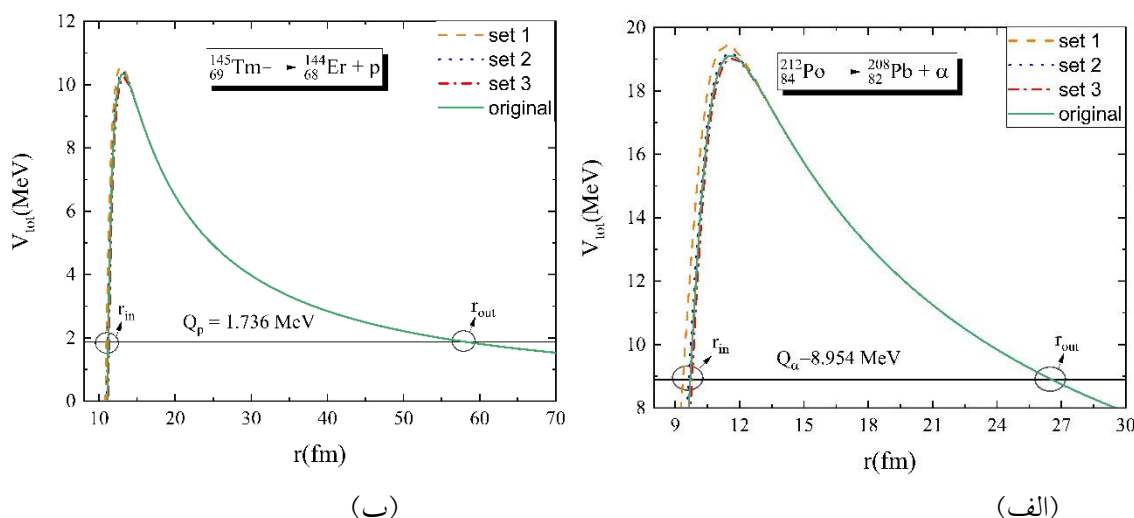
نام مجموعه	γ_0 (MeV.fm ⁻²)	k_s
Set 1	۰.۹۵۱۷	۱.۷۸۳۶
Set 2	۱.۱۷۵۶	۲.۲
Set 3	۱.۴۶۰۷۳۴	۴.۰
Original Prox. 2010	۱.۲۵۲۸۴	۲.۳۴۵

همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود در هر دو نوع واپاشی آلفا و پروتون، Set 1 که کمترین مقدار γ_0 را دارد ارتفاع و ضخامت سد بیشتری نسبت به سایر Set های انتخابی دارد. اما Set 3 که بیشترین مقدار γ_0 را داراست کمترین مقدار ارتفاع و پهنای سد پتانسیل را دارد. به عبارت دیگر می‌توان نتیجه گرفت که با تغییر مقدار γ_0 رفتار مشابهی در نمودار پتانسیل واپاشی آلفا و پروتون رخ می‌دهد. در این شرایط پیش‌بینی می‌شود این تغییر، تأثیر یکسانی بر روی نیمه‌عمر واپاشی‌های پروتونی و آلفا داشته باشد. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش مقدار γ_0 و در نتیجه قدرت کشش سطحی میان دو هسته برهم‌کنشی سد پتانسیل کاهش یابد. با استفاده از مقادیر موجود در جدول ۱ و معادلات ارائه شده در فوق، مقادیر نیمه‌عمر واپاشی‌های آلفا و پروتون براساس هر کدام از Set های ضریب γ محاسبه گردید. این محاسبات برای ۴۴ واپاشی پروتونی و ۲۵۸ واپاشی آلفا انجام شده است که برای نمونه بخشی از واپاشی‌های مورد بررسی در جداول ۲ و ۳ ارائه شده‌اند. در جدول ۲ اطلاعات مربوط به واپاشی‌های پروتونی و در جدول ۳ اطلاعات مربوط به واپاشی‌های آلفا آورده شده است. در این جداول سه ستون اول به ترتیب عدد جرمی هسته مادر، انرژی واپاشی Q و تکانه زاویه‌ای حمل شده ذره گسیلی می‌باشند. ستون‌های چهارم تا ششم به ترتیب لگاریتم نیمه‌عمرهای محاسبه شده توسط Set های ۱ تا ۳ می‌باشند. دو ستون آخر به ترتیب مربوط به لگاریتم نیمه‌عمر محاسبه شده توسط نسخه اصلی Prox. 2010 و مقادیر تجربی نیمه‌عمر می‌باشند. مشاهده می‌شود Set 1 که کمترین مقدار γ_0 و بیشترین مقدار سد پتانسیل را دارا است، مقادیر بزرگتری برای نیمه‌عمر گزارش می‌کند. این مهم برای set 3 که بیشترین مقدار γ_0 و کمترین مقدار سد پتانسیل را دارد کاملاً برعکس می‌باشد. همچنین این روند برای سایر set ها و در هر دو نوع واپاشی رخ می‌دهد. برای تعیین نقش

ضریب کشش سطحی بر روی میزان همخوانی میان داده‌های تئوری و تجربی نیمه عمر، مقادیر σ را برای تمام ۲۵۸ واپاشی آلفا و ۴۴ واپاشی پروتونی انتخابی برپایه فرم‌های اصلی و اصلاح شده مدل پتانسیل Prox. 2010 محاسبه کرده‌ایم.

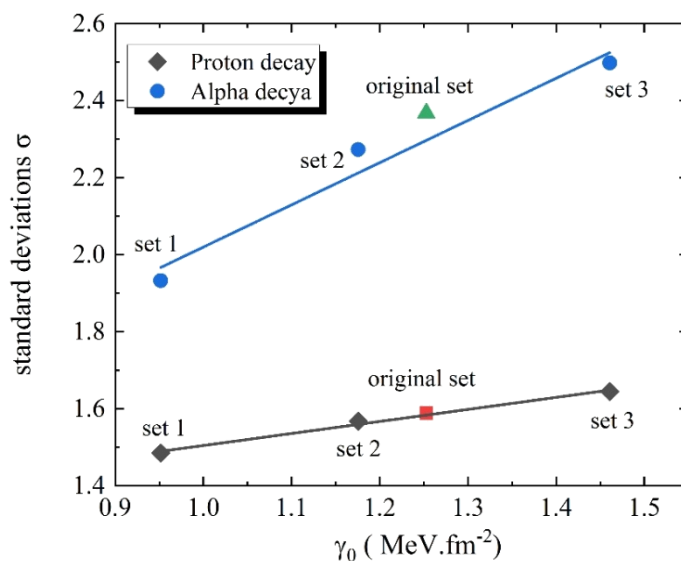
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\log_{10}(T_{1/2i}^{\text{cal}}) - \log_{10}(T_{1/2i}^{\text{expt}}) \right]^2} \quad (11)$$

مقادیر بدست آمده به صورت تابعی از ثابت γ_0 در شکل ۲ رسم شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود برای هر دو واپاشی آلفا و پروتون، set های ۱ و ۲ که ثابت γ_0 کمتری نسبت به نسخه اصلی Prox. 2010 دارند میزان خطای کمتری را نت



شکل ۱: رفتار شعاعی پتانسیل برهم کنشی کل برای (الف) واپاشی آلفای هسته ^{212}Po (ب) واپاشی پروتون هسته ^{145}Tm به ازای ۴ نسخه مختلف مدل Prox. 2010

نسبت به این نسخه نشان می‌دهند اما این رخداد برای set 3 کاملاً برعکس می‌باشد و میزان خطای بیشتری از خود نشان می‌دهد. در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش ثابت γ_0 و در نتیجه قدرت کشش سطحی میان دو هسته برهم‌کنشی میزان همخوانی مقادیر تئوری و تجربی نیمه عمر واپاشی‌های پروتونی و آلفا کاهش می‌یابد. با توجه به شیب تغییرات هر واپاشی درمی‌یابیم که حساسیت واپاشی پروتونی در مقایسه با آلفا به تغییرات کشش سطحی کمتر است. دلیل این موضوع را می‌توان در کوچکتر بودن پروتون در مقایسه با هسته آلفا دانست. همچنین با توجه به رفتار این Set ها در شکل ۲ پیش‌بینی می‌شود که بتوان نسخه‌های جدیدی از ضریب کشش سطحی را با توجه به همخوانی میان داده‌های تئوری و تجربی نیمه عمر در واپاشی‌های آلفا و پروتونی معرفی کرد که قصد داریم در مطالعات بعدی به تحقیق بر روی آن بپردازیم.



شکل ۲: مقایسه انحراف از معیار set های مورد بررسی برای واپاشی‌های آلفا و پروتون برحسب ضریب کشش سطحی (خط‌های برازش شده صرفاً نشان دهنده روند تغییرات است).

جدول ۲: مقادیر محاسبه شده لگاریتم نیمه‌عمر واپاشی‌های پروتون براساس مدل Prox. 2010 برای نسخه‌های مختلف ضریب γ

هسته مادر	Q_p (MeV)	l	$\log T_{1/2}^{Set\ 1}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Set\ 2}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Set\ 3}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Original\ Prox.2010}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Expt.}$ (s)
¹¹² Cs	۰.۸۲۱	۲	-۴.۲۴۹۵۱	-۴.۳۳۳۳۱	-۴.۴۱۶۹	-۴.۳۵۷۴۹	-۳.۳۱
¹¹³ Cs	۰.۹۷۸	۲	-۶.۵۵۷۲۳	-۶.۶۳۸۸۵	-۶.۷۲۱۵۱	-۶.۶۶۳۰۳	-۴.۷۷۱
¹²¹ Pr	۰.۹۰۰	۲	-۴.۱۴۵۴۴	-۴.۲۲۹۹۱	-۴.۳۱۶۳۵	-۴.۲۵۵۷۹	-۱.۹۲۱
¹³⁰ Eu	۱.۰۲۸	۲	-۴.۷۱۳۰۵	-۴.۷۹۸۷۷	-۴.۸۸۵۴۶	-۴.۸۲۴۲۲	-۳
¹³¹ Eu	۰.۹۵۱	۲	-۳.۶۹۶۸۹	-۳.۷۸۲۹۴	-۳.۸۶۹۷۳	-۳.۸۰۹۴۷	-۱.۷۴۹
¹³⁵ Tb	۱.۱۸۸	۳	-۵.۴۳۳۲۶	-۵.۵۲۵۳۱	-۵.۶۱۸۹۲	-۵.۵۵۳۴۵	-۲.۹۹۶
¹⁴⁰ Ho	۱.۱۰۶	۳	-۳.۶۷۷۸۸	-۳.۷۷۱۱۲	-۳.۸۶۵۹۸	-۳.۷۹۹۸۱	-۲.۲۲۱
¹⁴¹ Ho	۱.۱۹۰	۳	-۴.۷۷۵۴۱	-۴.۸۶۸	-۴.۹۶۰۵۹	-۴.۸۹۵۲۹	-۲.۳۸۷
* ¹⁴¹ Ho	۱.۲۵۶	۰	-۶.۷۸۲۲۱	-۶.۹۵۳۴۷	-۷.۰۳۳۷۷	-۶.۹۷۶۹۶	-۵.۱۳۷
¹⁴⁵ Tm	۱.۷۴۱	۵	-۷.۲۱۱۲۹	-۷.۳۲۲۰۷	-۷.۴۳۰۴۵	-۷.۳۵۴۸۱	-۵.۴۹۹



هسته مادر	Q_p (MeV)	l	$\log T_{1/2}^{Set\ 1}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Set\ 2}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Set\ 3}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Original\ Prox.2010}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Expt.}$ (s)
* ^{146}Tm	۱.۰۰۱	۰	-۲.۴۵۳۴۳	-۲.۵۶۶۹	-۲.۶۷۷۴۹	-۲.۶۰۰۶۷	-۱.۱۳۷
^{147}Tm	۱.۰۵۹	۵	-۰.۷۸۱۱۷	-۰.۸۹۵۲	-۱.۰۰۵۸۱	-۰.۹۲۹۱۴	-۰.۲۳۷
* ^{147}Tm	۱.۱۲۰	۲	-۴.۲۳۲۸	-۴.۳۲۰۷۳	-۴.۴۰۸۹۸	-۴.۳۴۷۴۹	-۳.۴۴۴
* ^{150}Lu	۱.۲۹۱	۰	-۵.۵۱۵۷۸	-۵.۶۰۳۹۶	-۵.۶۹۳۲۱	-۵.۶۳۱۰۲	-۴.۳۹۸
* ^{151}Lu	۱.۲۹۱	۲	-۵.۶۸۵۵۲	-۵.۷۷۳۳۸	-۵.۸۶۰۷۵	-۵.۷۹۹۱۴	-۴.۷۹۶
^{156}Ta	۱.۰۲۱	۲	-۱.۵۳۵۶۱	-۱.۶۲۵۹۲	-۱.۷۱۵۴۶	-۱.۶۵۳۶	-۰.۹۷۵
* ^{156}Ta	۱.۱۱۱	۵	-۰.۳۰۹۵۶	-۰.۴۲۴۷۵	-۰.۵۳۵۸۸	-۰.۴۵۸۸۱	-۰.۴۴۴
* ^{159}Re	۱.۸۳۱	۵	-۶.۶۷۹۲	-۶.۷۹۱۲۵	-۶.۹۰۰۷۲	-۶.۸۲۴۷۳	-۴.۶۹۹
^{160}Re	۱.۲۷۱	۰	-۴.۱۸۶۰۵	-۴.۲۷۶۰۱	-۴.۳۶۵۲۸	-۴.۳۰۲۴	-۳.۲۱۴
^{161}Re	۱.۲۰۱	۰	-۴.۱۲۴۲۶	-۴.۲۰۸۹۱	-۴.۲۹۲۶۱	-۴.۲۳۵۰۴	-۳.۳۵۷
* ^{161}Re	۱.۳۲۱	۵	-۲.۳۸۱۹۱	-۲.۴۹۶۴۲	-۲.۶۰۶۸۸	-۲.۵۳۰۴۵	-۱.۸۳۳
* ^{165}Ir	۱.۷۲۱	۵	-۵.۴۸۴۵۶	-۵.۵۹۷۶۴	-۵.۷۰۷۱۵	-۵.۶۳۱۳۴	-۳.۴۸۸
* ^{166}Ir	۱.۳۳۱	۵	-۱.۸۱۴۳۱	-۱.۹۲۹۴۲	-۲.۰۳۹۹۸	-۱.۹۶۳۵۶	-۱.۸۲۱
* ^{167}Ir	۱.۲۴۶	۵	-۱.۰۲۲۷۲	-۱.۱۳۸۰۹	-۱.۲۴۸۱۳	-۱.۱۷۲۱۸	-۱.۵۴۵
^{170}Au	۱.۴۷۱	۲	-۵.۲۷۸۹	-۵.۳۶۹۶۲	-۵.۴۵۹۰۴	-۵.۳۹۶۴	-۳.۵۳۸
* ^{170}Au	۱.۷۵۱	۵	-۵.۲۴۲۳۱	-۵.۳۵۵۸۱	-۵.۴۶۵۲۸	-۵.۳۸۹۵۶	-۳.۲۰۸
* ^{171}Au	۱.۷۰۲	۵	-۴.۹۷۲۵۵	-۵.۰۸۶۱۹	-۵.۱۹۴۹۴	-۵.۱۱۹۷۶	-۲.۹۸۵

جدول ۳: مقادیر محاسبه شده لگاریتم نیمه عمر واپاشی‌های آلفا براساس مدل Prox. 2010 برای نسخه‌های مختلف ضریب γ .

هسته مادر	Q_α (MeV)	l	$\log T_{1/2}^{Set\ 1}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Set\ 2}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Set\ 3}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Original\ Prox.2010}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Expt.}$ (s)
^{105}Te	۴.۸۸۹	۰	-۷.۳۱۳۷۷	-۷.۵۷۴۸	-7.81439	-7.64693	-6.1986
^{106}Te	۴.۲۹۰	۰	-۴.۸۷۳۵۷	-۵.۱۴۵۲۳	-5.39413	-5.221001	-۴.۱۱۹۱۹
^{109}Xe	۴.۲۱۷	۲	-۲.۷۰۸۲۸	-۳.۰۱۸۴۳	-3.29713	-3.10415	-1.88606
^{144}Nd	۱.۹۰۶	۰	۲۱.۸۲۸۱۱	۲۱.۴۸۵۱	21.23907	21.39181	24.27696



هسته مادر	Q_α (MeV)	I	$\log T_{1/2}^{Set\ 1}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Set\ 2}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Set\ 3}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Original\ Prox.2010}$ (s)	$\log T_{1/2}^{Expt.}$ (s)
¹⁴⁶ Sm	۲.۵۲۸	۰	۱۴.۸۴۹۳۱	۱۴.۵۰۴۳۴	14.24513	14.41173	15.33132
¹⁴⁷ Sm	۲.۳۱۱	۰	۱۷.۸۳۵۳۳	۱۷.۴۸۷۹۵	17.23041	۱۷.۳۹۳۵۲	۱۸.۵۲۶۵۶
¹⁴⁸ Gd	۳.۲۷۱	۰	۸.۴۸۷۶۱	۸.۱۴۵۵۷	7.87718	9.372	9.3519
¹⁵⁰ Gd	۲.۸۰۹	۰	۱۳.۰۴۶۸	۱۲.۶۹۶۲۸	12.43049	13.752	13.75166
¹⁵² Gd	۲.۲۰۴	۰	۲۱.۰۷۲۰۸	۲۰.۷۰۹۷۹	20.44484	21.533	21.53223
¹⁵⁸ W	۶.۶۱۳	۰	-۴.۴۰۵۹۳	-۴.۷۴۲۲۷	-5.03513	-4.83439	-2.84466
¹⁶¹ Os	۷.۰۶۶	۰	-۵.۰۷۰۹	-۵.۴۰۹۱۳	-5.70491	-5.50179	-3.19382
¹⁶² Os	۶.۷۶۷	۰	-۴.۱۴۸۰۹	-۴.۴۹۲۶۲	-4.79159	-4.58662	-2.67778
¹⁶³ Os	۶.۶۸۰	۰	-۳.۸۰۰۳۴	-۴.۱۴۶۰۱	-4.44412	-4.23921	-2.24413
¹⁶⁶ Pt	۷.۲۸۶	۰	-۵.۱۰۳۳۷	-۵.۴۴۶۶۲	-5.74608	-5.54034	-3.53165
¹⁶⁷ Pt	۷.۱۶۰	۰	-۴.۶۵۴۱۱	-۴.۹۹۹۹۸	-5.29869	-5.09429	-3.03858
¹⁶⁷ Ir	۶.۱۸۱	۰	-۱.۴۷۷۵۸	-۱.۸۳۷۲۵	-2.14134	-2.71947	-0.63827
¹⁶⁸ Pt	۶.۹۹۹	۰	-۴.۱۹۸۶۲	-۴.۵۴۷۰۳	-4.84634	-4.64194	-2.69465
¹⁷¹ Hg	۷.۶۶۸	۲	-۴.۹۹۸۷	-۵.۳۶۵۲۶	-5.68045	-5.46429	-4.1549
¹⁷² Hg	۷.۵۲۴	۰	-۵.۱۴۷۷۲	-۵.۴۹۵۱۷	-5.79527	-5.58981	-3.63639
¹⁷³ Hg	۷.۳۷۸	۰	-۴.۶۴۳۷۴	-۴.۹۹۳۴۴	-5.29377	-5.08859	-3.09691
¹⁷⁴ Hg	۷.۲۳۳	۰	-۴.۲۵۱۳۲	-۴.۶۰۳۲۶	-4.90369	-4.69893	-2.69897
¹⁷⁸ Pb	۷.۷۹۰	۰	-۵.۲۷۴۰۲	-۵.۶۲۴۵۳	-5.92338	-5.71988	-3.60206
¹⁷⁹ Pb	۷.۵۹۸	۰	-۴.۶۳۹۲۱	-۴.۹۹۲۹۷	-5.29263	-5.08913	-2.56864
¹⁸⁰ Pb	۷.۴۱۹	۰	-۴.۱۴۴۵۷	-۴.۵۰۱۳۵	-4.80252	-4.59815	-2.38722
¹⁸⁶ Bi	۷.۷۵۷	۱	-۴.۶۱۵۱۵	-۴.۹۷۳۰۳	-5.26522	-5.06978	-1.82974
¹⁸⁶ Po	۸.۴۹۰	۵	-۴.۲۲۵۳۶	-۴.۶۸۳۷	-5.04756	-7.08328	-4.46852
¹⁸⁷ Bi	۷.۷۷۹	۵	-۲.۴۸۰۸۷	-۲.۹۴۹۶۲	-3.31216	-3.0711	-1.4318
¹⁸⁷ Po	۷.۹۷۹	۲	-۴.۶۶۱۲۶	-۵.۰۳۴۷۹	-5.34048	-5.13501	-2.85387
¹⁸⁹ Bi	۷.۲۷۰	۵	-۰.۸۳۱۲۹	-۱.۳۱۱۳۶	-1.67606	-1.43657	-0.16241
¹⁸⁹ Po	۷.۷۰۱	۲	-۳.۸۳۷۸۵	-4.21562	-4.52022	-4.31685	-2.45593
²¹¹ Bi	۶.۷۵۰	۵	۰.۷۲۵۲۸	0.26482	0.01627	0.14664	2.10857
²¹¹ Po	۷.۵۹۵	۵	-۱.۸۷۸۵۶	-2.32366	-2.5805	-2.43878	-0.28735

بحث و نتیجه گیری:

در تحقیق حاضر با استفاده از مدل پتانسیل Prox.2010 و Set های مختلف ضریب کشش سطحی، تلاش کردیم تا مطالعه‌ای مقایسه‌ای بین ۴۴ هسته مادر پروتون‌زا و ۲۵۸ هسته مادر آلفا‌زا و تأثیر کشش سطحی γ بر روی پیش‌بینی نیمه عمر آنها ارائه دهیم. برای این منظور پس از محاسبه مقادیر نیمه عمر و خطای set های مورد مطالعه، مشخص گردید که تغییرات مقادیر پارامتر γ_0 و به دنبال آن قدرت ضریب کشش سطحی هسته‌ای در set های مذکور، با ارتفاع و پهنای سد پتانسیل و در نتیجه نیمه عمر واپاشی رابطه معکوس دارد. علاوه بر این نشان دادیم میزان انحراف مقادیر تئوری نیمه عمر از داده‌های تجربی متناظر در هر دو نوع واپاشی پروتونی و آلفا با افزایش مقادیر ضریب کشش سطحی افزایش می‌یابد. مقایسه همزمان نتایج آشکار ساخت که حساسیت واپاشی‌های پروتونی به تغییرات این ضریب نسبت به واپاشی‌های آلفا کمتر است. انتظار می‌رود بتوانیم نسخه‌ای از ضریب انرژی سطحی ارائه داد که برای هر دو نوع واپاشی آلفا و پروتون نتایج قابل قبولی را ارائه دهد. در ادامه تحقیقات این حوزه در تلاش هستیم واپاشی‌های خوشه‌ای را نیز به جمع واپاشی‌های پروتونی و آلفا اضافه نماییم تا به درکی جامع از فیزیک اثرات کشش سطحی در واپاشی ذرات باردار دست یابیم.

مراجع :

- [1] J.J. Morehead, J. Math. Phys. **36**, 5431 (1995).
- [2] K.P. Santhosh, I. Sukumaran, Int. J. Mod. Phys. E **26**, 1750003(2017)
- [3] J. Blocki, J. Randrup, W. J. Swiatecki ' et al., Ann. Phys.(N.Y.) **105**, 427 (1977)
- [4] J.G.Deng, H.F. Zhang Chin. Phys. C **45**, 024104 (2021)
- [5] R. Gharaei, M. Jalali Shakib and K.P. Santhosh Nucl Phys.A **1037** (2023) 122700
- [6] I. Dutt, R. Bansal, Chin. Phys. Lett. **27**, 112402 (2010)
- [7] P. Moller, J.R. Nix, Nucl. Phys. A **361**, 117 (1981)
- [8] I. Dutt, R.K. Puri, Phys. Rev. C **81**, 064608 (2010)
- [9] K.P. Santhosh, Antony Joseph, Pramana J. Phys. **58**, 611(2002)
- [10] M.Salehi, and O. N. Ghodsi, Chin. Phys. Lett. Vol. 30, No. 4 (2013) 042502
- [11] I.Dutt, and R.Bansal, Chin. Phys. Lett. Vol. 27, No. 11 (2010) 112402
- [12] Y.J. Yao, G.L. Zhang, W.W. Qu et al., Eur. Phys. J. A **51**, 122 (2015)
- [13] R. Gharaei, S. Mohammadi, Dashty T. Akrawy, Ali H. Ahmed, Phys. J. A (2022) 58:179
- [14] K.P. Santhosh, I. Sukumaran, Eur. Phys. J. Plus **132**, 431 (2017)