

kargar@susc.ac.ir :

(دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۵/۱۶ ؛ دریافت نسخه نهایی: ۱۳۹۲/۴/۱۶)

$$\frac{A}{16} \quad \frac{A}{15.5} \quad \frac{A}{13.5}$$

A

A

$$\begin{matrix} a & E_1 \\ E_1 & a \\ & a \\ N= & Z= \end{matrix}$$

$$a = A^{\frac{1}{2}} (0.105 e^{-\frac{A^{1/3}}{1.6}} + 0.015)^2$$

برانگیخته و کم انرژی هسته‌ها استوار است. مطالعه چگالی ترازهای هسته در انرژی‌های برانگیختگی پایین از چندین جنبه مورد توجه است، از جمله آزمون مدل‌های ساختار هسته به کمک مقایسه بین چگالی ترازهای تجربی و تعیین سازوکار واکنش و محاسبه سطح مقطع آن [۱-۳]. چگالی تراز را می‌توان در انرژی‌های برانگیختگی پایین به وسیله شمارش مستقیم حالات برانگیخته مشاهده شده تعیین کرد. اما این روش به دقت و کامل بودن داده‌های موجود وابسته است. با این وجود ما اغلب

چگالی تراز هسته‌ای از اهمیت ویژه‌ای در فیزیک هسته‌ای برخوردار است. این کمیت توزیع ترازهای هسته را پیشگویی کرده و در نظریه واکنش‌های هسته‌ای نقش مهمی هم در تعیین سازوکار واکنش و هم در محاسبات مدل آماری سطح مقطع آنها (مثلاً نظریه آماری هاسر- فشباخ) ایفا می‌کند. بخش عمده دانش نوین ما در مورد خواص هسته‌ها، بر پایه مطالعه حالات

۱. nuclear level density

اصلاحات پدیده شناختی مختلفی بر روی فرمول ساده بت برای استفاده در محاسبات تجربی و به منظور تبیین یک توصیف نظری رضایت بخش از چگالی ترازهای هسته که توانایی توضیح و تولید خصوصیات اساسی آن از جمله وابستگی چگالی تراز به ساختار پوسته‌ای و ظهور اثر زوج - فرد، تغییرات جزئی آن با انرژی و توزیع اسپین در هسته برانگیخته را داشته و قادر به توصیف عمومی هسته در نزدیکی حالت پایه و در انرژی‌های برانگیختگی بالا باشد، پیشنهاد شده است [۵ و ۷]. در این اصلاحات، شکل تابعیت یکسانی برای وابستگی به انرژی، مطابق آنچه در مورد ترازهای هم فاصله در دسترس است، در نظر گرفته می‌شود و تعدادی پارامتر آزاد برای برازش با نتایج تجربی تعریف می‌شوند. در مدل گاز فرمی جابه‌جا شده نیوتون-کمرن^۱ [۸ و ۹] اثرات زوج - فردی به وسیله یک جابه‌جایی انرژی زوجیت وارد می‌شود و به کاهش انرژی برانگیختگی مؤثر هسته‌های زوج-زوج و A -فرد و در نتیجه چگالی تراز کمتری برای آنها می‌انجامد. تنها پارامتر قابل تنظیم در این مدل پارامتر چگالی تراز a می‌باشد. این مدل تنها قادر به توصیف نتایج تجربی در بازه کوچکی از انرژی، حول انرژی بستگی نوترون است چون بیشتر داده‌های تجربی از تشدیدهای نوترون استخراج می‌شوند. اما برون‌یابی مقادیر چگالی تراز به نواحی پر انرژی یا کم انرژی مجاز نیست و این بدین معنی است که اثرات پوسته‌ای به طور مناسب به کار گرفته نشده‌اند.

برای حل این مسئله، گیلبرت و کمرن^۲ [۱۰] فرمول دیگری پیشنهاد کردند (یک فرمول چهار- پارامتری) که فرمول گاز فرمی جابه‌جا شده را در انرژی برانگیختگی بالا، با یک فرمول دمای ثابت^۳ برای انرژی‌های پایین تر ترکیب می‌کرد. با برازش چهار ثابت در هر دو ناحیه، داده‌های تجربی به خوبی حاصل می‌شدند. روش ساده دیگری، که ما نیز در اینجا به آن می‌پردازیم، مدل گاز فرمی پس - جابه‌جا شده^۴ است. در این مدل هم جابه‌جایی

به چگالی تراز هسته‌های ناپایداری، که به روش تجربی قابل تعیین نیستند، نیازمندیم. برای چنین هسته‌هایی باید به چگالی ترازهای حاصل از مدل‌های نظری یا برون‌یابی از هسته‌هایی که اطلاعات تجربی آنها موجود است اعتماد کنیم [۴].

خصوصیت برجسته تجربی چگالی ترازهای هسته افزایش بی‌نهایت سریع آنها با انرژی برانگیختگی است. می‌دانیم که فاصله نوعی بین اولین ترازهای برانگیخته بالای حالت پایه در عناصر با جرم متوسط و سنگین از مرتبه ۱۰ تا چند ده مگا الکترون ولت است. همچنین با افزایش انرژی برانگیختگی به سمت ناحیه MeV در هم آمیختگی طیف‌های هسته‌ای به شدت افزایش یافته و فاصله بین ترازها در مقایسه با ترازهای نزدیک به حالت پایه به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. این کاهش برحسب انرژی تقریباً نمایی است و یا نسبت عکس با توان نسبتاً بالایی از انرژی برانگیختگی دارد. در ناحیه عناصر سنگین فاصله تشدیدهای نوترون حدود ۴ تا ۵ مرتبه کمتر از فاصله ترازها در انرژی‌های برانگیختگی پایین است، یعنی حدوداً تا میلیون‌ها تراز بر MeV. این تأیید مجددی بر افزایش ذاتاً نمایی چگالی تراز با انرژی برانگیختگی، و بنابراین مطالعه آن با استفاده از روش‌های آماری است [۵]. مدل آماری از نظر کیفی قادر به پیشگویی قسمت عمده سطح مقطع واکنش‌های هسته‌ای می‌باشد. پژوهش‌های زیادی هم برای یافتن پیشگویی‌های ساختار هسته و هم برای درک و استخراج خواص هسته‌ای مورد نیاز در مدل آماری و وابستگی‌های آن انجام شده است. با شناخت این وابستگی‌های اساسی به راحتی می‌توان آنها را در شکلی پارامتری شده به کار برد [۳]. یک مورد مهم مطالعه رفتار چگالی تراز هسته در چارچوب مدل گاز فرمی پس جابه‌جا شده است.

برای اولین بار در سال ۱۹۳۶ بت مدل گاز فرمی بدون برهم‌کنش را بررسی کرد. تا وقتی رفتار نوکلئون‌ها به صورت گاز فرمی در نظر گرفته شود وابستگی انرژی چگالی تراز را می‌توان با چند پارامتر توصیف کرد. رفتار این پارامترها را به واسطه حقایق فیزیکی شناخته شده و یا با استخراج آنها از محاسبات مختلف می‌توان تعیین کرد [۶].

۱. Newton-Cameron

۲. Gilbert and Cameron

۳. constant temperature formula

۴. back-shifted Fermi gas model

در فیزیک آماری به عنوان تابع پارش آنسامبل کانونی بزرگ شناخته می‌شود. بت خواص آماری هسته‌های اتمی را به وسیله نمایش هسته‌های برانگیخته به عنوان یک گاز فرمی با ذرات بدون برهم‌کنش شامل دو نوع ذره، یعنی پروتون و نوترون، توصیف کرد. مجموع آماری ذرات فرمی بدون برهم‌کنش را با استفاده از تقریب طیف پیوسته به شکل زیر نوشته می‌شود

$$\ln Q(\beta, \alpha_N, \alpha_Z) = \int_0^\infty g(\varepsilon_N) \ln(1 + e^{\alpha_N - \beta \varepsilon_N}) d\varepsilon_N + \int_0^\infty g(\varepsilon_Z) \ln(1 + e^{\alpha_Z - \beta \varepsilon_Z}) d\varepsilon_Z, \quad (4)$$

که در آن ε انرژی سطوح تک ذره، g درجه تهگنی سطوح است، و β و α به طور مستقیم با دمای ترمودینامیکی ($\beta = \frac{1}{T}$) و پتانسیل شیمیایی سیستم ($\alpha = \frac{\lambda}{T}$) مربوط می‌باشند. انتگرال فوق با استفاده از فرض فواصل یکسان برای حالت‌های تک ذره و تقریب نقطه زینی محاسبه می‌شود

$$\ln Q(\beta_0, \alpha_{0N}, \alpha_{0Z}) = \alpha_{0N} N + \alpha_{0Z} Z - \beta_0 (E_{0N} + E_{0Z}) + \frac{g_{0N} \alpha_{0N}^2}{2\beta_0} + \frac{\beta_0 g_{0N} \varepsilon_{0N}^2}{2} - \alpha_{0N} \varepsilon_{0N} g_{0N} + \frac{g_{0Z} \alpha_{0Z}^2}{2\beta_0} + \frac{\beta_0 g_{0Z} \varepsilon_{0Z}^2}{2} - \alpha_{0Z} \varepsilon_{0Z} g_{0Z} + \frac{\pi^2 g_{0N}}{6\beta_0} + \frac{\pi^2 g_{0Z}}{6\beta_0} \quad (5)$$

در این رابطه، N تعداد کل نوترون‌ها، Z تعداد کل پروتون‌ها و E_{0N} و E_{0Z} انرژی حالت پایه آنها به صورت زیر تعریف می‌شوند

$$N = \int_0^{\varepsilon_{0N}} g(\varepsilon_N) d\varepsilon_N, \quad E_{0N} = \int_0^{\varepsilon_{0N}} \varepsilon_N g(\varepsilon_N) d\varepsilon_N, \quad (6)$$

$$Z = \int_0^{\varepsilon_{0Z}} g(\varepsilon_Z) d\varepsilon_Z, \quad E_{0Z} = \int_0^{\varepsilon_{0Z}} \varepsilon_Z g(\varepsilon_Z) d\varepsilon_Z,$$

انتگرالده در فرمول ابتدایی چگالی سطحی (۲) برای مقادیر معینی از متغیرهای β_0 ، α_{0Z} و α_{0N} یک اکستریم دارد. با به کارگیری تقریب نقطه زینی، مکان نقطه اکستریم با معادلات زیر تعیین می‌شود

انرژی و هم پارامتر چگالی تراز a به صورت پارامترهای قابل تنظیم در نظر گرفته می‌شوند که برآزش مناسبی را با چگالی ترازهای تجربی، حول ناحیه وسیع‌تری از انرژی برانگیختگی حاصل می‌کند [۱۱]. این مدل یک شکل اصلاح شده از فرمول‌بندی تحلیلی اولیه بت برای یک سیستم با فرمیون‌های بدون برهم‌کنش محصور در حجم هسته با حالت‌های تک ذره‌ای هم فاصله است [۱۲]. این مدل ساده جزئیات زیادی از برهم‌کنش‌های هسته‌ای را در بر نمی‌گیرد. بنابراین پارامترهای تجربی تعیین شده به وسیله برآزش داده‌های تجربی، شامل متغیرهای پیچیده‌ای هستند که به طور ضمنی اثرات پوسته‌ای، زوجیت و ... را منعکس می‌کنند. برای بیشتر روش‌های برون‌یابی معتبر، توانایی منظور کردن چنین وابستگی‌هایی و به حساب آوردن آنها از روشی ساده امر بسیار مهمی است [۱۳]. در سطح میکروسکوپیکی نیز پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در روش‌های نظری در به حساب آوردن اثراتی مانند اثرات پوسته‌ای و همبستگی‌های زوجیت حاصل شده است [۱۴] اما استفاده از آنها در کاربردهای عملی نسبتاً پیچیده است.

مدل گاز فرمی به عنوان یکی از ساده‌ترین روش‌های تحلیل چگالی تراز هسته‌های برانگیخته مدت‌ها است در آنالیز و طبقه‌بندی داده‌های تجربی در زمینه خواص آماری هسته‌ها استفاده شده و بسیار کارآمد است. چگالی حالات برانگیخته هسته‌ها به عنوان تابعی از انرژی و تعداد ذرات به صورت عمومی زیر تعریف می‌شود

$$\omega(Z, N, E) = \sum_j \delta(Z - Z_j) \delta(N - N_j) \delta(E - E_j), \quad (1)$$

که در آن E_j انرژی حالت j ام هسته‌ای با Z_j پروتون و N_j نوترون است. با استفاده از نمایش انتگرالی تابع دلتای دیراک خواهیم داشت:

$$\omega(Z, N, E) = (\gamma \pi i)^{-2} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \int \int \exp(\beta E - \alpha_Z Z - \alpha_N N) \times Q(\beta, \alpha_Z, \alpha_N) d\beta d\alpha_Z d\alpha_N. \quad (2)$$

که در آن

$$Q(\beta, \alpha_Z, \alpha_N) = \sum_j \exp(-\beta E_j + \alpha_Z Z_j + \alpha_N N_j). \quad (3)$$

به سطوحی که انرژی یکسان ولی تکانه زاویه‌ای مختلف دارند حالت^۱ و به مجموع آنها تراز^۲ گفته می‌شود. چگالی تراز $\omega(E, N, Z)$ با معادله زیر به چگالی حالت $\rho(E, N, Z)$ مربوط است:

$$\rho(E, N, Z) = \frac{\omega(E, N, Z)}{\text{تعداد میانگین حالت‌ها در تراز}} \quad (۱۱)$$

با استفاده از نظریه معروف حد مرکزی^۳ مکانیک آماری می‌توان نشان داد که تعداد تصاویر تکانه زاویه‌ای M در طول محور ثابت در فضا در اولین تقریب با یک تابع گاوسی داده می‌شود [۵]

$$P(E, N, Z, M = J) = P(E, N, Z, M = 0) e^{-M^2/2\sigma^2}. \quad (۱۲)$$

در این رابطه σ^2 پهنای توزیع گاوسی است که آن را با عنوان پارامتر قطع اسپین^۴ چگالی تراز در نظر می‌گیریم. به این ترتیب تعداد متوسط حالت‌ها در هر تراز $\sqrt{2\pi\sigma^2}$ به دست می‌آید.

در نهایت به رابطه وابسته به انرژی چگالی ترازهای برانگیخته در چارچوب مدل گاز فرمی می‌رسیم

$$\rho(U) = \frac{1}{12\sqrt{2}\sigma} \frac{\exp(\sqrt{2aU})}{\frac{1}{4}U^{\frac{5}{4}}} ; U = E - E_1. \quad (۱۳)$$

که بنابراین جابه‌جایی E_1 ، یک جابه‌جایی است که در انرژی برانگیختگی جهت منظور کردن اثرات پوسته‌ای و زوجیت وارد می‌شود. در این رابطه σ را با توجه به محاسبات گیلبرت و کمرون [۱۰] به صورت

$$\sigma^2 = 0.0888 A^{\frac{1}{3}} \sqrt{a(E - E_1)}, \quad (۱۴)$$

در نظر می‌گیریم و پارامتر چگالی تراز a و پس جابه‌جایی E_1 را به وسیله برازش با داده‌های تجربی به دست می‌آوریم. به این منظور از اطلاعات موجود در RIPL2 - database کمک می‌گیریم، که ترازها در فایل داده‌های ساختار هسته^۵ همراه با انرژی و اعداد کوانتومی پایه شان برای ایزوتوپ‌های هسته‌های

$$\left. \frac{\partial(\ln Q(\beta, \alpha_Z, \alpha_N) + \beta E - \alpha_Z Z - \alpha_N N)}{\partial \beta} \right|_{\beta_0, \alpha_0 Z, \alpha_0 N} = \frac{\partial \ln Q(\beta_0, \alpha_0 Z, \alpha_0 N)}{\partial \beta_0} + E = 0,$$

$$\left. \frac{\partial(\ln Q(\beta, \alpha_Z, \alpha_N) + \beta E - \alpha_Z Z - \alpha_N N)}{\partial \alpha_Z} \right|_{\beta_0, \alpha_0 Z, \alpha_0 N} = \frac{\partial \ln Q(\beta_0, \alpha_0 Z, \alpha_0 N)}{\partial \alpha_0 Z} - Z = 0, \quad (۷)$$

$$\left. \frac{\partial(\ln Q(\beta, \alpha_Z, \alpha_N) + \beta E - \alpha_Z Z - \alpha_N N)}{\partial \alpha_N} \right|_{\beta_0, \alpha_0 Z, \alpha_0 N} = \frac{\partial \ln Q(\beta_0, \alpha_0 Z, \alpha_0 N)}{\partial \alpha_0 N} - N = 0.$$

با بسط تیلور $\ln Q(\beta, \alpha_Z, \alpha_N) + \beta E - \alpha_Z Z - \alpha_N N$ حول نقطه اکسترم نتیجه محاسبه را به شکل زیر می‌نویسیم

$$\omega(E, Z, N) = \frac{e^S}{(2\pi)^{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{\pi^2 g_{0N} g_{0Z} g_0}{\beta_0^5}}}. \quad (۸)$$

در این رابطه $S = \ln Q(\beta_0, \alpha_0 Z, \alpha_0 N) + \beta_0 E - \alpha_0 Z Z - \alpha_0 N N$ همان تعریف آنتروپی در مکانیک آماری است و β_0 عکس دمای سیستم $t = \frac{1}{\beta_0}$ و $g_0 = g_{0N} + g_{0Z}$ چگالی تراز تک ذره‌ای کل است. با استفاده از اولین رابطه در (۷) معادله حالت سیستم به صورت زیر حاصل می‌شود

$$E - E_0 = U = \frac{\pi^2 g_0}{6\beta_0^2} = \left(\frac{\pi^2 g_0}{6}\right) t^2. \quad (۹)$$

اینک با تعریف پارامتر چگالی تراز به صورت $a = \frac{\pi^2 g_0}{6}$ و با جایگذاری $U = at^2$ ، $\beta_0 = \sqrt{\frac{a}{U}}$ و $S = 2\sqrt{aU}$ در رابطه (۸) و با فرض $g_{0N} = g_{0Z}$ ، به شکلی ساده برای چگالی حالت برانگیخته هسته دست می‌یابیم

$$\omega(U) = \frac{\sqrt{\pi}}{12 a^{\frac{1}{4}} U^{\frac{5}{4}}} \exp(2\sqrt{aU}). \quad (۱۰)$$

در بسیاری مسائل نه تنها چگالی کل حالت برانگیخته هسته‌ها، بلکه توزیع حالت‌ها حول تکانه زاویه‌ای J یا تصویر آن روی یک محور خاص M ، مورد توجه است. همان طور که می‌دانیم

۱. state

۲. level

۳. central limit

۴. spin cut-off parameter

۵. evaluated nuclear structure data file

$$a = \frac{A}{15.5}, \quad (A) \quad (19)$$

$$a = \frac{A}{16}, \quad () \quad (20)$$

رفتار کلی پارامتر a بر حسب عدد جرمی A در شکل ۳ آمده است. در این شکل $\sqrt{\frac{a}{A}}$ برحسب $A^{0.8}$ رسم گردیده است. شکل ۳ نشان می‌دهد که پارامتر چگالی تراز هسته‌ای از رابطه

$$a = A^2 (0.105e^{19/11} + 0.15)^2, \quad (21)$$

پیروی می‌کند.

از شکل ۲ دیده می‌شود که پارامترهای تجربی به دست آمده رفتار پیچیده‌ای به شرح زیر از خود نشان می‌دهند:

۱. پارامتر چگالی تراز هسته‌ای a ، به نوع هسته، زوج-زوج، A -فرد و فرد-فرد، بستگی دارد به نحوی که از برآزش تغییرات a بر حسب A با یک خط شیب آن برای انواع هسته‌ها به ترتیب کاهش می‌یابد. در محاسبات نظری معمولاً مقدار $a = \frac{A}{8} \text{Mev}^{-1}$ به کار می‌رود، که طبق محاسبات انجام شده در این مقاله مقادیر $\frac{A}{13.5}$ ، $\frac{A}{15.5}$ و $\frac{A}{16}$ به ترتیب برای هسته‌های زوج-زوج، A -فرد و فرد-فرد پیشنهاد می‌گردد.

۲. این پارامتر بستگی قوی به اثرات لایه‌ای دارد، چنان که در لایه‌های بسته $Z=82$ و $N=126$ تغییرات زیادی از خود نشان می‌دهد. این اثر کاملاً در شکل‌های ۲ به صورت کاهش سریع پارامتر چگالی تراز هسته‌ای در مجاورت $A=208$ بارز است. این اثر به کم بودن چگالی تراز تک ذره‌ای برای هسته‌هایی که لایه بسته دارند، مربوط می‌شود.

پارامتر پس-جابه‌جایی، E_8 ، حتی رفتار پیچیده تری از خود نشان می‌دهد. به اضافه اینکه به نوع هسته، زوج-زوج، A -فرد و فرد-فرد نیز بستگی دارد.

مقادیر به دست آمده در این پژوهش برای این پارامتر به ترتیب $\frac{5}{\sqrt{A}}$ ، $\frac{-15}{\sqrt{A}}$ و $\frac{-8.5}{\sqrt{A}}$ برای هسته‌های زوج-زوج، A -فرد و فرد-فرد می‌باشد.

که شکل تابعی آن برحسب A قابل قیاس با مقدار $E_8 = \pm \frac{12}{\sqrt{A}} \text{ MeV}$

است، که معمولاً در محاسبات نظری به کار می‌رود.

مختلف فهرست شده‌اند [۱۵].

در انتخاب هسته‌ها شرط کامل بودن، یعنی داشتن اسپین و پاریتته مشخص برای تمام ترازها در بازه اسپین و انرژی داده شده، و جامع بودن یعنی وجود تعداد زیادی تراز، حداقل ۱۰ تراز، در این بازه را رعایت کرده‌ایم [۱۶]. با رسم نمودار تعداد ترازهای هسته بر حسب انرژی هر تراز تعداد ترازهای تجربی را در بازه انرژی که در شرایط بالا صدق می‌کند در اختیار داریم.

برای یافتن a و E_8 باید از رابطه (۱۳) انتگرال بگیریم تا رابطه‌ای برای تعداد ترازها بر حسب انرژی به دست آوریم

$$N(E) = NL + \int_{EL}^E \rho(E') dE' \quad (15)$$

حاصل این انتگرال چنین است

$$N(E) = NL + \frac{1}{12\sqrt{2}\sqrt{0.0888}A^2} \times \left(\frac{-2e^{-2\sqrt{a(E-E_8)}}}{\sqrt{a(E-E_8)}} + 4Ei(2\sqrt{a(E-E_8)}) \right), \quad (16)$$

که در آن

$$Ei(x) = 0.5772156 + \ln x + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n!} \quad (17)$$

حدود انتگرال فوق را جهت یافتن مناسب‌ترین برآزش با کمترین χ^2 به جای صفر، EL در نظر می‌گیریم و مقدار آن را $EL = E_8$ مربوط به انرژی برانگیختگی سوم قرار می‌دهیم و با نمودار داده‌های تجربی برآزش می‌کنیم. مقدار NL نیز متناسب با $EL = 3$ انتخاب می‌شود. نتایج حاصل برای ۴۶۸ هسته مختلف را در جدول ۱ مشاهده می‌کنید.

چند نمونه از نمودارهای برآزش شده در شکل ۱ آمده است. در شکل ۲ پارامتر چگالی تراز هسته‌ای a به ترتیب برای هسته‌های زوج-زوج، A -فرد و فرد-فرد رسم شده است. از این نمودارها پارامتر چگالی تراز هسته‌ای a به ترتیب برای این هسته‌ها به صورت زیر به دست می‌آید:

$$a = \frac{A}{13.5}, \quad () \quad (18)$$

جدول ۱. پارامتر چگالی تراز a و پس-جابه‌جایی E_1 . $E.rang$ بازه انرژی و $Nmax$ تعداد ترازها در بازه انرژی مربوطه است.

NUCL	Nmax	E.rang (MeV)	a (MeV) ⁻¹	E_1 (MeV)	NUCL	Nmax	E.rang (MeV)	a (MeV) ⁻¹	E_1 (MeV)
¹⁶ F	۲۴	۷٫۵	۲٫۲۰۱۸۵	-۰٫۰۱۶۳۳	^{۳۷} Ar	۳۳	۵٫۱۲۹۸	۴٫۲۵۷۳۲	۰٫۴۴۵۸۲
^{1۷} F	۳۶	۹٫۱۷	۲٫۳۱۶۵۳	۰٫۷۰۰۵۸	^{۳۸} Ar	۶۹	۷٫۵۳۸	۴٫۷۴۶۳۹	۲٫۲۸۹۱۹
^{1۸} F	۷۶	۸٫۲۳۸	۲٫۴۶۷۲۸	-۱٫۶۶۴۴۷	^{۳۹} Ar	۳۱	۳٫۹۹۲۱	۴٫۱۲۰۱۹	-۱٫۰۴۷۱۷
^{۲۰} F	۸۰	۷٫۱۶۶	۲٫۳۲۲۰۲	-۳٫۶۹۱۷۶	^{۴۰} Ar	۵۸	۵٫۹۳۱	۴٫۵۶۲۳۳	۰٫۶۵۰۰۵
^{۲۱} F	۲۶	۵٫۵۹۲	۲٫۱۸۴۳۶	-۲٫۶۵۲۳۷	^{۴۱} Ar	۳۰	۳٫۸۸۹	۴٫۷۸۵۸۲	-۰٫۰۹۴۱
^{1۹} Ne	۲۷	۶٫۴۳۷	۲٫۶۸۹۸۳	۰٫۰۰۰۳۲	^{۳۸} K	۴۴	۴٫۸۴۵	۴٫۸۲۹۱۷	۰٫۳۷۰۰۵
^{۲۰} Ne	۵۰	۱۱٫۶۵۳	۲٫۴۴۰۳۶	۲٫۸۱۳۶۵	^{۴۰} K	۵۹	۴٫۱۱۰۸۶	۴٫۹۰۹۳۹	-۰٫۸۷۹۱۵
^{۲۱} Ne	۶۶	۸٫۶۸	۲٫۶۰۹۶۳	۰٫۳۶۵۹۸	^{۴۱} K	۵۸	۴٫۰۲۶۹۴	۵٫۰۴۴۸	-۰٫۸۵۲۰۵
^{۲۲} Ne	۳۷	۸٫۵۹۲	۲٫۷۲۰۳۴	۱٫۱۷۳۸۶	^{۴۲} K	۳۵	۳٫۳۳	۳٫۱۹۰۴۴	-۳٫۵۷۵۸۵
^{۲۳} Na	۸۹	۹٫۲۱۱۳	۲٫۹۰۱۱۵	۰٫۳۳۳۵۵	^{۴۱} Ca	۳۸	۴٫۶۰۳۱	۴٫۵۶۳۴۷	-۰٫۱۹۲۴۲
^{۲۴} Na	۵۳	۵٫۴۷۸۹۶	۳٫۳۳۸۶۵	-۱٫۲۸۷۰۶	^{۴۲} Ca	۸۴	۶٫۲۱۲	۵٫۴۴۵۱۶	۱٫۳۲۸۰۴
^{۲۵} Na	۳۰	۵٫۷۴۶	۳٫۱۳۳۵۶	-۰٫۱۸۱۹۳	^{۴۳} Ca	۴۳	۳٫۵۰۵۳	۵٫۸۵۷۸۳	-۰٫۳۲۲۲۴
^{۲۳} Mg	۴۰	۷٫۴۹۳	۳٫۰۳۱۹۶	۰٫۷۷۳۰۸	^{۴۴} Ca	۵۹	۵٫۴۰۴	۵٫۲۰۷۲۸	۰٫۷۳۵۱۱
^{۲۴} Mg	۶۲	۱۱٫۵۲۸	۲٫۹۵۵۷۲	۳٫۷۷۷۷۱	^{۴۵} Ca	۳۵	۳٫۴۹۰۷	۳٫۳۱۱۰۳	-۳٫۳۹۳۳۵
^{۲۵} Mg	۳۲	۶٫۰۸۲	۲٫۸۴۹۲۹	-۰٫۵۰۷۴۱	^{۴۶} Ca	۳۸	۵٫۷۲۲	۴٫۶۷۷۷۵	۱٫۱۷۸۴۴
^{۲۶} Mg	۵۵	۸٫۵۷۶	۳٫۲۷۰۵۳	۱٫۶۵۰۷۶	^{۴۲} Sc	۴۵	۳٫۶	۵٫۷۶۰۲۳	-۰٫۳۱۷۹۵
^{۲۷} Mg	۳۲	۶٫۰۰۹	۳٫۱۷۶۲۶	-۰٫۰۳۸۴۲	^{۴۳} Sc	۳۹	۲٫۹۸۷۴	۵٫۰۷۱۴۹	-۱٫۳۲۱۶۵
^{۲۵} Al	۳۰	۶٫۱۱۲	۲٫۲۲۳۹۳	-۲٫۵۰۳۳۴	^{۴۵} Sc	۴۵	۲٫۷۷۸۷	۵٫۵۸۱۷۵	-۱٫۴۰۴۹۱
^{۲۶} Al	۶۶	۵٫۹۴۹۹۳	۳٫۰۸۹۶۷	-۱٫۷۹۵۷۵	^{۴۶} Sc	۶۸	۲٫۷۸۳۰۲	۵٫۱۶۱۹	-۲٫۲۶۵۸۳
^{۲۷} Al	۴۳	۶٫۹۹۶	۳٫۳۸۳۰۵	۰٫۸۱۴۹۷	^{۴۸} Sc	۴۸	۳٫۳۹۲	۵٫۹۸۸۱۱	-۰٫۴۴۱۴۱
^{۲۸} Al	۳۱	۴٫۳۱۱	۲٫۵۷۵۱۱	-۳٫۶۱۴۶۴	^{۴۹} Sc	۳۴	۵٫۱۴۲	۴٫۹۹۲۸	۰٫۸۹۶۶۶
^{۲۹} Si	۳۵	۷٫۱۹۷	۳٫۶۵۰۲۲	۱٫۹۳۵۳۱	^{۴۶} Ti	۵۵	۴٫۸۴۵	۵٫۴۱۲۷۲	۰٫۲۹۸۱۷
^{۳۰} Si	۲۳	۷٫۰۷۹	۲٫۶۸۶۲۹	۰٫۵۷۲۵۸	^{۴۷} Ti	۶۱	۳٫۷۲۷۱	۴٫۱۵۱۸۵	-۲٫۵۰۳۳۷
^{۳۱} Si	۴۵	۶٫۹۹۷	۳٫۹۲۷۶۶	۱٫۵۵۵۴۶	^{۴۸} Ti	۶۸	۵٫۱۹۷۳	۵٫۳۶۵۰۴	۰٫۳۵۳۷۲
^{۳۰} P	۵۲	۶٫۳۶۱	۳٫۳۱۹۶۱	-۰٫۴۱۶۴۴	^{۴۹} Ti	۴۱	۳٫۹۹	۳٫۸۳۵۵۳	-۲٫۰۱۱۱۶
^{۳۱} P	۳۶	۶٫۶۱۰۳	۳٫۴۳۱۹	۰٫۷۷۰۰۵	^{۵۰} Ti	۴۱	۵٫۸۸	۵٫۳۰۹۲۵	۱٫۷۵۰۴۶
^{۳۲} P	۳۰	۴٫۳۱۳۳	۳٫۲۶۷۰۸	-۱٫۵۹۳۷۱	^{۴۹} V	۶۲	۳٫۵۳۱۱	۵٫۶۷۰۵۹	-۰٫۹۴۴۵۱
^{۳۳} P	۲۸	۶٫۱۸۲	۴٫۰۷۴۳۸	۱٫۷۴۱۷۹	^{۵۰} V	۴۴	۲٫۵۳۴	۵٫۸۸۷۱۸	-۱٫۳۵۵۸
^{۳۱} S	۲۵	۵٫۸۹۴	۳٫۵۵۵۹۴	۰٫۸۱۵۸۵	^{۵۱} V	۷۵	۴٫۵۸۲۷۹	۶٫۱۵۵۶۷	۰٫۲۵۹۹۸
^{۳۲} S	۳۲	۷٫۹۷۴	۳٫۴۴۵۲۳	۲٫۳۶۴۵۹	^{۵۲} V	۳۳	۲٫۵۹۱	۴٫۵۲۱۸۲	-۲٫۰۷۱۸۵
^{۳۳} S	۴۴	۶٫۱۳۱	۳٫۶۸۹۶۵	۰٫۲۱۵۵۵	^{۴۹} Cr	۴۶	۵٫۰۵۸	۳٫۳۹۴۱	-۱٫۸۱۵۵۴
^{۳۴} S	۴۱	۷٫۲۷	۳٫۸۹۵۴۱	۱٫۷۵۰۱۷	^{۵۰} Cr	۴۱	۴٫۸۰۱	۵٫۸۲۲۲۲	۰٫۹۶۶۹۷
^{۳۵} S	۳۱	۵٫۴۷۵	۲٫۹۹۸۶۹	-۱٫۴۹۱۷۴	^{۵۱} Cr	۹۳	۴٫۴۵۱	۶٫۳۱۹۳۲	۰٫۴۵۶۴
^{۳۳} Cl	۳۴	۵٫۷۳۸	۳٫۵۹۴۷۴	۰٫۰۲۸۸۵	^{۵۲} Cr	۳۱	۳٫۶۱۶۵۱	۵٫۵۸۷۰۱	-۰٫۰۳۹۱۶
^{۳۴} Cl	۴۹	۵٫۰۱	۴٫۷۲۹۹۶	۰٫۲۴۶۹	^{۵۳} Cr	۳۸	۴٫۶۸۰۵۲	۶٫۴۵۸۷۸	۱٫۲۷۰۶۱
^{۳۵} Cl	۳۴	۵٫۸۲۳	۳٫۷۵۹۰۵	۰٫۵۴۵۷۲	^{۵۵} Cr	۳۳	۳٫۳۵۱	۴٫۱۶۲۴۱	-۱٫۷۹۱۸۲
^{۳۶} Cl	۳۵	۴٫۳۱۵۶۵	۴٫۲۲۵۳۵	-۰٫۵۶۳۸۹	^{۵۲} Mn	۳۶	۳٫۰۲۲	۳٫۴۳۰۵۹	-۳٫۴۰۶۲۵
^{۳۷} Cl	۶۱	۶٫۴۱۵	۳٫۷۶۵۸۶	-۰٫۲۷۹۷۷	^{۵۳} Mn	۳۸	۳٫۶۲۴۸	۷٫۰۱۳۲۵	۰٫۴۷۹۶۹
^{۳۶} Ar	۲۹	۷٫۳۵۳۹	۲٫۵۶۸۰۹	-۰٫۴۷۶۵۴	^{۵۴} Mn	۳۵	۲٫۳۵۴۵۳	۶٫۳۱۳۷۶	-۱٫۰۴۲۱

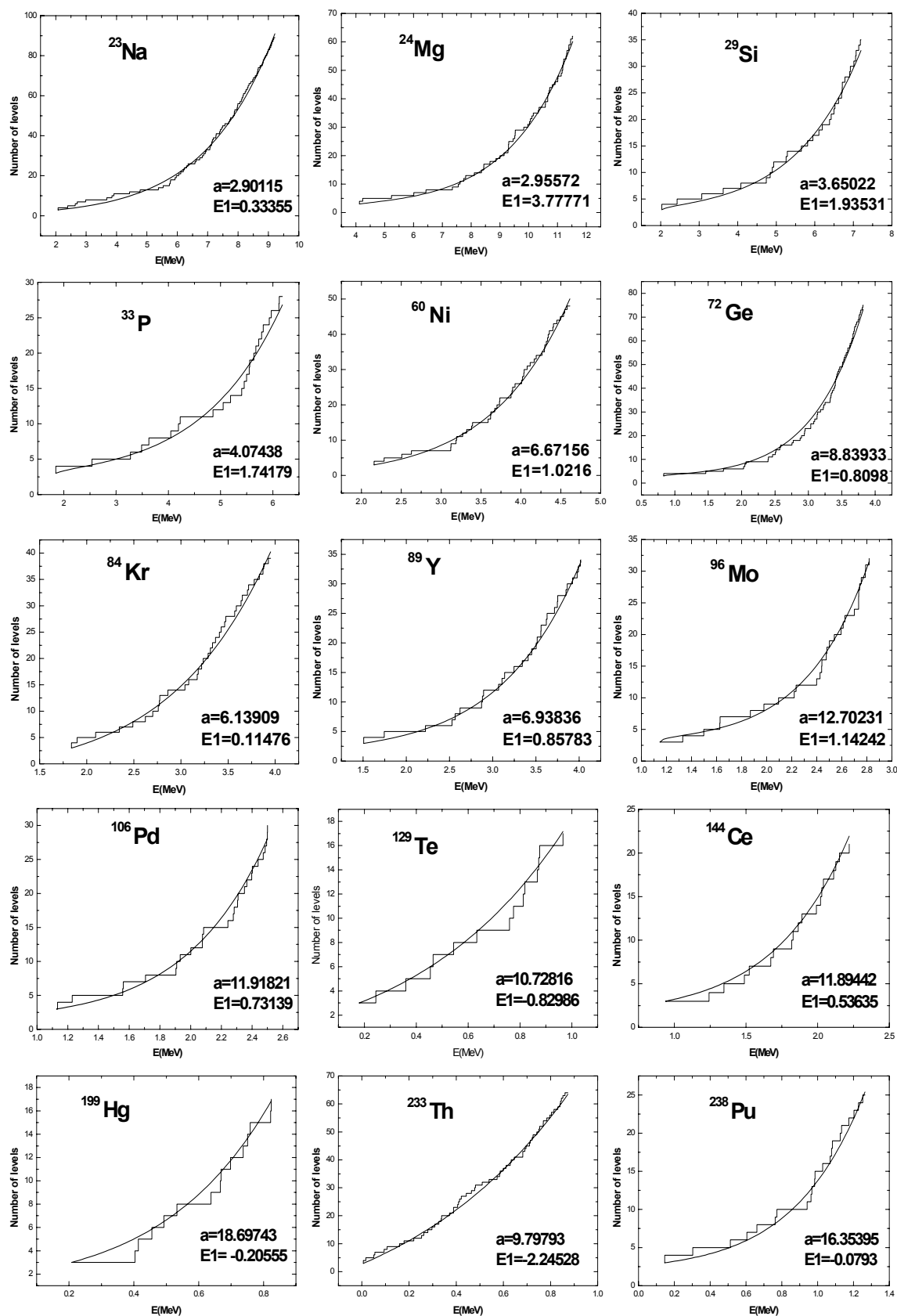
NUCL	Nmax	E.rang (MeV)	a (MeV) ⁻¹	E ₁ (MeV)	NUCL	Nmax	E.rang (MeV)	a (MeV) ⁻¹	E ₁ (MeV)
⁵⁵ Mn	۹۳	۴,۰۵۱۶	۵,۹۷۳۹۴	-۰,۷۴۱۸۹	^{۷۵} Ga	۴۳	۲,۹۹۸۸۳	۴,۸۸۸۳۸	-۱,۸۴۳۰۲
⁵⁶ Mn	۵۴	۲,۱۵۹۱۴	۴,۵۳۲۲۲	-۳,۵۰۸۵۷	^{۶۹} Ge	۴۷	۲,۲۴۸۲	۵,۶۸۱۳۹	-۲,۰۸۴۸۹
⁵⁷ Mn	۳۴	۲,۷۷۲	۳,۵۸۸۸۳	-۳,۶۶۵۷۶	^{۷۰} Ge	۷۳	۴,۱۳۱	۹,۰۲۰۴۷	۱,۱۸۲۳۸
⁵⁸ Fe	۳۱	۳,۴۵۶۹	۵,۲۳۶۱۸	-۰,۵۴۳۶۶	^{۷۱} Ge	۴۲	۱,۶۲۹۱۹	۱۱,۴۷۰۶۳	-۰,۴۱۷۸۸
⁵⁹ Fe	۷۵	۵,۳۰۶۶	۶,۱۶۹۴۱	۱,۰۳۶۵۲	^{۷۲} Ge	۷۵	۳,۸۲۱	۸,۸۳۹۳۳	۰,۸۰۹۸
⁶⁰ Fe	۵۶	۳,۳۷۱۱۱	۵,۸۳۹۵۸	-۰,۷۹۴۹۲	^{۷۳} Ge	۳۷	۱,۳۳۹۹	۷,۷۱۳۴	-۱,۷۲۲۸۷
⁶¹ Fe	۶۰	۴,۷۲	۶,۷۵۱۲۲	۱,۰۱۳۹۴	^{۷۴} Ge	۵۹	۳,۴۰۹۹۳	۹,۶۴۱۲۹	۰,۷۷۵۷۴
⁶² Co	۳۱	۴,۱۷۷۳۳	۴,۲۵۶۴	-۱,۱۹۹۷۳	^{۷۵} Ge	۳۳	۱,۶۰۳	۴,۵۹۱۸۳	-۳,۵۶۹۲
⁶³ Co	۳۳	۳,۰۷۵۹۱	۵,۵۸۸۴۲	-۰,۷۱۴۵	^{۷۶} Ge	۵۲	۳,۵۰۶	۹,۴۹۷	۰,۹۱۵۹۵
⁶⁴ Co	۶۹	۴,۰۶۴	۵,۶۴۰۷۸	-۰,۵۷۲۳	^{۷۱} As	۲۴	۱,۶۱۵۶۷	۱۰,۸۶۷۳	-۰,۱۵۶۰۶
⁶⁵ Co	۹۱	۴,۰۹۹۶	۵,۶۷۱۷۸	۰,۹۳۵۲۹	^{۷۲} As	۴۸	۱,۰۳۳۷۷	۴,۳۳۸۳۱	-۶,۰۲۱۹۸
^{6۰} Co	۹۸	۲,۹۴۴۲	۵,۲۳۴۰۷	-۲,۵۷۹۲۸	^{۷۳} As	۳۶	۱,۳۴۴۰۸	۹,۵۲۱۱۲	-۰,۹۹۴۳۵
^{6۱} Co	۶۶	۳,۶۶	۵,۸۴۶۰۲	-۰,۸۲۱۱۷	^{۷۵} As	۳۱	۱,۴۳۰۳	۷,۲۲۵۱۳	-۱,۶۹۶۳۱
^{6۸} Ni	۳۱	۴,۵۷۸	۵,۰۸۴۲۲	۰,۴۳۳۵۸	^{۷۷} As	۳۵	۱,۶۷۶۶۶	۷,۵۴۵۲۵	-۱,۳۴۰۶
^{6۹} Ni	۵۸	۳,۶۳۸	۶,۳۶۷۸۶	-۰,۲۲۵۰۵	^{۷۴} Se	۲۵	۲,۹۱۸۴۵	۷,۲۷۸۵۴	۰,۲۹۵۷۹
^{7۰} Ni	۴۸	۴,۶۱۳	۶,۶۷۱۵۶	۱,۰۲۱۶	^{۷۵} Se	۴۹	۱,۴۹۰۶۲	۸,۴۰۵	-۱,۴۳۹۵۱
^{7۱} Ni	۳۴	۲,۹	۴,۹۴۸۹	-۱,۴۲۶۴۹	^{۷۶} Se	۴۳	۳,۱۰۵۷	۹,۵۲۹۰۶	۰,۶۶۱۹
^{7۲} Ni	۴۸	۴,۵۰۳	۷,۰۳۸۲۶	۱,۱۰۷۲	^{۷۷} Se	۳۸	۱,۵۱۱۰۲	۷,۶۲۳۸۸	-۱,۶۲۱۳۴
^{7۴} Ni	۴۸	۴,۷۴۱	۶,۸۸۳۳۲	۱,۳۰۵۱۷	^{۷۸} Se	۷۸	۳,۶۳۲۲	۸,۴۰۷	۰,۳۴۸۲۷
^{7۵} Ni	۳۱	۳,۰۴۴	۵,۱۱۵۲۹	-۱,۰۹۳۷۵	^{۷۹} Se	۴۰	۱,۵۲۶۴	۷,۰۹۲۷۴	-۱,۸۹۴۴
^{6۹} Cu	۳۹	۳,۷۵۷۷	۶,۷۹۸۱۷	۰,۵۴۱۷۴	^{۸۰} Se	۴۲	۳,۴۹۱	۸,۹۲۲۵۷	۰,۸۳۵۳۲
^{7۱} Cu	۴۰	۳,۳۳۳۱	۶,۵۴۰۹	-۰,۱۸۲۴۴	^{۷۷} Br	۳۶	۱,۳۰۴۹	۴,۲۵۵۳۳	-۴,۷۴۳۱۵
^{7۲} Cu	۵۹	۲,۰۲۲	۶,۲۴۶۲	-۲,۲۴۷۳۴	^{۷۹} Br	۵۷	۱,۸	۶,۷۱۰۸۵	-۲,۱۲۳
^{7۳} Cu	۸۶	۳,۷۴۰۱۹	۷,۳۶۴۴۱	-۰,۰۴۳۶۲	^{۸۱} Br	۴۶	۱,۸۸۵۲	۵,۹۱۵۹	-۲,۵۸۸
^{7۴} Cu	۱۰۸	۲,۷۳۲۳۲	۶,۷۳۸۶	-۱,۶۹۸۱۹	^{۸۲} Br	۵۰	۱,۵۴۸	۷,۱۶۳۳۲	-۲,۰۸۸۷۶
^{7۵} Cu	۶۲	۳,۵۷۶	۸,۵۶۲۷۲	۰,۵۶۸۲۶	^{۷۷} Kr	۲۹	۱,۳۱۲۴۲	۸,۵۹۲۴۷	-۱,۲۸۷۵۲
^{7۶} Cu	۳۲	۱,۷۴۵۸۹	۴,۸۳۸۶۲	-۲,۹۳۸۳۶	^{۸۱} Kr	۴۳	۱,۸۵۳۹۷	۵,۳۹۳۰۹	-۲,۷۸۷۷۴
^{7۳} Zn	۳۰	۲,۳۱۹	۴,۷۴۶۸۸	-۲,۰۹۳۶۹	^{۸۲} Kr	۳۹	۳,۹۵۱۲۱	۶,۱۳۹۰۹	۰,۱۱۴۷۶
^{7۵} Zn	۳۳	۲,۱۳۷۷	۶,۵۸۴۷۸	-۱,۰۶۹۳۲	^{۸۵} Kr	۳۳	۲,۶۳۶۷	۴,۱۹۴۶۷	-۳,۰۷۵۴۹
^{7۶} Zn	۶۳	۴,۳۳۲	۷,۸۱۹۴۴	۱,۰۱۲۵۵	^{۸۶} Kr	۲۸	۴,۳۱۶۴۳	۶,۵۹۱۹۱	۱,۱۷۷۳۸
^{7۷} Zn	۴۰	۲,۱۷۵۲۹	۷,۵۷۹۴۴	-۰,۸۲۰۰۸	^{۸۷} Kr	۴۸	۳,۳۰۱۹	۴,۶۳۵۱۸	-۲,۲۹۱۲۱
^{7۸} Zn	۵۰	۳,۹۷۱	۸,۷۵۷۷۲	۱,۱۹۳۱۳	^{۸۸} Kr	۳۲	۳,۶۵۲	۶,۱۱۲۲۷	-۰,۰۳۹۳۵
^{7۹} Zn	۲۸	۲,۰۵۴۳	۶,۴۱۷۶۱	-۱,۲۳۱۶۴	^{۸۵} Rb	۳۳	۲,۰۸۷۶	۶,۴۴۱۹۷	-۱,۳۶۲۷۶
^{۷۰} Zn	۳۷	۴,۱۷۲	۴,۷۷۱۷۱	-۰,۵۶۲۷۳	^{۸۶} Rb	۳۶	۲,۰۲۴۹	۴,۹۴۹۹	-۲,۹۷۲۸۲
^{7۷} Ga	۳۲	۲,۴۵۷۳	۹,۲۱۱۴۶	۰,۱۷۳۲	^{۸۷} Rb	۲۸	۳,۰۹۹	۴,۰۸۰۴۱	-۲,۲۰۶۸
^{7۸} Ga	۶۲	۱,۷۴۲۳۸	۷,۵۸۹۴۹	-۱,۸۰۹۸۶	^{۸۵} Sr	۵۹	۲,۵۶	۶,۵۸۴۵۲	-۱,۴۲۱۶۷
^{7۹} Ga	۴۱	۲,۸۶۱	۶,۷۹۴۶۳	-۰,۵۳۰۴	^{۸۶} Sr	۴۲	۳,۹۷۳	۵,۰۹۳۷۴	-۰,۸۰۶۴۳
^{۷۰} Ga	۶۱	۱,۹۳۷۵	۶,۲۷۹۹	-۲,۴۸۳۰۹	^{۸۷} Sr	۹۹	۳,۹۶	۶,۵۰۱۱۴	-۰,۶۰۶۹۱
^{۷۱} Ga	۴۶	۳,۰۱۶	۴,۶۷۰۹۵	-۲,۲۰۷۲۲	^{۸۸} Sr	۵۰	۵,۱۹۹	۶,۳۹۸۰۷	۱,۲۸۹۷۳

NUCL	Nmax	E.rang (MeV)	a (MeV) ⁻¹	E ₁ (MeV)	NUCL	Nmax	E.rang (MeV)	a (MeV) ⁻¹	E ₁ (MeV)
⁸⁹ Sr	۶۷	۴,۲۷۱	۷,۰۰۶۶۶	۰,۴۸۷۶۸	⁸⁸ Ru	۲۶	۲,۶۵۹۶۲	۱۱,۰۵۲۸۴	۰,۸۰۳۲۳
⁹⁰ Sr	۲۷	۳,۶۲۷۰۱	۷,۱۶۴۹۵	۰,۷۶۶۰۵	⁸⁹ Ru	۲۴	۱,۴۱۴۲۵	۶,۰۸۱۲۶	-۲,۱۴۵۲۹
⁸⁷ Y	۹۵	۳,۱۹۵	۵,۲۸۷۶۲	-۲,۵۴۷۴۶	^{۱۰۰} Ru	۴۴	۲,۷۷۵۲۴	۱۲,۴۰۷۹۷	۰,۸۲۴۷۴
⁸⁸ Y	۲۷	۱,۵۹۵۹	۶,۹۸۹۷	-۱,۵۳۴۴۲	^{۱۰۲} Ru	۲۶	۲,۴۶۸۷	۹,۸۲۱	۰,۴۱۲۲۸
⁸⁹ Y	۳۴	۴,۰۲۲۸	۶,۹۳۸۳۶	۰,۸۵۷۸۳	^{۱۰۴} Ru	۲۷	۲,۸۲۳۴	۶,۰۳۰۲۵	-۰,۷۷۰۶۴
⁹⁰ Y	۳۴	۲,۶۲۲۸	۵,۰۹۴۴۴	-۱,۸۹۷۰۵	⁸⁹ Rh	۲۰	۱,۶۳۵	۱۰,۶۰۲۷۷	-۰,۰۹۹۲۳
⁸⁸ Zr	۳۰	۳,۶۳۷۷۶	۶,۷۸۳۶۴	۰,۴۶۱۷۴	⁸⁹ Rh	۲۸	۱,۶۲۶۱	۷,۹۳۴۳۷	-۱,۰۴۶۲
⁸⁹ Zr	۴۱	۳,۱۱۱۱۳	۵,۹۳۹۱۶	-۰,۹۵۶۰۳	^{۱۰۳} Rh	۳۸	۱,۵۳۰۶۱	۱۰,۰۲۰۷۴	-۰,۷۵۳۷۸
⁹⁰ Zr	۴۲	۴,۸۷۵	۸,۶۷۰۸۸	۲,۱۷۳۳۳	^{۱۰۴} Rh	۹۱	۱,۰۵۰۲۹	۶,۵۵۳۴	-۳,۹۸۱۷۹
⁹¹ Zr	۵۶	۳,۴۸۹	۷,۴۰۰۸۹	-۰,۰۱۵۶۶	^{۱۰۵} Rh	۲۵	۱,۰۲۴	۱۵,۰۹۰۸۴	-۰,۳۴۸۱
⁹² Zr	۵۵	۳,۸۳۰۳	۸,۲۰۳۰۲	۰,۷۱۵۶۹	^{۱۰۲} Pd	۳۲	۲,۶۹۵۹	۱۳,۳۱۷۸۷	۱,۰۶۵۷۶
⁹³ Zr	۳۰	۲,۵۴۸	۴,۵۷۳۹۷	-۲,۵۳۲۲۶	^{۱۰۶} Pd	۳۰	۲,۵۰۰۳۱	۱۱,۹۱۸۲۱	۰,۷۳۱۳۹
⁹⁴ Zr	۲۵	۳,۰۵۹۴	۱۱,۰۲۲۹۵	۱,۲۸۰۳۶	^{۱۰۶} Ag	۸۰	۱,۱۷۶	۱۱,۶۵۰۴۲	-۱,۳۷۰۷۲
⁹⁰ Zr	۲۰	۲,۳۷۲۲۴	۸,۱۴۸۳	۰,۰۳۸۰۱	^{۱۰۸} Ag	۸۶	۱,۱۱۲۲۵	۵,۷۸۵۴۵	-۴,۵۳۹۸۷
⁹⁶ Zr	۳۹	۳,۷۰۰۶۸	۱۱,۰۳۰۸	۱,۶۲۷۱۶	^{۱۱۱} Ag	۷۳	۱,۶۳	۱۱,۵۹۹۰۱	-۰,۷۹۸۹۸
⁹⁷ Zr	۱۱	۲,۲۶۵	۱,۰۱۷۷۶۱	۰,۸۹۱۳۵	^{۱۰۸} Cd	۳۳	۲,۹۳۶۱۱	۱۳,۷۵۴۹۳	۱,۳۰۴۷۹
⁹⁹ Zr	۲۴	۱,۲۳۰۷	۱۲,۵۵۴۸۴	-۰,۴۷۰۳۹	^{۱۱۰} Cd	۲۸	۲,۶۶۲۴	۱۰,۶۸۱۹۷	۰,۶۶۹۷۲
⁹⁰ Nb	۳۹	۱,۸۸۰۲۱	۴,۸۴۱۷۶	-۳,۱۴۰۰۲	^{۱۱۱} Cd	۴۳	۱,۳۹۱۸۱	۱۱,۰۲۸۶۸	-۰,۸۵۹۱۲
⁹¹ Nb	۳۰	۲,۷۹۲۵۶	۵,۹۸۱۷۳۵	-۱,۰۰۲۵۱	^{۱۱۲} Cd	۱۵۲	۳,۳۵۹	۱۲,۲۵۳۵۱	۰,۶۳۱۷۲
⁹² Nb	۴۶	۱,۹۷۲	۱۱,۲۴۳۵۲	-۰,۲۱۱۷۶	^{۱۱۳} Cd	۳۳	۱,۲۷۹۸	۹,۵۰۲۶۳	-۱,۲۲۳۹۸
⁹³ Nb	۴۸	۲,۰۳۶۹	۷,۰۹۳۴۲	-۱,۵۹۱۶۱	^{۱۱۴} Cd	۴۳	۲,۵۵۳۸۷	۹,۹۶۱۶۶	۰,۲۹۰۵۸
⁹⁴ Nb	۷۲	۱,۷۳۱۳۱	۷,۹۹۷۱۸	-۱,۷۸۹۱۳	^{۱۱۶} Cd	۳۳	۲,۵۶۴۷	۱۱,۸۲۳۴۲	۰,۶۴۵۵۹
⁹⁶ Nb	۲۴	۱,۵۳۷	۸,۹۵	-۰,۷۱۷۱	^{۱۱۰} In	۴۳	۱,۳۰۳۳	۹,۵۲۹۰۶	-۱,۳۳۷۴۲
⁹⁰ Mo	۲۹	۳,۵۳۹۹	۵,۷۶۳۷۱	-۰,۳۰۷۹۷	^{۱۱۲} In	۴۸	۱,۲۸۶۸	۸,۴۷۹۶	-۱,۷۸۵۴۷
⁹¹ Mo	۴۷	۳,۱۹۱	۶,۷۹۴۱۵	-۰,۴۹۳۶۵	^{۱۱۳} In	۶۱	۲,۱۹	۱۰,۵۳۰۴۹	-۰,۳۴۳۴۹
⁹² Mo	۲۶	۳,۹۶۲۳	۶,۹۷۵۷۵	۱,۰۴۷۵۳	^{۱۱۴} In	۳۹	۱,۲۰۱۶۴	۱۲,۶۶۹۹	-۰,۷۰۰۴۳
⁹³ Mo	۹۳	۳,۴۵	۸,۳۷۵۶۴	-۰,۱۴۳۷	^{۱۱۶} In	۶۵	۱,۲۹۲۵	۸,۴۴۲۲۷	-۲,۱۵۵۶۵
⁹⁴ Mo	۵۰	۳,۴۶۲	۸,۷۹۸۶۱	۰,۶۳۳۴۴	^{۱۱۵} In	۳۱	۲,۴۱۱۵	۱۰,۴۵۵۸۲	۰,۳۴۶۶۹
⁹⁰ Mo	۲۷	۱,۸۰۸۲۴	۶,۶۶۵۲	-۱,۵۸۱۲۷	^{۱۱۳} Sn	۳۳	۱,۹۵۷۰۲	۹,۶۶۸۰۸	-۰,۳۳۶۱۵
⁹⁶ Mo	۳۲	۲,۸۱۸۴۳	۱۲,۷۰۲۳۱	۱,۱۴۲۴۲	^{۱۱۴} Sn	۳۲	۳,۲۴۴۱	۹,۹۳۴۹۳	۱,۰۳۸۱۲
⁸⁸ Mo	۴۸	۲,۸۵۶۳	۱۱,۵۵۳۳۷	۰,۷۵۶۴۵	^{۱۱۵} Sn	۳۶	۲,۳۷۱	۱۲,۵۶۴۸۶	۰,۵۶۵۹۵
⁸⁹ Mo	۵۱	۱,۵۴۵	۱۱,۰۸۵۹۸	-۰,۷۵۱۱	^{۱۱۶} Sn	۴۵	۳,۳۷۹۸	۱۳,۰۷۵۳	۱,۵۲۲۷۷
^{۱۰۰} Mo	۳۰	۲,۴۶۴	۱۱,۴۹۴۵۴	۰,۶۱۳۳۹	^{۱۱۸} Sn	۴۰	۳,۱۰۸۰۶	۱۱,۷۱۵۱۶	۱,۰۶۶۱
⁹² Tc	۲۰	۲,۳۳۸۸۹	۶,۴۱۷۲	-۰,۶۰۵۹۸	^{۱۱۹} Sn	۲۸	۱,۸۱	۱۱,۴۲۵۴۳	-۰,۰۴۹۲۴
⁹⁰ Tc	۳۲	۱,۷۴۶۹۹	۸,۰۴۸۳۵	-۱,۰۱۱۶۸	^{۱۲۱} Sn	۵۰	۲,۴۱۵	۷,۵۶۵۳۴	-۰,۹۸۲۴۳
⁹⁶ Tc	۷۴	۱,۱۸۷۵۹	۶,۴۲۰۶	-۳,۵۲۳۱۳	^{۱۱۶} Sb	۶۰	۱,۴۸۳۳۱	۱۰,۰۰۰۴۸	-۱,۲۴۱۰۸
⁹⁷ Tc	۵۱	۱,۵۸	۱۱,۸۹۹۷۷	-۰,۵۶۸۵۱	^{۱۱۸} Sb	۱۰۱	۱,۴۵۸۲۲	۱۰,۱۲۹۴۱	-۱,۶۲۶۶۹
⁹⁹ Tc	۲۸	۱,۲۰۵	۹,۸۷۲۸۴	-۰,۹۵۸۲۹	^{۱۲۵} Sb	۲۲	۲,۰۰۲۱۴	۱۱,۸۹۱۹۴	۰,۳۵۳۶۳
⁹⁶ Ru	۲۸	۳,۰۹۰۲	۱۱,۴۸۹۰۸	۱,۲۹۳۰۵	^{۱۲۷} Sb	۳۳	۲,۳۷۲۵۹	۱۳,۸۳۲۹۹	۰,۷۷۵۷۶

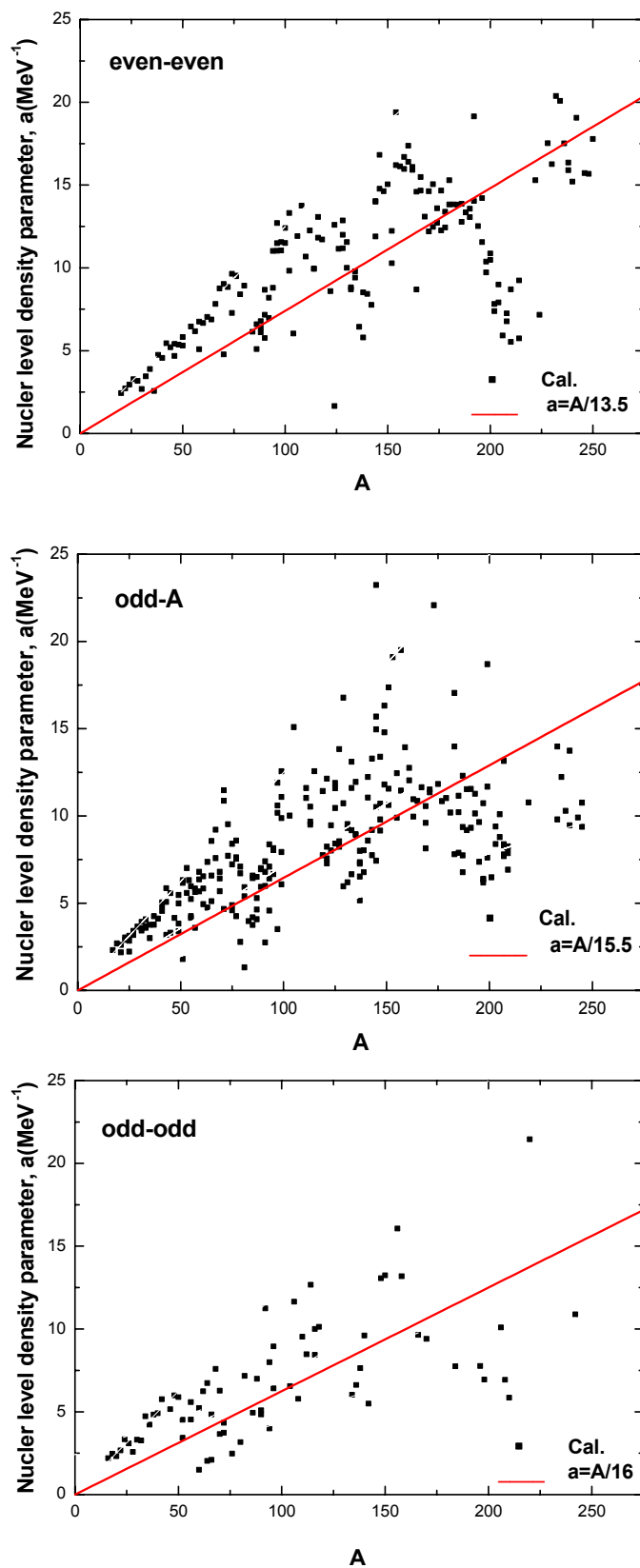
NUCL	Nmax	E.rang (MeV)	a (MeV) ⁻¹	E1 (MeV)	NUCL	Nmax	E.rang (MeV)	a (MeV) ⁻¹	E1 (MeV)
¹¹⁹ Sb	22	2,0307	16,77657	0,90065	¹⁴⁰ Ba	24	0,87227	10,51651	-1,263
¹¹⁹ Te	39	1,2154	7,74947	-2,09421	¹³⁷ La	32	1,39643	6,65907	-2,15366
¹²¹ Te	37	1,283	8,23964	-1,77069	¹³⁷ La	39	2,206	5,15684	-2,70069
¹²² Te	23	2,50851	8,5926	0,11434	¹³⁸ La	45	1,4905	7,64124	-1,94275
¹²³ Te	20	1,08	9,46489	-1,08798	¹⁴⁰ La	133	1,87971	9,60387	-1,55269
¹²⁴ Te	97	3,15499	12,59329	0,74332	¹³⁴ Ce	22	2,3732	9,7866	0,35711
¹²⁵ Te	30	1,322	8,41699	-1,35092	¹³⁷ Ce	28	1,7281	7,26711	-1,32245
¹²⁶ Te	54	2,87723	11,15061	0,52355	¹³⁸ Ce	31	3,005	8,5184	0,34852
¹²⁷ Te	34	1,491	8,23387	-1,35076	¹⁴⁰ Ce	48	3,746	8,42707	0,71656
¹²⁸ Te	53	2,9319	11,18457	0,59052	¹⁴¹ Ce	43	2,458	12,22843	0,41226
¹²⁹ Te	17	0,9665	10,72816	-0,82986	¹⁴² Ce	28	2,81	7,766	0,00898
¹³⁰ Te	37	2,87845	9,99781	0,47291	¹³³ Ce	30	1,739	9,19714	-0,65474
¹³¹ I	36	1,33934	12,13868	-0,6031	¹⁴⁴ Ce	21	2,2208	11,89442	0,53635
¹³³ I	31	1,493	8,01811	-1,37826	¹³⁷ Ce	21	0,7103	9,16185	-1,85182
¹³⁵ I	26	1,289	11,58868	-0,51203	¹⁴⁵ Pr	38	1,571	8,91303	-1,17585
¹³⁷ I	32	1,4429	8,54245	-1,24843	¹³⁶ Pr	24	1,184	6,61852	-2,17854
¹³¹ I	27	2,04083	9,52989	-0,62465	¹³⁹ Pr	34	1,98	6,77279	-1,54261
¹³³ I	51	2,28377	9,18486	-0,53759	¹⁴¹ Pr	49	2,2678	8,584	-0,83254
¹³¹ Xe	44	1,0215	7,28341	-2,79341	¹⁴² Pr	42	1,29052	5,49232	-3,54685
¹³² Xe	31	2,633	12,86121	0,96193	¹⁴¹ Nd	48	2,5148	11,05206	0,19945
¹³⁰ Xe	45	2,84159	11,55272	0,65233	¹⁴² Nd	87	2,66244	13,28514	0,36786
¹³¹ Xe	22	1,19115	9,31507	-1,06236	¹⁴⁴ Nd	63	2,98625	13,99452	1,0289
¹³² Xe	41	2,9604	8,82296	0,18524	¹⁴⁵ Nd	26	1,4276	14,95873	0,03841
¹³³ Xe	12	1,07104	11,60624	-0,3166	¹⁴⁶ Nd	23	1,9893	14,78024	0,60331
¹³⁵ Xe	30	2,47787	8,95841	0,06093	¹⁴⁷ Nd	24	1,04148	10,70511	-0,98091
¹³⁷ Xe	55	2,6088	8,00497	-0,85034	¹⁴³ Pm	27	2,1083	7,74799	-0,8385
¹³⁴ Cs	112	1,418	6,02094	-4,19163	¹⁴⁵ Pm	33	1,507	7,438	-1,78593
¹³⁷ Cs	17	2,2168	6,52426	-0,73622	¹⁴⁶ Pm	35	0,7	13,06957	-1,26188
¹³⁸ Ba	18	2,2035	12,00133	0,75959	¹⁴⁹ Pm	36	0,80864	11,80306	-1,33982
¹²⁹ Ba	39	1,11985	5,96583	-3,42873	¹⁵¹ Pm	39	0,87471	10,6309	1,53115
¹³¹ Ba	34	1,3492	6,20154	-2,71643	¹⁴⁴ Sm	18	2,827	14,03484	1,51673
¹³² Ba	22	2,48333	8,70159	0,15125	¹⁴⁵ Sm	19	1,87664	23,2306	1,06812
¹³³ Ba	18	1,02158	13,10057	-0,46616	¹⁴⁶ Sm	29	2,611	16,82222	1,30841
¹³⁴ Ba	59	3,08675	9,41203	0,21906	¹⁴⁷ Sm	38	1,47188	13,38699	-0,29842
¹³⁵ Ba	17	1,23841	11,94381	-0,28621	¹⁴⁸ Sm	37	2,22807	14,6236	0,62882
¹³⁶ Ba	44	2,994	6,33927	-1,11744	¹⁴⁹ Sm	22	0,88194	16,32306	-0,39957
¹³⁷ Ba	23	2,3556	7,34688	-0,40125	¹⁵⁰ Sm	31	1,8833	15,04818	0,39887
¹³⁸ Ba	27	3,18283	5,79931	-0,81867	¹⁵¹ Sm	31	0,4452	17,36596	-0,99285
¹³⁹ Ba	51	2,566	8,03397	-0,78396	¹⁵² Sm	40	1,82119	12,23017	-0,15595

NUCL	Nmax	E.rang (MeV)	α (MeV) ⁻¹	E ₁ (MeV)	NUCL	Nmax	E.rang (MeV)	α (MeV) ⁻¹	E ₁ (MeV)
¹⁵² Sm	۲۶	۱,۵۳۹۲۶	۱۶,۲۰۳۱	۰,۲۳۸۱۵	¹⁶² Yb	۳۱	۱,۷۴۴۲۱	۱۵,۴۸۵۱۶	۰,۲۷۳۴۵
¹⁵⁰ Eu	۲۱	۱,۹۱۵۵	۱۵,۶۹۱۷۴	۰,۶۹۲۸۵	¹⁶⁹ Yb	۵۰	۱,۰۷۸۳۵	۹,۶۰۱۹۳	-۱,۸۱۱
¹⁴⁷ Eu	۲۶	۱,۴۲۱۳	۹,۷۹۸۴۱	-۰,۸۷۰۲۹	^{17۰} Yb	۶۶	۲,۰۵۶۹۴	۱۲,۱۹۹۲۷	-۰,۲۴۷۵۷
^{14۹} Eu	۲۹	۱,۰۹۷۵۸	۱۴,۷۸۸۳۲	-۰,۵۰۴۱۹	^{17۱} Yb	۶۳	۱,۳	۱۱,۳۵۲۶۷	-۱,۱۹۶۰۹
^{15۰} Eu	۳۶	۰,۶۸۳	۱۳,۲۴۴۲۷	-۱,۲۲۳۲۷	^{17۲} Yb	۱۲۴	۲,۳۷۵۳۷	۱۲,۴۷۲۴۳	-۰,۲۴۳۲۳
^{1۵۱} Eu	۴۴	۰,۷۹۷۱۲	۱۹,۰۹۶۳	-۰,۵۴۱۳	^{17۳} Yb	۱۷	۰,۶۵۹۴	۲۲,۰۷۷۱۸	-۰,۲۰۸۳۵
^{1۵۵} Eu	۵۳	۱,۳۱۸	۹,۸۹۷۶۳	-۱,۴۵۴۱۶	^{17۴} Yb	۷۶	۲,۴۰۳۳۳	۱۲,۷۲۷۵	۰,۱۱۴۴۴
^{1۵۶} Eu	۲۷	۰,۳۸۶۳۲	۱۶,۰۶۵۹۴	-۱,۱۷۰۲۲	^{17۵} Yb	۴۰	۱,۳۰۸۹	۱۱,۸۲۹۲۷	-۰,۸۴۴۹۵
^{1۵۱} Gd	۲۵	۰,۹۳۸۷۷	۱۱,۵۶۳۵۴	-۱,۰۶۷۰۹	^{17۶} Yb	۲۷	۱,۷۹۸۲	۱۲,۲۵۷۰۱	۰,۰۳۶۲۷
^{1۵۲} Gd	۳۴	۲,۰۱۱۶۳	۱۰,۲۸۰۶۱	-۰,۲۶۲۶۵	¹⁷⁷ Lu	۴۰	۱,۱۸۸	۱۰,۸۵۱۳۶	-۱,۱۵۱۶۴
^{1۵۴} Gd	۲۷	۱,۴۳۲۵۵	۱۹,۳۸۹۸۴	۰,۳۵۱۵	^{17۷} Hf	۳۸	۱,۷۹۱۰۴	۱۵,۰۵۵۲	۰,۱۵۳۶۷
^{1۵۶} Gd	۲۶	۱,۵۴۰۲۳	۱۶,۱۳۱۷۸	۰,۲۶۳۸۷	^{17۸} Hf	۳۶	۱,۸۲۷۴	۱۳,۶۰۲۲۵	۰,۰۵۶۲۳
^{1۵۷} Gd	۴۹	۰,۸۷۵	۱۹,۷۰۹۰۱	-۰,۴۷۱۶۶	^{17۹} Hf	۸۹	۲,۱۹۳۹۸	۱۴,۶۶۶۴۳	۰,۰۷۹۹۳
^{1۵۸} Gd	۲۸	۱,۵۱۷۴	۱۶,۷۰۰۶۱	۰,۲۳۹۸۱	^{18۸} Hf	۸۱	۲,۱۳۷۴	۱۳,۳۹۰۶۱	-۰,۱۱۷۱۹
^{16۰} Gd	۲۸	۱,۴۶۰۳	۱۷,۳۷۴۵۱	۰,۲۲۷۴۷	^{18۹} Hf	۵۲	۱,۱۹۹۵	۱۱,۰۲۱۳	-۱,۲۹۲۲
^{16۱} Gd	۱۴	۰,۶۴۵	۱۲,۷۵۵۱۱	-۰,۸۷۴۰۹	^{1۸۰} Hf	۶۸	۱,۹۹۵۲	۱۳,۸۲۴۵۲	-۰,۰۹۹۲
^{1۵۵} Tb	۲۵	۰,۶۸۸۳	۱۲,۴۵۰۷۱	-۱,۲۰۸۷۶	^{18۳} Ta	۱۵	۰,۹۷۱۴۷	۱۳,۹۷۷۲	-۰,۲۸۸۰۵
^{1۵۸} Tb	۶۱	۰,۷۶۷۵	۱۳,۱۸۷۴۳	-۱,۴۲۹۶۲	^{18۸} W	۲۴	۱,۶۶۶۴	۱۲,۴۳۴۳۲	-۰,۰۰۶۷۶
^{1۵۸} Dy	۲۴	۱,۵۲۸۰۷	۱۵,۹۷۰۹۱	۰,۲۹۰۵۴	^{1۸۰} W	۳۴	۱,۸۳۱۷۱	۱۵,۲۸۷۲۷	۰,۳۱۵۳۴
^{1۵۹} Dy	۳۱	۰,۶۹۹۷	۱۳,۹۳۰۷۵	-۱,۰۷۲۰۴	^{18۲} W	۶۴	۲,۲۸۳۵	۱۳,۸۳۱۱۱	۰,۲۶۲۲۸
^{16۰} Dy	۴۲	۱,۷۵۷۲	۱۶,۴۱۰۴۹	۰,۲۶۶۸۷	^{18۴} W	۴۷	۱,۸۷۶۶۹	۱۳,۸۱۸۹۱	-۰,۰۲۶۲۱
^{16۱} Dy	۴۸	۰,۸۲۶۱	۱۲,۰۴۱۰۷	-۱,۴۱۸۰۳	^{18۵} W	۴۸	۱,۱۸۱۵۴	۱۱,۱۵۱۹۱	-۱,۲۰۵۴۵
^{16۲} Dy	۷۳	۲,۰۰۲	۱۶,۰۸۸۶۲	۰,۲۳۷۷۸	^{18۶} W	۲۳	۱,۴۶۳۵۶	۱۲,۷۷۸۶	-۰,۲۰۰۴۶
^{16۳} Dy	۵۲	۰,۹۴۹۳۲	۱۰,۹۶۰۷۹	-۱,۶۰۸۷۹	^{18۷} W	۴۰	۱,۱۳۹۷	۱۲,۳۰۱۴۷	-۰,۰۹۲۴۳۶
^{16۴} Dy	۳۳	۱,۸۵۳۷	۸,۶۹۳۴۲	-۰,۷۶۶۰۹	^{18۳} Re	۳۱	۱,۱۸۳۴۶	۱۷,۰۴۴۵۵	-۰,۱۹۳۹۷
^{1۵۷} Ho	۳۹	۰,۶۶۱۷۹	۱۱,۴۵۱۳	-۱,۶۷۱۱۹	^{18۴} Re	۳۹	۰,۸۸۱	۷,۷۴۷۰۴	-۲,۶۸۱۳۳
¹⁶⁶ Ho	۱۲۳	۱,۱۶۱۳	۹,۶۴۳۸۳	-۲,۳۸۶۰۱	^{18۷} Re	۳۸	۱,۲۳۳	۹,۳۶۲۲۲	-۱,۵۰۵۱
^{16۲} Er	۲۵	۱,۶۰۲۸۲	۱۵,۹۰۸۹۱	۰,۳۰۲۷۲	^{18۵} Os	۴۰	۰,۹۰۷۶	۷,۸۸۴۷۳	-۲,۶۳۹۲۱
^{16۳} Er	۳۹	۰,۷۳۶۲	۹,۹۶۲۳۶	-۱,۹۸۱۳۱	^{18۶} Os	۲۸	۱,۷۷۶۳	۱۳,۸۷۰۳۵	۰,۱۸۸۳۶
^{16۴} Er	۶۹	۲,۰۹۳	۱۴,۵۹۷۶۸	۰,۱۷۰۷۳	^{18۷} Os	۴۰	۰,۸۸۵۵	۷,۷۴۱۳۴	-۲,۷۸۵۶۷
^{16۵} Er	۴۵	۰,۸۲	۱۰,۸۵۸۹۴	-۱,۷۲۱۵۳	^{18۸} Os	۵۱	۲,۰۸۵۴۷	۱۳,۴۴۸۳۸	۰,۱۰۵۳۷
¹⁶⁶ Er	۹۳	۲,۳۳۳	۱۴,۶۵۹۸۷	۰,۲۵۴۸۹	^{18۹} Os	۳۸	۰,۹۰۷۷	۹,۱۹۱۳۲	-۱,۹۷۲۴۹
^{16۷} Er	۵۵	۱,۰۸۶۲۹	۱۱,۶۴۱۲۳	-۱,۳۴۹۶۳	^{19۰} Os	۶۳	۲,۱۵۴	۱۳,۰۶۲۹۳	۴,۷E-۴
^{16۸} Er	۱۱۶	۲,۳۱۱۰۷	۱۳,۰۸۸۲۸	-۰,۱۲۸۳۵	^{19۱} Os	۴۳	۰,۸۵۰۱۴	۹,۳۱۹۹۳	-۲,۱۲۱۰۸
^{16۹} Er	۴۸	۱,۱۸۶	۱۰,۵۶۸۰۳	-۱,۳۱۵۴۸	^{19۲} Os	۵۳	۲,۰۹۹۰۱	۱۴,۰۳۴۷۳	۰,۱۹۴۰۹
^{17۰} Er	۴۸	۱,۷۶۹۱۶	۱۴,۶۳۳۹۳	-۰,۰۵۲۳۶	^{18۹} Ir	۴۰	۱,۱۳۷۶	۱۱,۵۳۵۴۳	-۱,۱۰۸۹
^{16۹} Tm	۳۴	۰,۹۳۸	۸,۱۴۴۷۸	-۲,۲۳۹۳۴	^{19۱} Ir	۳۹	۱,۰۷	۱۱,۵۴۳۶	-۱,۱۵۳۵۱
^{17۰} Tm	۹۱	۱,۰۷۸۸۵	۹,۴۰۹۶	-۲,۴۱۹۸۴	^{19۲} Ir	۵۱	۱,۲۰۲۲	۱۱,۲۶۹۶۹	-۱,۲۱۶۵۴
^{17۱} Tm	۲۹	۱,۱۱۶۷	۱۱,۵۱۴۹۲	-۰,۹۲۸۳۸	^{18۱} Pt	۶۰	۱,۱۴۱۰۴	۱۰,۱۹۳۳۳	-۱,۷۵۵۵۷

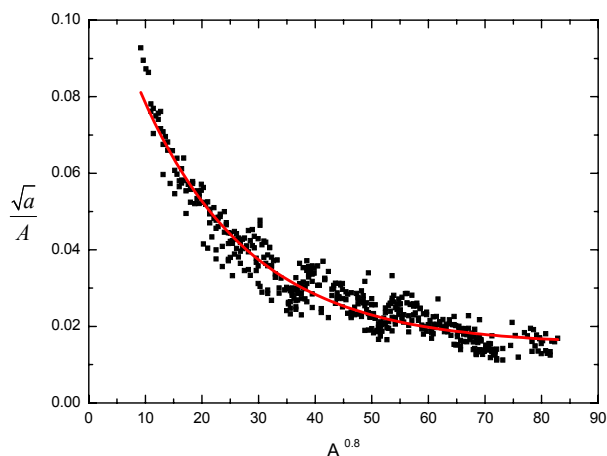
NUCL	Nmax	E.rang (MeV)	a (MeV) ⁻¹	E ₁ (MeV)	NUCL	Nmax	E.rang (MeV)	a (MeV) ⁻¹	E ₁ (MeV)
¹⁸³ Pt	56	1,07122	7,80442	-2,70005	²⁰³ Bi	25	1,6727	8,38854	-1,24592
¹⁸⁵ Pt	99	1,3357	10,21722	-1,8391	²⁰⁷ Bi	42	2,221	8,38104	-0,91783
¹⁸⁷ Pt	32	0,78128	6,77418	-3,30257	²⁰⁸ Bi	46	2,165	6,93047	-1,78913
¹⁹⁰ Pt	23	1,737	13,57094	0,19466	²⁰⁹ Bi	113	4,4417	7,86226	0,2872
¹⁹² Pt	22	1,54687	19,14493	0,46419	²¹⁰ Bi	67	2,28	5,84898	-2,81425
¹⁹³ Pt	39	0,843	10,14261	-1,82954	²⁰⁷ Po	24	1,78176	7,78949	-1,00236
¹⁹⁴ Pt	81	2,427	12,52533	0,00907	²⁰⁹ Po	24	2,363	6,9228	-0,82855
¹⁹⁵ Pt	40	0,93071	7,3711	-2,87218	²¹¹ Po	31	3,21898	8,69951	0,54306
¹⁹⁶ Pt	89	2,5538	11,55606	-0,10908	²¹⁴ Po	82	3,2624	9,23732	-0,06702
¹⁹⁷ Pt	32	0,9779	6,39506	-3,12614	²⁰⁷ At	20	1,3512	13,15763	-0,32363
¹⁹⁸ Pt	36	2,083	10,37351	-0,31393	²⁰⁹ At	21	1,51688	8,15648	-1,24873
²⁰⁰ Pt	29	2,2583	10,8733	0,14509	²⁰⁸ Rn	23	2,6212	7,2515	-0,36402
¹⁹⁵ Au	39	1,503	9,65113	-1,08922	²¹⁴ Rn	20	2,6762	5,74237	-1,00043
¹⁹⁶ Au	65	0,99	7,76981	-3,05513	²¹⁹ Rn	29	0,873	10,7793	-1,36446
¹⁹⁷ Au	27	1,488	6,18648	-2,40125	²²⁰ Fr	28	0,3801	21,45568	-0,74515
¹⁹⁸ Au	117	1,4176	6,95112	-3,55926	²²³ Ra	19	1,4995	15,28482	0,24098
¹⁹⁹ Au	37	1,801	7,61913	-1,5219	²²⁴ Ra	41	1,83849	7,16776	-1,80794
¹⁹⁶ Hg	25	2,09778	14,21241	0,58328	²²⁸ Th	30	1,20054	17,53089	-0,1041
¹⁹⁷ Hg	31	1,18	6,36008	-2,83662	²³⁰ Th	27	1,12785	16,26522	-0,25299
¹⁹⁸ Hg	62	2,6126	9,72056	-0,31823	²³² Th	36	1,2517	20,37773	0,05228
¹⁹⁹ Hg	17	0,82388	18,69733	-0,20555	²³³ Th	64	0,8737	9,79793	-2,24528
²⁰⁰ Hg	52	2,5221	10,47539	-0,1113	²³³ U	35	0,717	13,9767	-1,17596
²⁰² Hg	49	2,428	7,28603	-1,30084	²³⁴ U	43	1,3413	20,08459	0,06481
²⁰⁴ Hg	32	2,7267	8,99548	0,04473	²³⁵ U	85	0,96845	12,22907	-1,63389
¹⁹⁷ Tl	31	2,11338	10,73277	-0,02028	²³⁶ U	53	1,4717	17,5201	-0,12625
¹⁹⁹ Tl	30	2,0809	11,67803	0,104	²³⁷ U	51	0,9206	10,29724	-1,85156
²⁰¹ Tl	38	2,16	6,48288	-1,93333	²³⁸ U	42	1,4153	15,8954	-0,21735
²⁰³ Tl	48	2,0379	9,39475	-0,85223	²³⁹ U	47	1,06682	13,73759	-0,91323
²⁰⁵ Tl	32	2,12456	8,79114	-0,5944	²³⁸ Pu	25	1,2642	16,35395	-0,0793
²⁰⁶ Tl	24	1,65	10,09418	-0,50393	²³⁹ Pu	46	0,99	9,45577	-2,02962
²⁰⁷ Tl	17	3,474	8,22382	1,29182	²⁴⁰ Pu	41	1,43845	15,20462	-0,25408
²⁰² Pb	20	2,38682	7,8189	-0,36914	²⁴² Pu	21	1,1816	19,0602	0,12912
²⁰⁴ Pb	51	2,76681	7,90567	-0,75215	²⁴³ Pu	37	0,981	9,90923	-1,70556
²⁰⁵ Pb	31	1,96598	10,10193	-0,35503	²⁴⁴ Pu	17	0,802	9,37625	-1,58213
²⁰⁶ Pb	42	3,4833	5,91847	-0,86594	²⁴⁴ Am	30	0,4287	10,88424	-2,15892
²⁰⁷ Pb	58	4,422	7,68882	0,86967	²⁴⁴ Cm	57	1,056	10,75956	-1,68522
²⁰⁸ Pb	95	5,565	6,77469	0,90779	²⁴⁶ Cm	35	1,52593	15,721	-0,05907
²⁰⁹ Pb	182	4,985	8,2595	0,59008	²⁴⁸ Cm	24	1,482	15,67682	0,10053
²¹⁰ Pb	29	3,46	5,53267	-0,7282	²⁵⁰ Cf	33	1,47838	17,78325	0,123



شکل ۱. نمودارهای تجربی تعداد تراز بر حسب انرژی، برازش شده با رابطه (۱۶). a بر حسب MeV^{-1} و E_1 بر حسب MeV است.



شکل ۲. نمودار پارامتر چگالی تراز بر حسب عدد جرمی (A) تفکیک شده برای هسته‌های زوج-زوج، A -فرد و فرد-فرد.



شکل ۳. نمودار $\sqrt{\frac{a}{A}}$ بر حسب $A^{0.8}$. خط ممتد از رابطه $a = A^{0.8} (0.05e^{-\frac{A^{0.8}}{15}} + 0.15)$ پیروی می‌کند.

10. A Gilbert and A G W Cameron, *Can. J. Phys.* **43** (1965) 1446.
11. N Cerf, *Phys. Rev. C* **49** (1994) 852.
12. I Dioszegi, I Mazumdar, and N P Shaw, *Phys. Rev. C* **63** (2001) 047601.
13. T V Egidy and D Bucurescu, *Phys. Rev. C* **72** (2005) 044311.
14. A N Behkami, Z Kargar, and N Nasrabadi, *Phys. Rev. C* **66** (2002) 064307.
15. RIPL- 2 database: <http://www.-nds.Iaea.org>
16. T V Egidy, H H Schmidt, and A N Behkami, *Nucl. Phys. A* **481** (1988) 189.
1. D Mocolj *et al.*, *Phys. Rev. C* **75** (2007) 045805.
2. A V Ignatyuk, "Statistical properties of excited atomic nuclei", Energoatomizdat, Moscow (1983).
3. T Rauscher, F K Thielemann, and K L Kratz, *Phys. Rev. C* **56** (1997) 1613.
4. T V Egidy and D Bucurescu, *Phys. Rev. C* **72** (2005) 044311.
5. T Ericson, *Adv. Phys.* **9** (1960) 425.
6. B Pichon, *Nucl. Phys. A* **568** (1994) 553.
7. A S Iljinov, M V Mebel, and N Bianchi, *Nucl. Phys. A* **543** (1992) 517.
8. T D Newton, *Can. J. Phys.* **34** (1956) 804.
9. A G W Cameron, *Can. J. Phys.* **36** (1958) 1040.