

محاسبه ی نیمه عمر واپاشی آلفا ی هسته های با عدد جرمی فرد

INC29-1026

زهرا رشیدپور*، داریوش نادری

گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کدپستی: ۶۷۱۴۴۱۴۹۷۱، کرمانشاه-ایران.

چکیده:

با استفاده از داده‌های تجربی در دسترس، یک فرمول نیمه تجربی برای محاسبه ی لگاریتم نیمه عمر واپاشی آلفا هسته‌های زوج-فرد و فرد-زوج را بدست آورده‌ایم. برای بدست آوردن این فرمول از هشتاد و پنج هسته ی زوج-فرد و هفتاد و هشت هسته ی فرد-زوج استفاده کرده‌ایم. این فرمول، لگاریتم نیمه عمر واپاشی آلفا را بصورت تابعی از عدد اتمی هسته ی مادر، انرژی واپاشی و تکانه ی زاویه‌ای نتیجه می‌دهد. ریشه ی میانگین مربعات انحراف از نیمه عمرهای تجربی، برای هسته‌های زوج-فرد و فرد-زوج به ترتیب برابر با $0/6046$ و $0/5481$ هستند. نتایج بدست آمده از این فرمول را با شش فرمول دیگر بصورت قانون جهانی واپاشی، رویر، ویولا، برون اصلاح شده، AKRA و MQYZR مقایسه کردیم و در طی این مقایسه مشخص شد ریشه میانگین مربعات انحراف از مقادیر تجربی بدست آمده با این فرمول، نسبت به دیگر فرمول‌های ارائه شده دارای کمترین مقدار می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: واپاشی آلفا، نیمه عمر، هسته ی زوج-فرد، هسته ی فرد-زوج

Calculation of alpha decay half-live for nuclei with odd mass number

Z. Rashidpour*, D. Naderi

Department of Physics, Faculty of Basic Sciences, Razi University, P.O. code:6714414971, Kermanshah, Iran.

Abstract:

Using the available experimental data, we have obtained a semi-empirical alpha decay half-live formula for even-odd and odd-even nuclei. To obtain this formula, we have used 85 even-odd and 78 odd-even nuclei. The formula gives the logarithm of the alpha decay half-lives as a function of atomic number of parent nucleus, Q value, and the orbital angular momentum. The obtained root mean square deviations from experimental half-lives for even-odd and odd-even nuclei are 0.6046 and 0.5481, respectively. We have compared the results obtained from this formula with six other formulas such as universal decay law, Royer, Viola, Modified Brown, AKRA and MQYZR. This comparison shows that the obtained root mean square deviations from the experimental data obtained with this formula has the lowest value compared to the other formulas.

Keywords: Alpha decay, Half-live, Even-odd nucleus, Odd-even nucleus

۱. مقدمه:

واپاشی آلفا به عنوان مداخلی واپاشی برای هسته‌های فوق سنگین می‌باشد و حاوی اطلاعاتی در مورد نیمه‌عمر، انرژی‌های واپاشی، اسپین-پاریته، تغییر شکل، شعاع و اثرات پوسته‌ای برای هسته‌های آلفاگسیل است [۱-۲]. از آنجایی که واپاشی آلفا ساده‌ترین مکانیزم واپاشی را دارد، با مشاهده‌ی گسیل ذره آلفا از یک هسته‌ی ناشناخته به یک هسته‌ی شناخته شده می‌توان عناصر جدید را شناسایی کرد. به دلیل اهمیت زیاد مد واپاشی آلفا مدل‌های مختلفی از جمله مدل قطره مایع [۳] مدل شبه شکافت [۴] پتانسیل دابل فولدینگ^۱ [۵] مجاورت^۲ و پتانسیل کولنی [۶] ارائه شده است. علاوه بر آن فرمول‌های تجربی و فرمول‌های نیمه تجربی بسیاری با پارامترهای قابل تنظیم برای محاسبه نیمه عمر واپاشی آلفا نیز پیشنهاد داده شده‌اند. شش مورد از این فرمول‌های پرکاربرد عبارتند از: قانون جهانی واپاشی^۳ (UDL) [۷]، رویر^۴ [۸]، AKRA [۹]، فرمول اصلاح شده‌ی برون^۵ [۱۰]، ویولا [۱۱] و MYQZR [۱۲]. هدف از کار حاضر ارائه یک فرمول ساده برای محاسبه نیمه عمر واپاشی آلفاست. طرح کلی این مقاله به شرح زیر است:

روش انجام کار و فرمول‌های نیمه تجربی برای محاسبه‌ی نیمه عمر واپاشی آلفا در بخش روش کار ارائه شده است. نتایج بدست آمده در بخش سوم بیان شده است و در بخش پایانی مقاله جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۲. روش کار:

۱.۲ فرمول جدید:

برای بدست آوردن این فرمول از داده‌های تجربی هسته‌های زوج-فرد و فرد-زوج استفاده کرده‌ایم. با برازش داده‌های تجربی، فرمولی برای محاسبه‌ی نیمه‌عمر واپاشی آلفا بر حسب $\frac{1}{\sqrt{Q}}$ ، عدد اتمی هسته‌ی مادر و تکانه زاویه‌ای با شش پارامتر قابل تنظیم بدست آمده است. مقادیر تجربی انرژی واپاشی آلفا و نیمه عمر واپاشی آلفا از مراجع [۱۳] گرفته شده است.

$$\log_{10} T_{1/2}(s) = a + \frac{b}{\sqrt{Q}} + cZ + \frac{d}{Q} + e \frac{Z}{\sqrt{Q}} + f \frac{L(L+1)}{\sqrt{Q}} \quad (1)$$

در اینجا Z ، Q و L عدداتمی هسته‌ی مادر، انرژی واپاشی آلفا و تکانه زاویه‌ای مداری حمل شده توسط ذرات آلفا هستند. a ، b ، c ، d ، e و f پارامترهای ثابتی هستند که از طریق برازش داده‌های تجربی مربوط به هسته‌های مورد مطالعه بدست آمده‌اند. این پارامترها در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۱. پارامترهای برازش شده برای فرمول جدید.

هسته	a	b	c	d	e	f
زوج-فرد	-۴۸/۴۲	۴۰/۲۶۰	-۰/۱۴۰۶	-۳۵/۴۶۰	۱/۵۸۰	۰/۱۶۲۰
فرد-زوج	-۳۶/۸۹	-۵/۳۴۵	-۰/۲۳۲۵	-۳/۶۶۲	۱/۸۵۰	۰/۱۱۰۲

۲.۲ قانون جهانی واپاشی (UDL):

$C_i Q_i$ و همکارانش قانون جهانی واپاشی را برای واپاشی آلفا و مدهای واپاشی خوشه‌ای به صورتی که در مراجع [۱۴] بیان شده است ارائه دادند:

$$\log_{10} T_{1/2}(s) = aZ_{\alpha}Z_d \sqrt{\frac{A}{Q}} + b \sqrt{AZ_{\alpha}Z_d \left(A_{\alpha}^{1/3} + A_d^{1/3} \right)} + c \quad (2)$$

¹ Double-folding

² The Coulomb and proximity potential model

³ Universal decay law

⁴ Royer

⁵ Modified Brown

ثابت های a ، b و c به ترتیب برابر با $۰/۴۳۱۴$ ، $۰/۴۰۸۷$ ، $-۰/۷۷۲۵$ هستند و $A = \frac{A_{\alpha}A_d}{A_{\alpha}+A_d}$ جرم کاهش یافته‌ی سیستم هسته‌های دختر و آلفا است. Z_{α} و Z_d اعداد اتمی هسته‌ی دختر و هسته‌ی آلفا هستند.

۳.۲. فرمول رویر:

فرمول رویر با استفاده از برازش ۳۴۴ داده‌ی تجربی برای محاسبه‌ی واپاشی آلفا از حالت پایه هسته‌ی مادر به حالت پایه‌ی هسته‌ی دختر پیشنهاد شد [۹]:

$$\log_{10} T_{1/2}(s) = a + bA^{1/6}\sqrt{Z} + \frac{cZ}{\sqrt{Q}} + \frac{dANZ[L(L+1)]^{1/4}}{Q} + eA[1 - (-1)^L] \quad (۳)$$

که N تعداد نوترون‌های هسته‌ی مادر بوده و ثابت های a ، b ، c و e در مرجع [۱۵] داده شده اند.

۴.۲. فرمول ویولا:

ویولا و سیبرگ^۱ رابطه‌ای به صورت زیر برای محاسبه‌ی نیمه عمر واپاشی آلفا بدست آوردند:

$$\log_{10} T_{1/2}(s) = \frac{(aZ + b)}{\sqrt{Q}} + cZ + d + h_{\log} \quad (۴)$$

مقادیر ثابت‌ها با توجه به مرجع [۱۱] برابر با $a=۱/۶۶۱۷۵$ ، $b=-۸/۵۱۶۶$ ، $c=-۰/۲۰۲۸$ ، $d=-۳۳/۹۰۶۹$ هستند. مقدار h_{\log} برای هسته‌های زوج-فرد و فرد-زوج به ترتیب برابر با $۱/۰۶۶$ و $۰/۷۷۲$ است.

۵.۲. فرمول اصلاح شده‌ی برون:

در این روش لگاریتم نیمه عمر واپاشی آلفا با استفاده از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید [۱۰]:

$$\log_{10} T_{1/2}(s) = \frac{a(Z-2)^b}{\sqrt{Q}} + c + h^{mB_1} \quad (۵)$$

که ثابت‌ها برابر با $a=۱۳/۰۷۰۵$ ، $b=۰/۵۱۸۲$ و $c=۴۷/۸۸۶۷$ هستند و مقدار h^{mB_1} برای هسته‌های زوج-فرد و فرد-زوج به ترتیب برابر با $۰/۴۶۶۶$ و $۰/۶۰۰۱$ می باشد.

۶.۲. فرمول AKRA:

آکراوی^۲ و پوناو^۳ با معرفی عدم تقارن ایزواسپین یک رابطه‌ی جدید برای محاسبه نیمه عمر ارائه دادند [۱۵]:

$$\log_{10} T_{1/2}(s) = a + bA^{1/6}\sqrt{Z} + \frac{cZ}{\sqrt{Q}} + dI + eI^2 \quad (۶)$$

که در آن $I = \frac{N-Z}{A}$ عدم تقارن ایزواسپین هسته است. ضرایب ثابت a ، b ، c ، d و e پارامترهایی هستند که در مرجع [۱۵] داده شده‌اند.

۷.۲. فرمول MYQZR:

این رابطه نسخه‌ی اصلاح شده‌ی فرمول YQZR [۱۲] است که با اضافه کردن دو عبارت وابسته به عدم تقارن که به طور خطی با لگاریتم نیمه عمر واپاشی در ارتباط می باشند، بدست آمده است [۱۶]:

$$\log_{10} T_{1/2}(s) = a\sqrt{\mu}Z_{\alpha}Z_dQ^{1/2} + b\sqrt{\mu}(Z_{\alpha}Z_d)^{1/2} + c\frac{L(L+1)}{\mu(Z_{\alpha}Z_d)^{1/2}A^{1/2}} + d + eI + fI^2 \quad (۷)$$

¹ Seaborag

² Akrawy

³ Poenaru

در اینجا $\mu = \frac{A_\alpha A_d}{A_\alpha + A_d}$ جرم کاهش یافته است. a, b, c, d, e و f در مرجع [۱۶] فهرست بندی شده اند.

۳. نتایج:

در کار حاضر با استفاده از فرمول ۱ برای محاسبه‌ی واپاشی آلفا با شش ضریب ثابت برای هر دسته از هسته‌های مورد مطالعه در جدول ۱ داده شده است. در جدول ۲ مقایسه‌ای بین لگاریتم نیمه‌عمرهای تجربی و لگاریتم نیمه‌عمرهای بدست آمده برای هسته‌های زوج-فرد با استفاده از فرمول جدید ارائه شده است. همانطور که دیده می‌شود، برای تمام هسته‌ها به جز برای تنها چند هسته از جمله ^{149}Gd ، ^{177}Hg و ^{219}Ra اختلاف بین داده‌های تجربی و نتایج حاصل از فرمول جدید نسبتاً کم است. در جدول ۳ مقایسه بین لگاریتم نیمه عمر تئوری و تجربی برای هسته‌های فرد-زوج انجام شده است. با دقت در نتایج می‌توان دید که نتایج محاسبات در توافق خوبی با داده‌های تجربی هستند. برای بعضی هسته‌ها مانند ^{221}Fr ، ^{225}Ac و ^{235}Am اختلاف بین نتایج تجربی و تئوری کمی زیاد است. برای مقایسه‌ی نتایج حاصل از فرمول ۱ و شش فرمول نیمه‌تجربی دیگر که در بخش قبل معرفی شدند ریشه میانگین مربعات انحراف از داده‌های تجربی σ را برای هر رابطه به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log_{10} T_{\text{exp}} - \log_{10} T_{\text{cal}})^2} \quad (8)$$

که در آن n تعداد هسته‌های مورد مطالعه است. نتایج حاصل از این محاسبات در جدول ۴ داده شده است. با توجه به این جدول، نتایج حاصل از فرمول برون اصلاح‌شده بیشترین اختلاف را با داده‌های تجربی دارند در حالیکه انحراف استاندارد از داده‌های تجربی برای فرمول ۱ کمترین مقدار است. در شکل ۱ تغییرات اختلاف نیمه‌عمر محاسبه شده با مقادیر تجربی با استفاده از فرمول ۱ و دو فرمول AKRA و MQYZR نشان داده شده است. مقادیر بدست آمده با استفاده از فرمول ۱ بیشتر در نزدیکی صفر متمرکز شده‌اند.

جدول ۲. نتایج بدست آمده برای هسته‌های زوج-فرد.

هسته	Q	L	$\log_{10} T_{\text{exp}}$	$\log_{10} T_{\text{cal}}$	هسته	Q	L	$\log_{10} T_{\text{exp}}$	$\log_{10} T_{\text{cal}}$
^{107}Te	۴/۰۰۸	.	-۲/۳۵	-۳/۴۰	^{215}Rn	۸/۸۳۹	.	-۵/۶۴	-۵/۲۶
^{109}Te	۳/۲۳	.	۲/۰۶	۱/۴۴	^{217}Rn	۷/۸۸۷	.	-۳/۲۷	-۲/۲۷
^{147}Xe	۳/۰۹	.	۳/۸۹	۳/۹۸	^{219}Rn	۶/۹۴	۲	۰/۷	۱/۵۹
^{174}Sm	۲/۳۱	.	۱۸/۵۲	۱۸/۴۹	^{205}Ra	۷/۴۹	.	-۰/۶۶	۰/۰۱
^{149}Gd	۳/۰۹۹	.	۱۳/۲۷	۱۱/۴۸	^{207}Ra	۷/۲۷	.	۰/۴۲	۰/۸۴
^{151}Gd	۲/۶۵	.	۱۵/۰۳	۱۶/۰۶	^{209}Ra	۷/۱۴۴	.	۰/۶۷	۱/۳۴
^{151}Dy	۴/۱۷۹	.	۴/۲۸	۴/۵۴	^{211}Ra	۷/۰۴۳	.	۱/۱۵	۱/۷۴
^{153}Dy	۳/۵۵۹	.	۸/۳۹	۸/۹۸	^{213}Ra	۶/۸۶۱	۲	۲/۶۶	۲/۸۷
^{153}Er	۴/۸۰۲	.	۱/۸۵	۲/۰۵	^{215}Ra	۸/۸۶۴	۵	-۲/۷۹	-۲/۹۲
^{155}Er	۴/۱۱۸	.	۶/۱۶	۶/۲۱	^{217}Ra	۹/۱۶۱	.	-۵/۷۹	-۵/۴۱
^{155}Yb	۵/۳۳۷	.	۰/۳۰	۰/۴۱	^{219}Ra	۸/۱۳۸	۲	-۱/۴۸	-۱/۹۴
^{157}Yb	۴/۶۲۱	.	۳/۸۹	۴/۲۶	^{221}Ra	۶/۸۸	۲	۱/۹۷	۲/۷۹
^{157}Hf	۵/۸۸	.	-۰/۹۱	-۱/۰۴	^{223}Ra	۵/۹۷۹	۲	۷/۹۹	۷/۰۱
^{159}W	۶/۴۵	.	-۲/۰۹	-۲/۴۱	^{213}Th	۷/۸۴	.	-۰/۸۵	-۰/۴۲
^{169}Os	۵/۷۱۶	.	۱/۵۹	۱/۷۷	^{215}Th	۷/۶۶۵	۲	۰/۴۸	۰/۵۶
^{173}Os	۵/۰۵۵	.	۵/۰۳	۵/۲۱	^{217}Th	۹/۴۳۳	۵	-۳/۶۲	-۳/۸۳
^{171}Pt	۶/۶۱	.	-۱/۳۵	-۱/۱۴	^{219}Th	۹/۵۱	.	-۵/۹۸	-۵/۶۲
^{175}Pt	۶/۱۷۸	۲	۱/۷۳	۱/۰۶۸	^{221}Th	۸/۶۲۶	۲	-۲/۳۷	-۲/۷۱
^{177}Pt	۵/۶۴۲	.	۲/۳۳	۳/۱۷	^{223}Th	۷/۵۶۷	۲	۰/۷۸	۰/۹۳
^{181}Pt	۵/۱۵	.	۴/۸۶	۵/۷۹	^{227}Th	۶/۱۴۶	۲	۶/۸۲	۷/۱۶
^{183}Pt	۴/۸۲	.	۷/۴۸	۷/۷۴	^{219}U	۹/۸۶	۵	-۴/۲۶	-۴/۲۸
^{177}Hg	۶/۷۴	.	-۰/۸۲	-۲/۷۲	^{237}Pu	۵/۷۴۸	۱	۱۲/۱۲	۱۱/۰۸
^{183}Hg	۶/۰۳۹	.	۱/۹۵	۲/۲۹	^{241}Cm	۶/۱۸۵	۳	۱۱/۲۸	۱۰/۳۲

بیست و نهمین کنفرانس ملی هسته‌های ایران

ایران، تهران، دانشگاه شهید بهشتی

۷ اسفندماه ۱۴۰۱



انجمن هسته‌های ایران

185Hg	۵/۷۷۴	.	۲/۹۳	۳/۵۶	247Cm	۵/۳۵۳	۱	۱۵/۵۵	۱۴/۵۷
195Po	۶/۷۴۶	.	۰/۷۹	-۱/۱۲	251Cf	۶/۱۷۵	۵	۱۲/۰۴	۱۲/۵۳
197Po	۶/۴۱۲	.	۲/۰۹	۲/۵۶	253Fm	۷/۱۹۹	۵	۸/۲۲	۸/۳۱
199Po	۶/۰۷۴	.	۳/۴۴	۴/۱۳	257Fm	۶/۸۶۳	۲	۹/۱۸	۸/۴۱
201Po	۵/۷۹۸	.	۴/۷۷	۵/۵	255No	۸/۴۴۲	۵	۴/۲۰	۴/۰۴
203Po	۶/۷۴۶	۲	۸/۳	۷/۶۹	263Rf	۸/۲۵	.	۳/۳۰	۳/۸۹
205Po	۵/۳۲۴	.	۷/۱۸	۸/۰۹	259Sg	۹/۸۰۴	.	-۰/۴۹	-۰/۵۸
207Po	۵/۲۱۵	.	۸	۸/۷۳	261Sg	۸/۶۷	.	۲/۲۲	۳/۱۵
209Po	۴/۹۷۹	۲	۱۰/۲۱	۱۰/۶۲	269Sg	۹/۷۱۴	.	-۰/۶۳	-۰/۳۱
211Po	۷/۵۹۴	۵	-۰/۲۸	-۰/۳۵	271Sg	۸/۷	.	۲/۰۸	۳/۰۴
213Po	۸/۵۳۶	.	-۵/۳۸	-۵/۱۷	265Hs	۹/۷۳	.	-۰/۱۲	۰/۳۷
215Po	۷/۵۲۶	.	-۲/۷۵	-۱/۸۷	267Hs	۱۰/۴۷	.	-۲/۷۰	-۱/۸
195Rn	۷/۶۹	.	-۲/۲۲	-۱/۵۹	273Hs	۱۰/۰۳۷	.	-۱/۱۸	-۰/۵۶
201Rn	۶/۸۶	.	۰/۹۵	۱/۵۸	267Ds	۱۱/۷۸	.	-۵/۵۵	-۴/۵۲
203Rn	۶/۶۲۹	.	۱/۸۳	۲/۵۶	269Ds	۱۱/۵۰۹	.	-۳/۷۴	-۳/۸۶
205Rn	۶/۳۹	۲	۴/۶۱	۴/۰۱	271Ds	۱۰/۸۹	.	-۲/۶۳	-۲/۲۹
207Rn	۶/۲۵۱	.	۳/۴۳	۴/۲۸	273Ds	۱۱/۳۷	.	-۳/۷۷	-۳/۵۱
209Rn	۶/۱۵۵	.	۴/۰۰	۴/۷۳	277Ds	۱۰/۷۲	.	-۲/۲۲	-۱/۸۱
211Rn	۵/۹۶۵	۲	۵/۷۵	۶/۰۷	281Ds	۹/۳۲	.	۲/۱۵	۲/۴۳
213Rn	۸/۲۴۳	۵	-۱/۷۱	-۱/۷۵					

جدول ۳. نتایج بدست آمده برای هسته‌های فرد-زوج.

هسته	Q	L	$\log_{10} T_{exp}$	$\log_{10} T_{cal}$	هسته	Q	L	$\log_{10} T_{exp}$	$\log_{10} T_{cal}$
145Pm	۳/۳۲۲	.	۱۷/۳۰	۱۷/۹۰	221Fr	۶/۴۵۷	۲	۲/۵۵	۳/۸۱
147Eu	۲/۹۹۰	.	۱۰/۹۸	۱۱/۵۴	209Ac	۷/۷۳	.	-۱/۰۴	-۰/۷۶
151Eu	۱/۹۶۳	.	۲۶/۲۰	۲۶/۴۲	211Ac	۷/۶۲	.	-۰/۶۷	-۰/۳۵
149Tb	۴/۰۷۷	۲	۴/۹۷	۴/۳۳	213Ac	۷/۵	.	-۰/۱۴	۰/۰۹
151Tb	۳/۴۹۶	۲	۸/۸۲	۸/۷۵	215Ac	۷/۷۴۴	.	-۰/۷۷	-۰/۸۰
153Tm	۵/۲۴۸	.	۰/۲۱	-۰/۳۴	217Ac	۹/۸۳۲	.	-۷/۱۶	-۷/۱۵
155Tm	۴/۵۷۲	.	۳/۰۴	۳/۴۶	219Ac	۸/۸۲	.	-۴/۹۳	-۴/۳۸
163Re	۶/۰۱۷	.	-۰/۲۲	-۰/۵۵	221Ac	۷/۷۸	.	-۱/۱۳	-۰/۹۳
169Ir	۶/۱۵۱	.	-۰/۱۱	-۰/۱۰۶	223Ac	۶/۷۸۳	۲	۲/۶۰	۳/۲۹
175Ir	۵/۴	۲	۳/۰۲	۳/۸۱	225Ac	۵/۹۳۵	۲	۶/۲۳	۷/۴۶
177Ir	۵/۰۸۱	.	۴/۷۰	۵/۳	213Pa	۸/۳۹	.	-۲/۲۷۵	-۲/۲۱
185Au	۵/۱۸	.	۴/۹۹	۵/۹	217Pa	۸/۴۸۹	.	-۲/۴۵	-۲/۵۳
183Au	۵/۴۶۵	.	۴/۱۵	۴/۳	219Pa	۱۰/۰۸	.	-۷/۲۸	-۷/۰۶
181Au	۵/۷۵۱	۲	۳/۳۹	۳/۰۹	221Pa	۹/۲۵	.	-۵/۲۳	-۴/۸۵
177Tl	۷/۰۶۷	.	-۱/۶۱	-۱/۸۸	223Pa	۸/۳۳	.	-۲/۰۳	-۲/۰۱
179Tl	۶/۷۱۸	.	-۰/۵۷	-۰/۵۱۵	227Pa	۶/۵۸	.	۳/۷۳	۴/۹۴
193Bi	۶/۳۰۴	۵	۴/۵۰	۳/۵۸	229Pa	۵/۸۳۵	۱	۱۰/۰۳	۸/۹
195Bi	۵/۸۳۲	۵	۶/۷۹	۵/۹۲	231Pa	۵/۱۴۹	.	۱۲/۹۷	۱۳/۰۳
213Bi	۵/۹۸۲	۵	۵/۱۵	۵/۱۴۷	235Np	۵/۱۹۴	۱	۱۳/۹۴	۱۴/۰۲
197At	۷/۱	.	-۰/۴۴	-۰/۱۶	237Np	۴/۹۵۸	۱	۱۶/۱۹	۱۵/۷۲
199At	۶/۷۸	.	۰/۹۰	۱/۱۴	235Am	۶/۶۱	۱	۵/۱۷	۶/۸۳
201At	۶/۴۷۳	.	۲/۰۸	۲/۴۸	239Am	۵/۹۲۲	۱	۱۱/۱۱	۱۰/۵۲
203At	۶/۲۱۰	.	۳/۱۶	۳/۷۱	241Am	۵/۶۳۷	۱	۱۲/۶۰	۱۲/۲۴
205At	۶/۰۱۹	.	۴/۲۰	۴/۶۵	243Am	۵/۴۳۸	۱	۱۴/۱۶	۱۳/۵۲
207At	۵/۸۷۲	.	۴/۸۸	۵/۴۱۱	245Bk	۶/۴۵۴	۲	۹/۳۷	۸/۷۸
209At	۵/۷۵۷	.	۵/۶۸	۶/۰۲	249Bk	۵/۵۲۵	۲	۱۳/۶۱	۱۴/۲۶
211At	۵/۹۸۲	.	۴/۷۹	۴/۸۴	245Es	۷/۹۰۹	۳	۳/۵۲	۳/۳۲
213At	۹/۲۵۴	.	-۶/۹۰	-۷/۱۱	251Es	۶/۵۹۶	.	۷/۴۸	۸/۷۶
215At	۸/۱۷۸	.	-۴/۰۰	-۳/۹۸	255Lr	۸/۵۵۶	۴	۳/۰۹	۲/۸۰

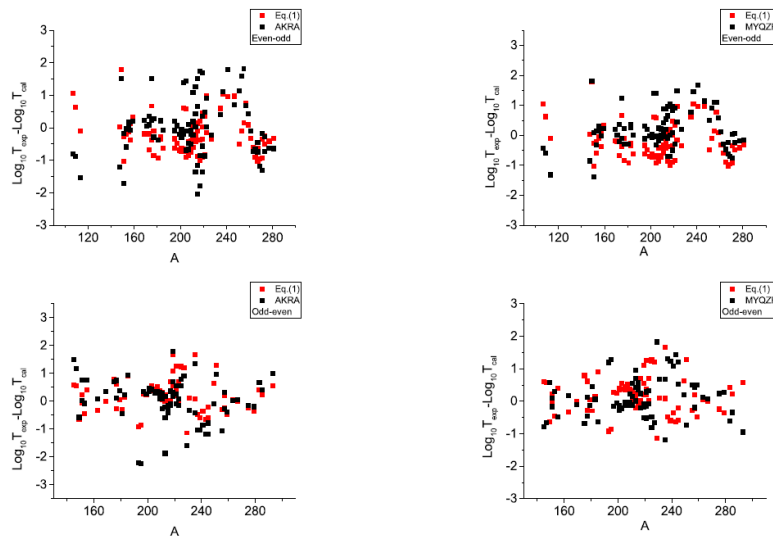
201Fr	۷/۵۲	.	-۱/۲۱	-۰/۸۶۱۲	257Lr	۹/۰۱	.	۰/۶۸	۰/۴۶
203Fr	۷/۲۶	.	-۰/۲۴	۰/۱۲	257Db	۹/۲	.	۰/۳۹	۰/۵۷
205Fr	۶/۹	.	۱/۱۹	۱/۵۸	263Db	۸/۸۳	.	۱/۷۹	۱/۸۵
207Fr	۷/۰۵۴	.	-۰/۵۹	-۰/۹۴	297Db	۹/۶۲	.	-۰/۲۹۲	-۰/۷۷
209Fr	۶/۷۷۷	.	۱/۷۵	۲/۱۱	267Bh	۹/۲۳	.	۱/۲۳	۱/۲۳
211Fr	۶/۶۶	.	۲/۳۷	۲/۶۲	275Mt	۱۰/۴۸	.	-۱/۷۰	-۱/۹۴
213Fr	۹/۹۰۴	.	۱/۵۴	۱/۵۶	279Rg	۱۰/۵۳	.	-۱/۰۴	-۱/۴۱
215Fr	۹/۵۴	.	-۷/۰۷	-۷/۱۲	283Nh	۱۰/۴۸	.	-۱/۰۰	-۰/۵۹
217Fr	۸/۴۶۹	.	-۴/۷۷	-۴/۰۸	285Nh	۱۰/۰۱	.	۰/۶۲	۰/۸۵
219Fr	۷/۴۸۸	.	-۱/۶۹	-۰/۵۹	293Ts	۱۱/۱۸	.	-۱/۸۵	-۱/۲۸

۴. بحث و نتیجه گیری:

در کار حاضر بوسیله برازش داده‌های تجربی، یک فرمول نیمه تجربی برای محاسبه‌ی نیمه عمر واپاشی آلفا بر حسب $\frac{1}{\sqrt{Q}}$ ، عدد اتمی هسته‌ی مادر و تکانه زاویه‌ای ذره‌ی آلفا با شش پارامتر قابل تنظیم، که وابسته به اعداد اتمی و نوترونی هسته‌های مادر هستند، بدست آمده است. با مقایسه‌ی نتایج حاصل از این رابطه با داده‌های تجربی و همچنین نتایج ریشه میانگین مربعات، انحراف از داده‌های تجربی و اختلاف لگاریتم نیمه عمرها بر اساس شش فرمول نیمه تجربی ذکر شده، در نهایت می‌توان نتیجه گرفت این فرمول برای محاسبه نیمه عمر واپاشی مناسب می‌باشد.

جدول ۴. ریشه میانگین مربعات انحراف از نیمه عمرهای تجربی برای فرمول‌های مختلف.

هسته	فرمول (۱)	UDL	رویر	MB	ویولا	AKRA	MYQZR
زوج-فرد	۰/۶۰۴۶	۱/۰۸۰۱	۰/۸۵۶۳	۲/۱۳۶۸	۱/۱۹۴۲	۰/۸۷۰۶	۰/۶۶۴۲
فرد-زوج	۰/۵۴۸۱	۰/۸۲۱۵	۰/۶۵۱۴	۱/۹۸۰۱	۱/۱۴۷۸	۰/۷۲۷۴	۰/۶۰۰۲



شکل ۱. اختلاف نیمه عمر تجربی و مقدار محاسبه شده با استفاده از فرمول (۱) و فرمول های AKRA و MQYZR

۵. مراجع:

1. S. Hofmann, Rep. Prog. Phys. 61, 639 (1998).
2. J. Khuyagbaatar, A. Yakushev, Ch.E. Düllmann, et al., Phys. Rev.Lett. 112, 172501 (2014).
3. R. Hamilton, A. Henderson, et al., Phys. Rev. Lett. 108, 022502 (2012).
4. P. A. Ellison, et al., Phys. Rev. Lett. 105, 182701 (2010).
5. A. El Batoul, I. Moumene, and M. Oulne, Eur. Phys. J. A. 57, 254 (2021).
6. Z. Ge, G. Zhang, S. Cheng, Yu. S. Tsyganov, F. S. Zhang, Chin. Phys. C 44, 104102 (2020).
7. M. Sayahi, V. Dehghani, D. Naderi and S.A. Alavi, Z. Naturforsch10, 1515 (2019).
8. F. Koyuncu, Nucl. Phys. A 1012, 122211 (2021).
9. G. Royer, Nucl. Phys. A 848, 279 (2010).



10. A. I. Budaca, R. Budaca, and I. Silisteanu, Nucl. Phys. A 951, 60 (2016).
11. A. Sobiczewski, Z. Patyk, and S. Ewiok, Phys. Lett. B 224, 1 (1989).
12. Y. Qian, Z. Ren, Phys. Rev. C 85, 027306 (2012).
13. A. H. Wapstra, G. Audi, C. Thibault, Nucl. Phys. A 729, 129 (2003).
14. C. Qi, F. R. Xu, R. J. Liotta, R. Wyss, M. Y. Zhang, C. Asawatangtrakuldee, and D. Hu, Phys. Rev. C 80, 044326 (2009).
15. D. T. Akrawy and D. N. Poenaru, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 44, 105105 (2017).
16. D. T. Akrawy and A. H. Ahmed, Phys. Rev. C 100, 044618 (2019).