صيغة جديدة لطاقة ترابط النواة اعتماداً على التفاعلات النووية

الطالبة: آلاء خضري[1] د. عبدالله رستناوي [2] د. سليمان ديبو[3]

الملخص

في هذا البحث قمنا باقتراح علاقة جديدة لطاقة الترابط لكافة النوكليدات في خريطة سيغري انطلاقاً من حل معادلة باتيمان Bateman، وبناء عليه حصلنا على صيغة لطاقة الترابط جديدة تتطابق بشكل جيد مع طاقات الترابط التجريبية، ومقارنتهما مع صيغة ويسكاكر المعتمدة على نموذج قطرة السائل. بناء على فكرة النموذج الارضي المقترح، حصلنا على صيغة لطاقة الارتباط جديدة بدلالة العدد الذري التي تتعلق بالتبادلات الكولونية للبروتونات ضمن طبقات الثلاثة للنواة والتي تفسر الشكل اللاتناظري للنواة .

الكلمات المفتاحية: صيغة ويسكاكر، معادلة باتيمان، طبقات النواة، صيغة طاقة ترابط، النموذج الارضي.

[1] طالبة دكتوراه في الفيزياء النظرية كلية العلوم جامعة حمص

[2] قسم الفيزياء بكلية العلوم– جامعة حمص.

[3] قسم الفيزياء بكلية العلوم– جامعة حمص.

A new formula for nucleus binding energy based on nuclear interactions.

Abstract:

In this research, we proposed a new formula for the binding energy of all nuclides in the Segre map from the solution of the Bateman equation. Accordingly, we obtained an equation of binding energy that fit better fits the Weizsäcker formula based on the liquid drop model with the experimental binding energies.
Based on the idea of the proposed Earth model, we obtained a new binding energy formula in terms of atomic number, which relates to the coulomb exchange of protons within the three layers of the nucleus.

Keywords: Weizsäcker's formula, Bateman equation, layers of the nucleus, binding energy formula, Earth model .

1. مقدمة

إن عدم وجود تصور صحيح عن النواة قاد إلى وضع العديد من النماذج النووية (كنموذج قطرة السائل ونموذج غاز فيرمي والنموذج الطبقي، والنموذج الضوئي...)، التي فسر كل منها إحدى الخصائص النووية وعجز عن تفسير بقية الخصائص.

وماتزال هذه النماذج قيد الدراسة والتطوير من اجل التوصل الى نموذج جديد يصف النواة بشكل دقيق. إن نموذج قطرة السائل نجح في صياغة طاقة الترابط النواة بشكل جيد. وما زال التطوير عليه جار من أجل تحسين علاقة طاقة الترابط.

من خلال دراستنا المرجعية، الموجزة أدناه، عن علاقة طاقة الترابط وجدنا أن كافة الباحثين قد أجروا مطابقتهم، لعددٍ محدود ومختلف من طاقات الترابط للنوى المعينة تجريبياً مع طاقات الترابط النظرية الموصوفة في علاقة طاقة الارتباط وفق نموذج قطرة السائل liquid drop model (LDM) وكانت هذه النوى المختارة للدراسة محدودة ام ذات عدد كتلي فردي أو زوجي فقط وايضا لا تخضع لقانونية رياضية او فيزيائية محددة وبالتالي من الطبيعي الا يحصل بينهما تطابق تام مع طاقات الترابط التجريبية.

لكن لما كان التقدير المبني على المطابقة مع أكبر عدد ممكن من طاقات الترابط التجريبية للنوى سوف يعطي أفضل قيم للتطابق مع القيم التجريبية للعلاقة النظرية، فإن من احد الجوانب السلبية ايضا لهذه النموذج هو أنه لم يستطع ان يفسر ماهية القوى النووية أو ان يعطي علاقة واضحة عن القوى النووية .

في هذا البحث، ركزنا في دراستنا على عدد كبير من النوى، حيث كل النوى المدروسة تنتج عن بعضها البعض بقانونية محددة. وذلك، عند قذفها بجسيمات او عندما تتفكك نوى فتنتج نوى أخرى. وبالتالي، عند حدوث تفاعل او تفكك نووي يرافقه تغير في العدد الكتلي. وبالتالي، تتغير طاقة الترابط للنواة. لذلك، سوف نحاول ايجاد علاقة طاقة الترابط انطلاقاً من معادلات التفكك الاشعاعي المتتابع (المتسلسل).

2. هدف البحث

أولاً معالجة كافة النوكليدات المختارة كمجموعات بطريقة نفترض فيها أن كل نواة تنتج عن نواة اخرى عند حدوث تفكك نووي بصورة مشابهة لسلاسل التفكك الاشعاعي. وعندئذ تكون طاقة الترابط التجريبية لهذه النوكليدات لقانونية محددة ما. **ثانيا** إيجاد صيغة نظرية جديدة لطاقة الارتباط بدلالة العدد الكتلي بناء على التفككات والتفاعلات النووية بحيث تتوافق بشكل جيد مع النتائج التجريبية وبشكل أفضل من صيغة ويسكاكر.

3. مواد وطرق البحث

3.1. حول علاقة طاقة الترابط النووي

في مجال الفيزياء النووية، كما في بقية الحقول، إن أيَّ نموذجٍ للنواة يتم بناؤه عادةَ اعتماداً على بيانات تجريبية متوفرة عن النواة. ثم يتم التأكد من صحته هذا النموذج من خلال توافقه مع البيانات التجريبية هذه، وفضلاً عن ذلك يجب أن يكون هذا النموذج قادراً على التنبؤ ببعض النتائج التجريبية الأخرى [1].

بناءاً على نموذج قطرة السائل(LDM) liquid drop model تم استنتاج علاقة نصف تجريبية تسمى علاقة الكتلة نصف–التجريبية Semi–empirical mass formula (SEMF)، التي تعرف بصيغة ويساكر Weizsacker's formula أو بعلاقة بث–ويساكر Bethe–Weizsacker formula [1–2]، إن اسم هذه العلاقة SEMF يدل على أنها مكونة من جزأين؛ جزء نظري وجزء تجريبي؛ لقد تم استحصال الجزء النظري لهذه العلاقة اعتماداً على فرضيات نموذج "قطرة السائل" المقترح من قبل جورج غامو George Gamow [3]. يتكون الجزء النظري من عدة حدود كان قد وضعها فيما بعد نيلز بور Niles Bohr و جون أرشيبالد ويلر John Archibald Wheeler [4]. ثم من حين وضع الصياغة النهائية لهذه العلاقة من قبل الفيزيائي الألماني، كارل فريدريش فون ويساكر Carl Friedrich von Weizscker في عام 1935 [5–6]. حتى يومنا هذا، ما تزال بنية هذه الصياغة كما هي، ولاتزال تلقى قبولاً عند الباحثين،

$$E_{Bth}(Z,A) = a_V A - a_S A^{\frac{2}{3}} - a_C \frac{Z(Z-1)}{A^{\frac{1}{3}}} - a_A \frac{(A-2Z)^2}{A} \pm a_P A^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

حيث في الجزء النظري لطاقة الترابط binding energy للنواة من: $a_V A$ **حد طاقة حجمية** Volume، و $a_S A^{\frac{2}{3}}$ **حد طاقة سطحية** Surface، و $a_C \frac{Z(Z-1)}{A^{\frac{1}{3}}}$ **حد طاقة كولونية** Coulomb، و $a_A \frac{(A-2Z)^2}{A}$ **حد طاقة اللا-تناظر (أو اللا-تماثل)** Asymmetry، و $a_P A^{-1/2}$ **حد الاقتران** pairing.

ومن ثم ادخلت بعض التحسينات والفرضيات الجديدة لتصبح علاقة طاقة الترابط اكثر تطابقا مع طاقات الترابط التجريبية وتصبح قادرة على تفسير خصائص نووية جديدة فمثلاً، قام ماسمي يامدا (MasamiYAMADA) في عام 1964 بوضع صيغة جديدة للطاقة الارتباط حيث افترض أن المادة النووية قابلة للانضغاط. مما قاد إلى تحسين كبير في شرح السمات الإجمالية لخط استقراريه β [7].

كما حاول Seeger عام 1961و S. DeBenedetti و C.Gut واخرون بإدخال تأثير درجة الحرارة في العلاقة [10-9-8]، وبعض باحثين حددوا المعاملات في علاقة الكتلة- النصف التجريبية بالاعتماد على درجة حرارة من خلال تطابق المربعات الصغرى للمجموعة من النوى في الجدول الدوري اقترح S. DeBenedetti واخرون عدة تعديلات.[11] [12]

في عام 2012 قام Ghahramany واخرون[13] بتقريب جديد لعلاقة طاقة الترابط اعتمادا على نموذج النووي المتكامل integrated nuclear model وتم مقارنتها مع قيم طاقات الترابط التجريبية وقيم الطاقات الترابط وفق قطرة السائل، وفي هذا النموذج قد اعتبر الجسيمات "حرة" في حالة كثيفة كنوع من انواع البلازما.

في عام 2014 قام WANG [14] تم دراسة تأثير الانتشار السطحي التناظري الذي يلعب دور هام في تطور القشرة نيوترونيه من اجل النوى الثقيلة التي تقترب من الخط الحدودي النتروني وحصلوا على القيمة المثلى لقيمة المعامل التناظر، تم وضع علاقة بث-ويساكر المعدلة من اجل النوى الكروية.

قمنا في بحث سابق عام 2021 [15] بتعديل علاقة طاقة الارتباط وفق نموذج قطرة السائل، حيث ركزنا على الطاقة الحرارية المكتسبة من قبل النوى المستقرة كتابع

لعددها الكتلي، واضافة حد حراري على العلاقة بث ويسكاكر، وقد تم اقتراح تصور للنموذج هو النموذج الارضي ان النواة جسيم مشابه للأرض أي النواة مكونة من ثلاث طبقات، طبقة الداخلية قلب (صلب)، طبقة المتوسطة (سائل)، السطحية (غاز).

3.2.الدراسة النظرية

3.2.1 كيفية اختيار مجموعة النوكليدات المدروسة

تتم دراسة 3550 نوكليد من المرجع [16] حيث تتوفر فيه جميع البيانات التجريبية عن الكتل الذرية المعينة تجريبيا للنوكليدات وقيم طاقات الارتباط التجريبية للنوكليون او يمكن حسابها حاسوبياً وفق برنامج ماثكاد وفق العلاقات التالية:

$$E_{\mathrm{Bexp}}(Z,A) = \left[Z \cdot m_p + N m_n - M\left({}^{A}_{Z}\mathrm{X}\right)\right]c^2 \ \mathrm{MeV} \qquad (2)$$

$$E_{\mathrm{Nexp}} = \frac{E_{\mathrm{Bexp}}(Z,A)}{A} \qquad (3)$$

إن النوكليدات تمتلك إما على الأقل نظير أو العديد من النظائر التي قد يصل عددها حتى 18. وكل نوكليد يمتلك عدداً من الايزوبارات[4].

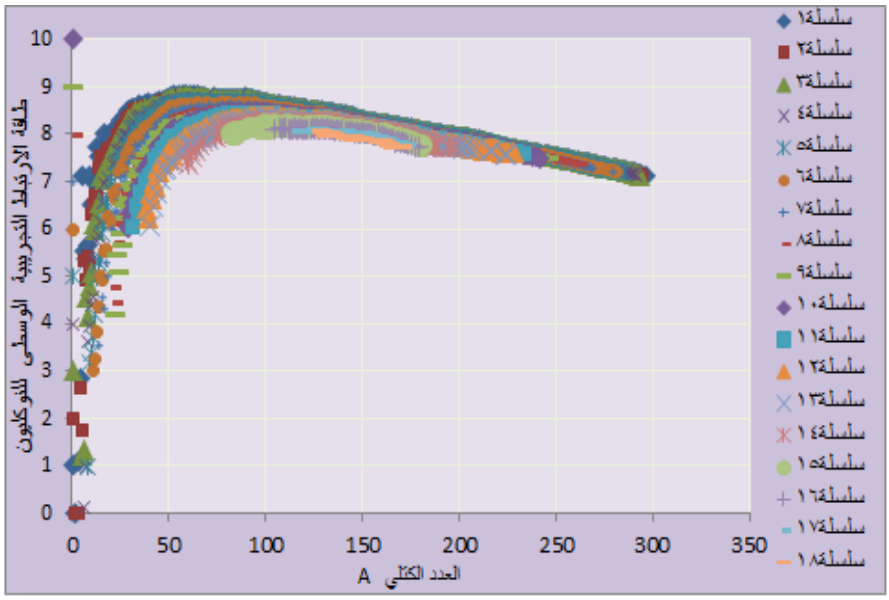
إن كيفية اختيار عناصر المجموعة تتم كما يلي: من أجل نوكليد ذو عدد كتلي معين (مثلاً $A = 2$)، نضع الايزوبار الأول له، الذي يمتلك أعلى طاقة ارتباط تجريبية في المجموعة الأولى. والايزوبار الثاني له، الذي يمتلك طاقة ارتباط تجريبية تلي الايزوبار الأول نضعه في المجموعة الثانية. وهكذا دواليك ....

ومن اجل نوكليد اخر ذو عدد كتلي $A + 1$ من أجل نوكليد ذو عدد كتلي معين A، نضع الايزوبار الأول له، الذي يمتلك أعلى طاقة ارتباط تجريبية في المجموعة الأولى. والايزوبار الثاني له، الذي يمتلك طاقة ارتباط تجريبية تلي الايزوبار الأول نضعه في المجموعة الثانية. والايزوبار الثالث له، الذي يمتلك طاقة ارتباط تجريبية تلي الايزوبار

[4] مثلا عدة نوكليدات ${}^{10}_{4}Be$ ذو طاقة الاعلى في المجموعة الاولى، و ${}^{10}_{5}B$ ذو طاقة الاقل من الاول في المجموعة الثانية، و ${}^{10}_{6}C$ ذو طاقة اقل من العنصرين السابقين في المجموعة الثالثة، و ${}^{10}_{3}Li$ ذو طاقة اقل من العناصر السابقة في المجموعة الرابعة، و ${}^{10}_{7}N$ ذو طاقة اقل من العناصر السابقة في المجموعة الخامسة، و ${}^{10}_{2}He$ ذو طاقة اقل من العناصر السابقة في المجموعة السادسة.

الثاني نضعه في المجموعة الثالثة. وهكذا دواليك ....نستمر بالفرز حتى آخر نوكليد (A = 298)، فنحصل على 18 مجموعة، حيث تم هذا الفرز باستخدام دالة VLOOKUP في برنامج اكسل.

يبين الشكل (1): رسم بياني لمجموعات النوكليدات المختارة في 18 مجموعة، كما تبين الاشكال (2)،(3)،(4) طاقات الارتباط التجريبية الوسطى للنوكليون بدلالة العدد الكتلي للنوكليدات المدروسة المختلفة في المجموعة الثانية والسابعة والحادي عشرعلى التوالي.



الشكل (1): رسم بياني لمجموعات النوكليدات المختارة في 18 مجموعة.

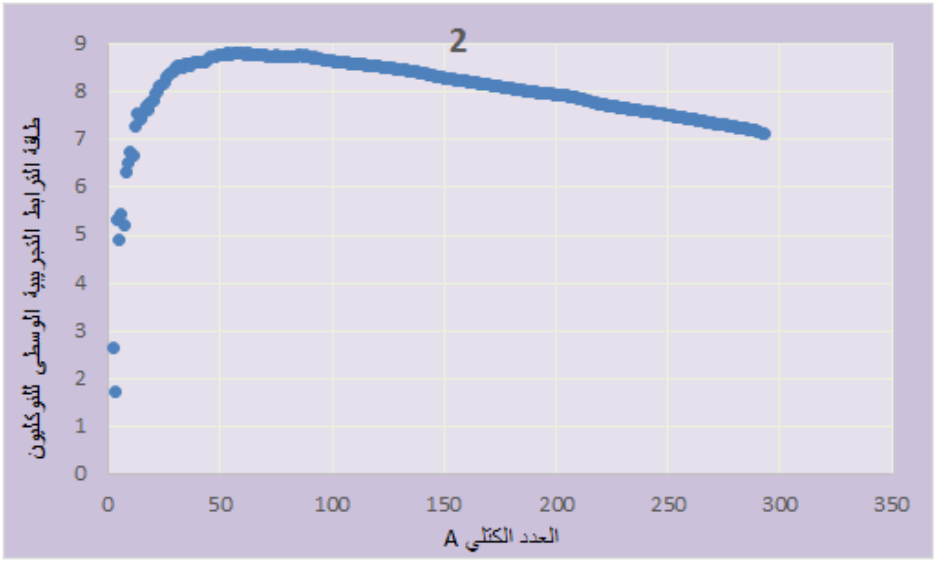
وبهذا الأسلوب تبدو النوكليدات في كل مجموعة وكأنها سلسلة تفكك إشعاعي فيها النوكليد ذو العدد الكتلي الأقل ناتجاً عن النوكليد ذو العدد الكتلي الأكبر الذي يكون قبل مباشرة، مثلاً في حالة التفكك

$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-A_1}_{Z-Z_1}Y + {}^{A_1}_{Z_1}Y \qquad (4) $$

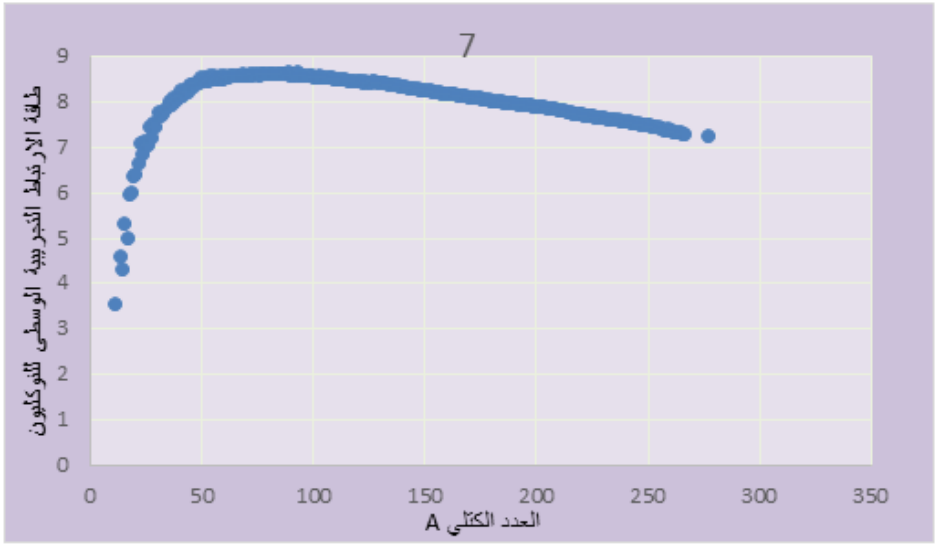
وفي حالة التفاعل

$$ {}^{A-A_1}_{Z-Z_1}Y + {}^{A_1}_{Z_1}Y \rightarrow {}^{A}_{Z}X \qquad (5) $$

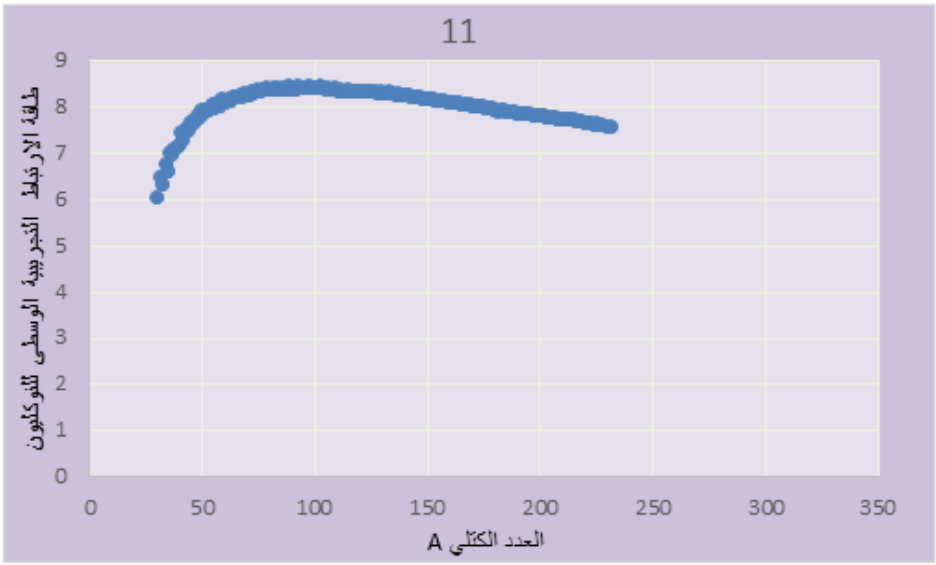
حيث $^{A_1}_{Z_1}Y$ النوكليد او الجسيم الناتج عن تفكك او التفاعل النووي. كل مجموعة مختارة كأنها سلسلة تفاعل او تفكك نووي مشابهة لسلاسل التفكك الإشعاعي الطبيعية.



الشكل (2): طاقة الارتباط التجريبية الوسطى للنوكليون في نوى المجموعة الثانية بدلالة العدد الكتلي.



الشكل (3): طاقة الارتباط التجريبية الوسطى للنوكليون في نوى المجموعة السابعة بدلالة العدد الكتلي.



الشكل (3): طاقة الارتباط التجريبية الوسطى للنوكليون في نوى المجموعة الحادي عشر بدلالة العدد الكتلي.

وبما ان النوى تنتج عن تفكك نوى اخرى بشكل تسلسلي متتابع حيث يتغير عدد النوى N بتغير الزمن(t) كسلسلة كما الشكل التالي

$$N_1(t) \rightarrow N_2(t) \rightarrow N_3(t) \rightarrow \cdots \rightarrow N_n(t)$$

فأن سلاسل التفكك الاشعاعي تخضع لعلاقة التفكك الاشعاعي المتتابع (السلسلي) العامة Radioactive decay equations التالية [17][18]

$$N_n(t) = N_1^0\left(c_1 e^{-\lambda_1 t} + c_2 e^{-\lambda_2 t} + \cdots + c_n e^{-\lambda_n t}\right) \qquad (6)$$

وبالتالي وبشكل موازي بما انه عند تفكك او تفاعل نواة عن نواة اخرى فأن تغير عدد النوى يتسبب تغير بطاقة ارتباط التجريبية للنوى الناتجة مع تغير العدد الكتلي كسلسلة كما الشكل التالي:

$$E_1(A) \rightarrow E_2(A) \rightarrow E_3(A) \rightarrow \cdots \rightarrow E_n(A)$$

فان شكل علاقة طاقة الارتباط النووي الجديدة المقترحة للمجموعة النظائر المدروسة $E_n(A)$ لها نفس شكل العلاقة $N_n(t)$ في جميع المجموعات النوى المدروسة الموضحة في الشكل (1)

$$E_n(A) = a_1 e^{-B_1 A} + a_2 e^{-B_2 A} + a_3 e^{-B_3 A} + \cdots + a_n e^{-B_n A} \quad (7)$$

ثم اختبرنا مطابقة علاقة لطاقة الارتباط النووي المقترحة مع طاقة الارتباط التجريبية للنوكليونات من أجل حدين ومن اجل ثلاث حدود وأربع حدود منها... فوجدنا أن العلاقة المقترحة النظرية من اجل ثلاث حدود هي أكثر تطابقا مع طاقات الارتباط التجريبية. فذلك قد اقترحنا تابع نظري جديد لطاقة الارتباط الوسطى للنوكليون $E_{\mathrm{NTHnew}}(A)$ كما يلي:

$$E_{\mathrm{NTHnew}}(A) = a_0 e^{-a_1 A} + a_2 e^{-a_3 A} + a_4 e^{-a_5 A} \quad (8)$$

وبالتالي، فإن طاقة الترابط للنواة $E_{\mathrm{BTHnew}}(A)$ تكون:

$$E_{\mathrm{BTHnew}}(A) = A E_{\mathrm{NTHnew}}(A) \quad (9)$$

- a_0 معامل موجب يزيد من طاقة الترابط يتعلق بالطاقة الحجمية للنواة ككل.
- a_1 تعبر عن احتمال ان تتغير طاقة الترابط بتغير وحدة العدد الكتلي A من اجل النواة ككلْ.
- a_2 معامل سالب ينقص من طاقة الارتباط يتعلق بالطاقة السطحية للنواة ككل.
- a_3 تعبر عن احتمال تعبر عن احتمال ان تتغير طاقة الترابط بتغير العدد الكتلي من اجل الطبقة السطحية للنواة للكل.
- a_4 معامل سالب ينقص من طاقة الترابط ويتعلق بمجموع التأثيرات الكولونية للنواة.
- a_5 تعبر عن احتمال ان تتغير طاقة الترابط بتغير العدد الكتلي من اجل التأثيرات الناتجة عن البروتونات في النواة ككل.

3.2.2. ايجاد معاملات علاقة طاقة الارتباط للنوكليون في نوكليدات نظرياً:

نبدء بمعالجة مجموعة النوكليدات الثانية المشار اليها في الشكل (1) والقيم التجريبية لهذه المجموعة مبينة في الشكل (2)

نقوم بمطابقة العلاقة النظرية المقترحة (8) مع قيم طاقات الارتباط التجريبية على برنامج ماثكاد، اولا ندخل عدد النوى $n:=296$ و $i=0\ldots n$، ثم ندخل قيم طاقة الارتباط التجريبية والعدد الكتلي في جدول input table، ثم ندخل مجال للتابع متوافق مع قيم العدد الكتلي A. لإيجاد قيم المعاملات التي تجعل التابع النظري المقترح متوافق بشكل جيد للقيم التجريبية، نتبع الخطوات التالية، أولا نفترض قيم اولية للمعاملات كما يلي

$$Pg:=\begin{pmatrix}9.9\\0.0021\\8\\0.021\\9.3\\0.015\end{pmatrix}$$

وثم نضع مصفوفة المشتقات الجزئية للتابع المقترح التي نرمز لها $F(z,a)$ الموصوف بالنسبة للمعاملات $(a_0,a_1,a_2,a_3,a_4,a_5)$.

$$F(z,a):=\begin{pmatrix}a_0\cdot e^{-a_1\cdot z}+a_2\cdot e^{-a_3\cdot z}+a_4\cdot e^{-a_5\cdot z}\\e^{-a_1\cdot z}\\-a_0\cdot z\cdot e^{-a_1\cdot z}\\e^{-a_3\cdot z}\\-a_2\cdot z\cdot e^{-a_3\cdot z}\\e^{-a_5\cdot z}\\-a_4\cdot z\cdot e^{-a_5\cdot z}\end{pmatrix}$$

ثم نضع التعليمة التالية genfit

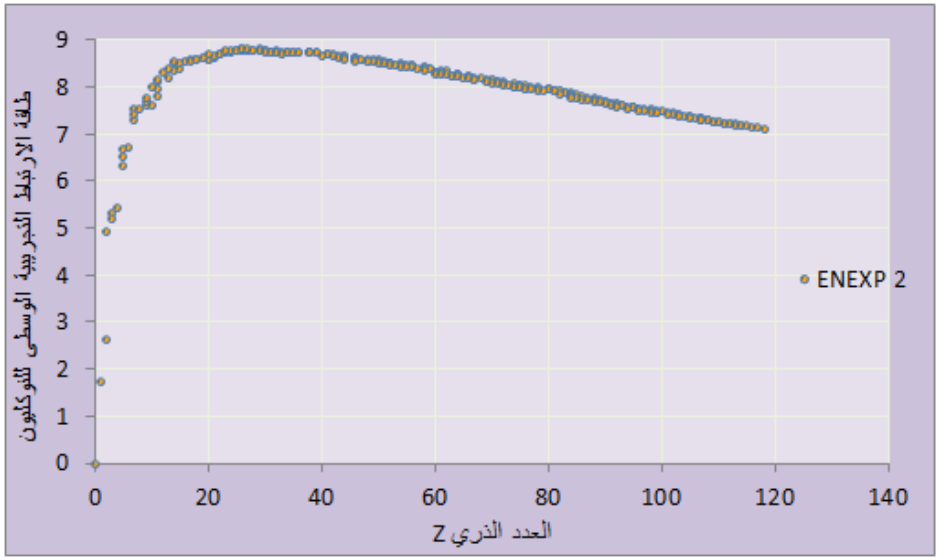
$$GEN:=genfit(A,E,Pg,F)$$

$$GEN=\begin{pmatrix}9.77\\1.052\times 10^{-3}\\-8.052\\0.163\\-2.378\\0.029\end{pmatrix}$$

نعوض هذه المعاملات في المعادلة (8) فنحصل على علاقة طاقة الترابط النظرية الجديدة بدلالة العدد الكتلي

$$E_{\mathrm{NTH2new}}(A)=9.77e^{-1.05\times10^{-3}A}-8.052e^{-0.163A}-2.37e^{-0.029A}\quad(10)$$

وبما ان كل تفكك او تفاعل نووي وفق المعادلتين (4) و(5) يرافقه تغير بالعدد الذري وبالتالي تغير طاقة الترابط للنواة، يبين الشكل (5) تابعية طاقة الارتباط الوسطى التجريبية للنوكليون بدلالة العدد الذري.



الشكل (5): طاقة الارتباط التجريبية الوسطى للنوكليون في نوكليدات المجموعة الثانية بدلالة العدد الذري.

نلاحظ من الشكل(5) ان تغير طاقة الارتباط مع تغير العدد الذري Z له نفس شكل تابعية تغير طاقة الارتباط مع العدد الكتلي وتخضع للمعادلة النظرية المقترحة (8) الممثلة بثلاث حدود اسية، وبناء على اقتراح في دراستنا سابقا[15] للنموذج الارضي بان النواة مكونة من ثلاث طبقات داخلية (صلب) متوسطة (سائل) سطحية (غاز)، فان كل حد من الحدود في المعادلة النظرية يتعلق بالتأثيرات الكولونية بعيدة المدى في كل طبقة والطبقات الاخرى للنواة والتي تسبب تشوه في الشكل الكروي للنواة، كما المعادلة التالية

$$E_{\mathrm{NTHnew}}(Z) = b_0 e^{-b_1 Z} + b_2 e^{-b_3 Z} + b_4 e^{-b_5 Z} \qquad (11)$$

- b_0 معامل يتعلق بالتبادلات الشحنية الكولونية بين البروتونات في الطبقة القلب النواة (الصلب).

- b_1 معامل طاقة الانحناء، ناتجة عن قوى التأثير المتبادل بين البروتونات في الطبقة الداخلية القلب النواة (الصلب) والطبقة المتوسطة (السائل).
- b_2 معامل يتعلق بالتبادلات الشحنية الكولونية بين البروتونات الموجودة في الطبقة المتوسطة (السائل).
- b_3 معامل طاقة الانحناء، ناتجة عن قوى التأثير المتبادل بين البروتونات في الطبقة المتوسطة (السائل) والسطحية(غاز).
- b_4 معامل يتعلق بالتبادلات الشحنية الكولونية بين البروتونات الموجودة في الطبقة السطحية (غاز).
- b_5 معامل طاقة الانحناء، ناتجة عن قوى التأثير المتبادل بين البروتونات في القلب (الصلب) والطبقة السطحية للنواة (غاز).

لإيجاد معاملات التابع المقترح (11) نتبع الخطوات السابقة على برنامج الماثكاد باستخدام تعليمة *genfit function* فنحصل على الصيغة التالية لطاقة الارتباط النظرية بدلالة العدد الذري.

$$E_{\mathrm{NTH2new}}(\mathrm{Z}) = 8.73e^{-2.195\times10^{-3}Z} - 8.96e^{-0.21Z} + 0.66e^{-2.410^{-3}Z} \quad (12)$$

بما ان كل من صيغة طاقة الارتباط الجديدة (10) تابعة للعدد الكتلي، والصيغة طاقة الارتباط الجديدة (12) تابعة للعدد الذري فيمكن مقارنتهم مع صيغة طاقة الترابط النواة وفق نموذج قطرة السائل تابعة للعدد الذري والكتلي وفق الصيغة التالية

$$E_{\mathrm{BTHLDM}} = \left(a_V A - a_s A^{\frac{2}{3}} - a_a A + \frac{a_p}{A^{1/2}}\right) + \left(\frac{a_c}{A^{1/3}} + 4a_a\right) Z + \left(-\frac{a_c}{A^{\frac{1}{3}}} - \frac{4a_a}{A}\right) Z^2 \quad (13)$$

يمكننا ايجاد قيم المعاملات المعامل الحجمي و السطحي و الكولوني و اللاتناظري بطريقة المقارنة بين علاقة طاقة الترابط النظرية الجديدة وعلاقة طاقة الترابط وفق نموذج قطرة السائل، اولا نقوم بنشر العلاقة (10) وفق علاقة منشور تايلور ماكلوران من اجل كل حد اسي ونجعل العلاقة تابعة للعدد الكتلي والذري بشكل يقابل العلاقة (13)

$$E_{\mathrm{NTH2new}}(\mathrm{A}) = 9.77\left[1 - 1.05.10^{-3}A + \frac{(-1.05.10^{-3}A)^2}{2!} + \frac{(-1.05.10^{-3}A)^3}{3!} + \cdots + \frac{(-1.05.10^{-3}A)^N}{N!}\right] - 8.052\left[1 - 0.163A + \frac{(-0.163A)^2}{2!} + \frac{(-0.163A)^3}{3!} + \cdots + \frac{(-0.163A)^N}{N!}\right] - 2.378\left[1 - 0.029A + \frac{(-0.029A)^2}{2!} + \frac{(-0.029A)^3}{3!} + \cdots + \frac{(-0.029A)^N}{N!}\right]$$

بعد الاصلاح والنشر

$$E_{\mathrm{NTH2new}}(\mathrm{A}) = -0.66 + 1.3711A - 0.107A^2 + 0.0058A^3 + \cdots + \left(\text{عدد}\right)^N A^N$$

نعوض $A = Z + N$ في الحد الثالث والرابع فتصبح بعد الاصلاح ونضربها بالعدد الكتلي لتعطى طاقة الترابط النواة

$$E_{B\mathrm{TH2new}}(\mathrm{A}) = -0.66A + 1.3711A^2 + 0.321N^2Z + 0.321NZ^2 - 0.107Z^3 - 0.107N^3 + \cdots + \left(\text{عدد}\right)^N A^N \quad (14)$$

نقوم بمقارنة الحدود الثلاثة الاولى من المعادلتين (14) و (13)

$$(a_V - a_a)A = -0.66A \Rightarrow a_V - a_a = -0.66 \quad (15)$$

$$\left(a_s A^{-4/3}\right)A^2 = 1.37\ A^2 \implies a_s A^{-4/3} = 1.37 \quad (16)$$

$$\left(\frac{a_c}{A^{1/3}} + 4a_a\right)Z = 0.321N^2Z \implies \frac{a_c}{A^{1/3}} + 4a_a = 0.321N^2 \quad (17)$$

$$\left(-\frac{a_c}{A^{1/3}} - \frac{4a_a}{A}\right)Z^2 = 0.321NZ^2 \implies -\frac{a_c}{A^{1/3}} - \frac{4a_a}{A} = 0.321N \quad (18)$$

بحل المعادلات حاسوبيا (15), (16), (17), (18)، ومن اجل نواة ذات عدد كتلي فردي مثلا $A = 51$ و $N = 27$ نحصل على قيم المعاملات التالية

$$a_c = -49.48, a_a = 61.882, a_s = 258.7, a_V = 61.22 \ \text{MeV}$$

أن هذه القيم تمثل قيم المعاملات الحجمية و الكولونية و اللاتناظرية وفق صيغة طاقة الترابط الجديدة (10) مختلفة تماما عن القيم معاملات وفق نموذج قطرة السائل(1). اختبرنا العلاقة منشور طاقة الارتباط النظرية الجديدة (14) من اجل حساب قيم علاقة طاقة الارتباط الجديدة حاسوبيا على برنامج ماثكاد، حيث اختبرنا النشر حتى A^{12}, Z^{12}،

وتبينا ان الاكتفاء بالحدود الثلاثة الاولى التابعة ل A,Z، وحتى A^{12}، لا ينتج عنها قيم دقيقة للطاقة الارتباط الوسطى للنوكليون وبذلك لا يمكننا اهمال الحدود ذو الرتبة العليا ولكي نحصل على قيم دقيقة يجب بأخذ نشر كافة الحدود الاسية حتى الرتبة N، وبالتالي ان العلاقة طاقتي الارتباط النظرية الجديدة وفق العلاقتين (10) و(12) مختلفة تماما عن علاقة طاقة الارتباط وفق نموذج قطرة السائل وفق العلاقة (1)، وبذلك ان الفرضيات التي اقترحناها في هذا البحث مختلفة عن فرضيات نموذج قطرة السائل التي شبهت النواة بانها قطرة سائل، وانما نعتمد في العلاقات(10)(12) على اقتراح في تشبيه النواة بانها مكونة من عدة طبقات الداخلية (القلب الصلب)،المتوسطة(سائلة)، السطحية(غاز) وفق تصور النموذج الارضي.

4. النتائج:

من أجل مقارنة قيم المعاملات التي حصلنا عليها وفق العلاقتين الجديدتين لطاقة الارتباط النظرية (8) و(11) مع القيم التي عينها بعض الباحثين في علاقة الترابط وفق نموذج قطرة السائل نقدم الجدول (1).

الجدول (1): قيم المعاملات التي حصلنا عليها مع بعض القيم المعينة من قبل باحثين آخرين بوحدة MeV.

المرجع	a_{sh2}	a_{sh1}	a_{pair}	a_{sym}	a_c	a_s	a_V
green[19]	-	-	0	23.3	0.698	17.23	15.5
fthallah[20]	1.74	0.63	12.03	19.42	0.578	15.29	14.19
Sree [21]			11	23.7	0.724	17.90	15.78
معاملات علاقتنا	-	-	0	25.3	-49.4	258.7	61.22
معاملات علاقتنا	-	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0
المجموعة الثانية	-	0.029	-2.37	0.16	-8.05	-1.10^{-3}	9.7
معاملات علاقتنا	-	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_0

المجموعة الثانية	-	$2.4.10^{-3}$	0.669	0.211	-8.96	$2.1.10^{-3}$	8.73

حساب طاقة الترابط والارتباط النظرية للنوكليدات في المجموعة الثانية :

بعد تعويض قيم المعاملات في الصيغة طاقة الارتباط النظرية الجديدة بدلالة العد الكتلي في المعادلة(8) نقوم بتعويض قيم العدد الكتلي فنحصل على الجدول(2)

$$E_{\mathrm{NTH2new}}(\mathrm{A}_i) = 9.77e^{-1.05\times10^{-3}A_i} - 8.052e^{-0.163\,A_i} - 2.378e^{-0.029\,A_i}$$

وكذلك الامر بالنسبة الى الصيغة طاقة الارتباط النظرية التابعة للعد الذري نعوض قيم المعاملات والعدد الذري وفق العلاقة الجديدة(11) فنحصل على الجدول(2)

$$E_{\mathrm{NTH2new}}(\mathrm{Z}_i) = 8.731e^{-2.195\times10^{-3}\mathrm{Z}_i} - 8.969e^{-0.211\mathrm{Z}_i} + 0.669e^{-2.410^{-3}\mathrm{Z}_i}$$

تتم حسابات طاقات الارتباط النظرية الجديدة باستخدام برنامج ماثكاد ويظهر الجدول(2)مدى التطابق بين القيم النظرية عن القيم التجريبية، ونقارنها مع طاقة الارتباط وفق نموذج قطرة السائلLDM حيث حصلنا على قيم المعاملات في دراسة سابقة [15]نقوم بتعويضها في العلاقة (1) وحسابها من اجل كافة النوى في المجموعة الثانية

$$E_{\mathrm{BTH}}(A_i, Z_i) =$$

$$15.82A_i - 17.97A_i^{\frac{2}{3}} - 0.73\frac{Z_i(Z_i-1)}{A_i^{\frac{1}{3}}} - 20.88\frac{(A_i-2Z_i)^2}{A_i} \mp 24.15\,A^{-\frac{1}{2}} \qquad (19)$$

في هذه العلاقة نأخذ بعين الاعتبار حد الاقتران حيث نقسم النوى المجموعة الثانية المدروسة الى نوى فردية و زوجية

$$E_{\mathrm{NTHLDM}}(A_i, Z_i) = \frac{E_{\mathrm{BTHLDM}}(A_i, Z_i)}{A_i} \qquad (20)$$

الجدول(2): قيم طاقات الارتباط التجريبية وطاقات الارتباط النظرية للتابع الجديد وطاقات الارتباط النظرية وفق نموذج قطرة السائل وفق المجموعة الثانية.

$E_{NTH2new}(Z)$	$E_{NTH\ LDM}(A,Z)$	$E_{NTH2new}(A)$	E_{NEXP2}	A	Z
3.47726	0.70004	2.62155	2.64254	3	2
2.11638	-3.73864	3.41631	1.74378	4	1
4.57537	3.95904	4.09759	5.32853	5	3
3.47726	5.11970	4.68224	4.91114	6	2
5.46071	5.33953	5.18460	5.43076	7	4

3	8	5.19699	5.61683	4.18721	4.57537
5	9	6.31450	5.98928	6.13558	6.17375
5	10	6.52631	6.31076	6.03135	6.17375
6	11	6.73276	6.58875	6.66304	6.74729
5	12	6.67314	6.82960	6.27377	6.17375
7	13	7.29438	7.03872	7.04055	7.20787
7	14	7.52684	7.22073	6.98512	7.20787
8	15	7.51864	7.37953	7.32400	7.57698
7	16	7.41804	7.51844	7.21707	7.20787
9	17	7.59684	7.64031	7.54375	7.87204
9	18	7.68286	7.74755	7.52100	7.87204
10	19	7.62150	7.84221	7.71793	8.10714
9	20	7.76577	7.92604	7.74283	7.87204
11	21	7.81944	8.00054	7.85817	8.29368
11	22	7.96688	8.06696	7.85610	8.29368
10	23	7.99919	8.12639	8.13097	8.10714
11	24	8.11006	8.17976	8.06747	8.29368
11	25	8.14592	8.22785	8.26356	8.29368
13	26	8.20099	8.27135	8.07730	8.55636
12	27	8.30887	8.31081	8.36985	8.44093
14	28	8.35713	8.34675	8.48530	8.64603
13	29	8.39391	8.37957	8.45557	8.55636
15	30	8.40473	8.40964	8.22692	8.71485
14	31	8.50411	8.43728	8.52486	8.64603
14	32	8.52571	8.46274	8.64499	8.64603
16	33	8.54716	8.48625	8.52479	8.76680
15	34	8.49284	8.50802	8.45521	8.71485
17	35	8.56990	8.52821	8.55561	8.80509
18	36	8.57113	8.54697	8.58916	8.83233
18	37	8.57685	8.56444	8.57981	8.83233
17	38	8.55082	8.58071	8.56902	8.80509
19	39	8.60681	8.59590	8.59832	8.85063
20	40	8.60252	8.61007	8.61019	8.86170

8.86170	8.61187	8.62332	8.59656	41	20
8.83233	8.76585	8.63569	8.59886	42	18
8.85063	8.73260	8.64726	8.62095	43	19
8.86692	8.60782	8.65807	8.60606	44	21
8.86692	8.73787	8.66816	8.66644	45	21
8.86742	8.77318	8.67759	8.70525	46	22
8.86742	8.74454	8.68638	8.70889	47	22
8.86170	8.76001	8.69456	8.70860	48	20
8.86410	8.74749	8.70218	8.73071	49	23
8.85769	8.76451	8.70925	8.75000	50	24
8.85769	8.74715	8.71579	8.75993	51	24
8.86410	8.73848	8.72184	8.75934	52	23
8.84879	8.74389	8.72742	8.78224	53	25
8.83789	8.74652	8.73253	8.78553	54	26
8.83789	8.73804	8.73721	8.79477	55	26
8.84879	8.75807	8.74146	8.78357	56	25
8.82536	8.72988	8.74530	8.79016	57	27
8.82536	8.71493	8.74875	8.78634	58	27
8.83789	8.82069	8.75183	8.79937	59	26
8.83789	8.86748	8.75453	8.79963	60	26
8.82536	8.82155	8.75689	8.80096	61	27
8.79667	8.69993	8.75890	8.76570	62	29
8.79667	8.78054	8.76059	8.79893	63	29
8.79667	8.75475	8.76195	8.78506	64	29
8.81154	8.81453	8.76301	8.77973	65	28
8.81154	8.84628	8.76376	8.78227	66	28
8.78096	8.80696	8.76423	8.77954	67	30
8.76458	8.73752	8.76442	8.74751	68	31
8.78096	8.81364	8.76433	8.76667	69	30
8.74766	8.80838	8.76398	8.76813	70	32
8.74766	8.78575	8.76338	8.74902	71	32
8.78096	8.81538	8.76253	8.73372	72	30
8.76458	8.79537	8.76144	8.73668	73	31
8.71264	8.77349	8.76012	8.73441	74	34

32	75	8.73864	8.75857	8.79377	8.74766
32	76	8.74764	8.75681	8.81814	8.74766
33	77	8.73922	8.75483	8.78956	8.73032
33	78	8.71650	8.75265	8.74517	8.73032
35	79	8.73245	8.75027	8.76863	8.69470
36	80	8.73856	8.74769	8.77519	8.67655
34	81	8.72826	8.74493	8.76491	8.71264
34	82	8.73488	8.74199	8.78195	8.71264
35	83	8.73586	8.73887	8.76106	8.69470
38	84	8.72341	8.73558	8.73635	8.63981
36	85	8.74124	8.73213	8.75495	8.67655
38	86	8.75318	8.72851	8.76160	8.63981
38	87	8.74939	8.72474	8.73736	8.63981
39	88	8.72741	8.72082	8.68498	8.62130
38	89	8.74899	8.71676	8.73669	8.63981
38	90	8.73854	8.71255	8.75883	8.63981
39	91	8.72818	8.70820	8.72489	8.62130
41	92	8.70752	8.70372	8.64911	8.58409
41	93	8.70880	8.69912	8.68712	8.58409
42	94	8.70761	8.69438	8.68250	8.56543
41	95	8.69079	8.68953	8.69670	8.58409
40	96	8.67724	8.68456	8.72030	8.60271
43	97	8.66861	8.67947	8.64782	8.54676
44	98	8.66583	8.67427	8.63719	8.52808
44	99	8.65373	8.66897	8.62669	8.52808
42	100	8.64695	8.66357	8.69831	8.56543
43	101	8.63606	8.65806	8.66514	8.54676
46	102	8.62603	8.65245	8.58882	8.49076
44	103	8.62745	8.64676	8.64959	8.52808
46	104	8.62962	8.64097	8.61768	8.49076
46	105	8.61496	8.63509	8.60465	8.49076
44	106	8.60268	8.62913	8.65768	8.52808
47	107	8.59834	8.62308	8.58327	8.47211
48	108	8.59503	8.61695	8.57066	8.45349

8.49076	8.61411	8.61075	8.58739	109	46
8.49076	8.63081	8.60447	8.58924	110	46
8.47211	8.59790	8.59812	8.57746	111	47
8.49076	8.61487	8.59170	8.56197	112	46
8.43490	8.55542	8.58521	8.56674	113	49
8.41633	8.54533	8.57865	8.56693	114	50
8.41633	8.53384	8.57203	8.55801	115	50
8.45349	8.58887	8.56535	8.55394	116	48
8.43490	8.55970	8.55861	8.54602	117	49
8.45349	8.57059	8.55181	8.52864	118	48
8.39780	8.52284	8.54496	8.53116	119	51
8.37929	8.51470	8.53805	8.52076	120	52
8.39780	8.52510	8.53109	8.52451	121	51
8.37929	8.52309	8.52408	8.52111	122	52
8.37929	8.50636	8.51702	8.50813	123	52
8.41633	8.52537	8.50991	8.50781	124	50
8.39780	8.50576	8.50276	8.49911	125	51
8.34239	8.48010	8.49557	8.48678	126	54
8.37929	8.49189	8.48833	8.48722	127	52
8.34239	8.48437	8.48105	8.48580	128	54
8.34239	8.46719	8.47373	8.47352	129	54
8.37929	8.47958	8.46638	8.47038	130	52
8.36082	8.46184	8.45898	8.46286	131	53
8.30563	8.44254	8.45156	8.45213	132	56
8.32399	8.44400	8.44409	8.45154	133	55
8.30563	8.44356	8.43660	8.45023	134	56
8.30563	8.42616	8.42907	8.43924	135	56
8.34239	8.43346	8.42151	8.43591	136	54
8.32399	8.41722	8.41393	8.42917	137	55
8.26902	8.40278	8.40631	8.41936	138	58
8.26902	8.38803	8.39867	8.41245	139	58
8.28731	8.38139	8.39100	8.39587	140	57
8.25077	8.36782	8.38331	8.39610	141	59
8.26902	8.39379	8.37559	8.38807	142	58

59	143	8.37089	8.36785	8.36549	8.25077
58	144	8.35512	8.36009	8.38098	8.26902
61	145	8.34502	8.35230	8.32538	8.21440
62	146	8.33666	8.34450	8.31328	8.19627
60	147	8.32457	8.33667	8.34043	8.23257
60	148	8.31783	8.32883	8.34892	8.23257
61	149	8.30263	8.32097	8.32247	8.21440
60	150	8.28963	8.31309	8.33521	8.23257
61	151	8.28177	8.30519	8.31329	8.21440
64	152	8.27581	8.29728	8.27384	8.16013
62	153	8.26917	8.28935	8.29639	8.19627
64	154	8.26659	8.28141	8.27706	8.16013
64	155	8.25475	8.27346	8.26425	8.16013
63	156	8.24510	8.26549	8.26179	8.17818
63	157	8.23999	8.25751	8.26857	8.17818
66	158	8.23216	8.24952	8.23300	8.12414
64	159	8.22795	8.24151	8.25189	8.16013
64	160	8.22307	8.23350	8.25804	8.16013
66	161	8.21447	8.22547	8.22147	8.12414
65	162	8.20427	8.21744	8.21781	8.14211
67	163	8.19825	8.20940	8.20110	8.10621
68	164	8.19071	8.20134	8.19110	8.08831
66	165	8.18396	8.19328	8.20710	8.12414
66	166	8.17706	8.18522	8.21235	8.12414
67	167	8.17056	8.17714	8.18988	8.10621
67	168	8.15673	8.16906	8.17355	8.10621
69	169	8.15545	8.16097	8.15801	8.07046
70	170	8.14798	8.15288	8.14841	8.05264
70	171	8.13898	8.14478	8.13738	8.05264
69	172	8.13122	8.13667	8.13899	8.07046
69	173	8.12439	8.12856	8.14511	8.07046
71	174	8.11241	8.12045	8.10528	8.03487
71	175	8.10983	8.11233	8.11444	8.03487
72	176	8.10243	8.10421	8.10513	8.01713

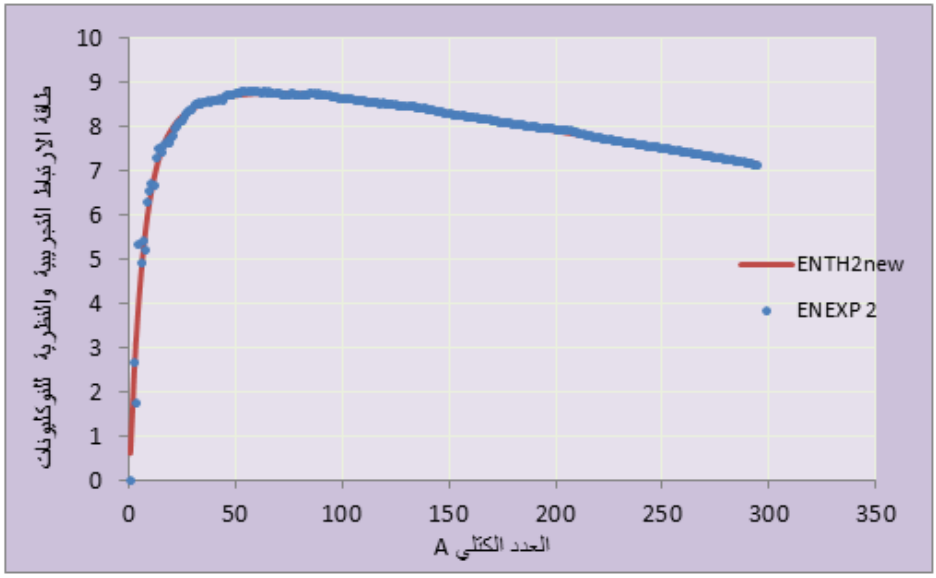
8.01713	8.09411	8.09609	8.09265	177	72
8.05264	8.12098	8.08796	8.08204	178	70
8.03487	8.10024	8.07984	8.07475	179	71
7.98177	8.06126	8.07170	8.06674	180	74
8.01713	8.08268	8.06357	8.06181	181	72
8.01713	8.08763	8.05544	8.05440	182	72
7.99943	8.06452	8.04730	8.04667	183	73
7.96415	8.02070	8.03916	8.03366	184	75
7.96415	8.02988	8.03103	8.03167	185	75
7.94657	8.01820	8.02289	8.02385	186	76
7.98177	8.03794	8.01475	8.01469	187	74
7.98177	8.04230	8.00661	8.00839	188	74
7.96415	8.01993	7.99848	8.00151	189	75
7.96415	8.00636	7.99034	7.98924	190	75
7.92903	7.98626	7.98220	7.98852	191	77
7.91153	7.97480	7.97407	7.98324	192	78
7.94657	7.99323	7.96593	7.97563	193	76
7.94657	7.99709	7.95780	7.97116	194	76
7.92903	7.97536	7.94967	7.96440	195	77
7.87664	7.93037	7.94154	7.95534	196	80
7.91153	7.95693	7.93341	7.95557	197	78
7.87664	7.93116	7.92528	7.95206	198	80
7.87664	7.92186	7.91716	7.94556	199	80
7.91153	7.95202	7.90904	7.93814	200	78
7.89406	7.93084	7.90092	7.93445	201	79
7.85925	7.89162	7.89281	7.92639	202	81
7.85925	7.89858	7.88470	7.92600	203	81
7.84190	7.88738	7.87659	7.92021	204	82
7.84190	7.87818	7.86848	7.91439	205	82
7.85925	7.88221	7.86038	7.91102	206	81
7.85925	7.88642	7.85228	7.90588	207	81
7.82459	7.84828	7.84419	7.88980	208	83
7.82459	7.85467	7.83610	7.88772	209	83
7.80731	7.84353	7.82801	7.87440	210	84

84	211	7.85863	7.81993	7.83446	7.80731
82	212	7.84290	7.81185	7.86246	7.84190
85	213	7.82995	7.80378	7.81382	7.79008
86	214	7.81737	7.79571	7.80061	7.77288
84	215	7.80719	7.78764	7.82404	7.80731
84	216	7.79763	7.77958	7.82765	7.80731
85	217	7.78375	7.77153	7.80548	7.79008
84	218	7.76995	7.76348	7.81799	7.80731
87	219	7.76093	7.75543	7.77028	7.75572
88	220	7.75174	7.74739	7.75716	7.73860
88	221	7.74099	7.73936	7.74942	7.73860
86	222	7.73315	7.73133	7.78331	7.77288
87	223	7.72262	7.72330	7.76152	7.75572
89	224	7.70990	7.71528	7.72054	7.72152
89	225	7.70525	7.70727	7.72678	7.72152
90	226	7.69698	7.69926	7.71370	7.70447
90	227	7.68712	7.69126	7.70608	7.70447
88	228	7.68092	7.68326	7.73916	7.73860
89	229	7.67203	7.67527	7.71773	7.72152
91	230	7.66147	7.66729	7.67751	7.68747
91	231	7.65781	7.65931	7.68333	7.68747
92	232	7.65157	7.65134	7.67028	7.67050
92	233	7.64344	7.64337	7.66280	7.67050
90	234	7.63519	7.63541	7.69524	7.70447
91	235	7.62704	7.62746	7.67410	7.68747
93	236	7.61861	7.61951	7.63452	7.65356
93	237	7.61420	7.61157	7.63999	7.65356
92	238	7.60785	7.60363	7.65893	7.67050
93	239	7.59941	7.59570	7.63621	7.65356
92	240	7.58997	7.58778	7.65154	7.67050
95	241	7.58269	7.57986	7.59883	7.61981
95	242	7.57422	7.57195	7.59161	7.61981
95	243	7.56922	7.56405	7.59676	7.61981
94	244	7.56322	7.55616	7.61533	7.63667

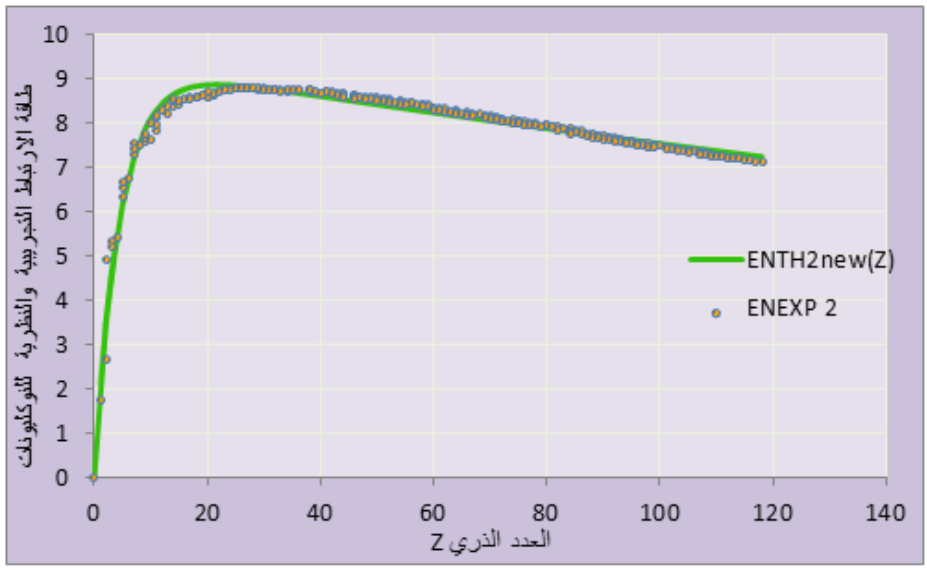
7.61981	7.59292	7.54827	7.55399	245	95
7.63667	7.60807	7.54038	7.54460	246	94
7.58621	7.55587	7.53251	7.53818	247	97
7.56946	7.54115	7.52464	7.53056	248	98
7.60299	7.56879	7.51678	7.52399	249	96
7.60299	7.57195	7.50892	7.51721	250	96
7.58621	7.54980	7.50107	7.50781	251	97
7.60299	7.56483	7.49323	7.49750	252	96
7.55275	7.51302	7.48539	7.49197	253	99
7.53608	7.49830	7.47757	7.48415	254	100
7.56946	7.52579	7.46975	7.47637	255	98
7.56946	7.52879	7.46193	7.46996	256	98
7.55275	7.50687	7.45412	7.46048	257	99
7.55275	7.49854	7.44633	7.45004	258	99
7.51944	7.47030	7.43853	7.44392	259	101
7.50284	7.45557	7.43075	7.43587	260	102
7.50284	7.44960	7.42297	7.42738	261	102
7.51944	7.46053	7.41520	7.42012	262	101
7.48628	7.42859	7.40743	7.40987	263	103
7.48628	7.42272	7.39968	7.40211	264	103
7.46975	7.40728	7.39193	7.39335	265	104
7.48628	7.42116	7.38419	7.38723	266	103
7.45326	7.38570	7.37645	7.37594	267	105
7.45326	7.38065	7.36872	7.36715	268	105
7.43681	7.36383	7.36100	7.35747	269	106
7.45326	7.38051	7.35329	7.35256	270	105
7.42039	7.34171	7.34558	7.33748	271	107
7.42039	7.33746	7.33789	7.32939	272	107
7.42039	7.34361	7.33020	7.32515	273	107
7.40401	7.32611	7.32251	7.31547	274	108
7.40401	7.32188	7.31484	7.30698	275	108
7.42039	7.33844	7.30717	7.30326	276	107
7.40401	7.32297	7.29951	7.29484	277	108
7.42039	7.33683	7.29185	7.28925	278	107

109	279	7.27571	7.28421	7.30163	7.38767
109	280	7.26809	7.27657	7.29682	7.38767
110	281	7.25871	7.26894	7.28003	7.37136
110	282	7.25619	7.26131	7.28579	7.37136
111	283	7.24047	7.25370	7.25818	7.35509
111	284	7.23426	7.24609	7.25411	7.35509
112	285	7.22389	7.23848	7.23609	7.33885
112	286	7.22207	7.23089	7.24236	7.33885
113	287	7.20524	7.22330	7.21375	7.32265
113	288	7.19950	7.21573	7.21039	7.32265
114	289	7.18808	7.20815	7.19119	7.30649
114	290	7.18675	7.20059	7.19796	7.30649
115	291	7.16874	7.19303	7.16841	7.29036
116	292	7.15598	7.18548	7.14745	7.27427
117	293	7.13532	7.17794	7.11570	7.25821
118	294	7.11957	7.17041	7.09249	7.24219

يبين الشكل (6) مدى التطابق(خط الاحمر) بين طاقات الارتباط الوسطى للنوكليون النظرية الجديدة $E_{NTH2new}(A)$ وفق العلاقة (10) والتجريبية E_{NEXP2} (نقاط زرقاء) بدلالة العدد الكتلي، يبين الشكل (7) مدى التطابق (خط الاخضر) بين طاقات الارتباط الوسطى للنوكليون النظرية الجديدة $E_{NTH2new}(Z)$ وفق العلاقة (12) والتجريبية E_{NEXP2} (نقاط زرقاء) بدلالة العدد الذري من النوكليدات المجموعة الثانية.



الشكل(6): مطابقة قيم طاقات الارتباط الوسطى النظرية مع القيم التجريبية بدلالة العدد الكتلي.



الشكل(7): مطابقة قيم طاقات الارتباط الوسطى النظرية مع القيم التجريبية بدلالة العدد الذري.

نقوم بحساب الفروقات قيم طاقات الارتباط النظرية للنوكليونات عن قيم طاقات الارتباط التجريبية وفق الصيغتين الجديدين (10) (12) ثم نحسب الانحراف المعياري في المجموعة الثانية $\sigma\, new(E_{\mathrm{NTH2new}} - E_{\mathrm{Nexp}})$.

وحساب الانحراف المعياري لطاقة الارتباط النظرية وفق نموذج قطرة السائل عن القيم طاقات الارتباط التجريبية $\sigma\, LDM(E_{\mathrm{NTH2LDM}} - E_{\mathrm{Nexp}})$.

الجدول(3): الانحراف المعياري لطاقة الارتباط النظرية الجديدة عن التجريبية ومقارنتها بالانحراف المعياري لطاقة الارتباط وفق نموذج قطرة السائل عن التجريبية في المجموعة الثانية.

قيم الانحراف المعياري	التابع الاول $E_{NTH2new}(A)$	التابع الثاني $E_{NTH2new}(Z)$
$\sigma\, new$	0.13	0.17
$\sigma\, LDM$	0.36	

5. المناقشة:

عند حدوث أي تفاعل او تفكك نووي سيتغير عدد النوى بتغير الزمن وبتغير عدد البروتونات والنترونات فستتغير طاقة ترابط النواة ولاحظنا ان القيمة الوسطى لطاقة الارتباط بين نوكليونين تتغير مع تغير العدد الكتلي وهذا يعني ان طاقة الارتباط الوسطى بين نوكليونين في النوى ليست متساوية وبالتالي تتغير قوى التأثير المتبادل بين أي نوكليونين اي القوى بين أي نوكليونين ليست متساوية وبالتالي يتغير الكمون النووي ايضا، حيث تمت دراسة الكمون النووي الكمون رايد Reid V_{Reid} [22] الذي يتغير مع تغير البعد وفق الصيغة التالية

$$V_{\mathrm{Reid}}(r) = -10.463\frac{e^{-\mu r}}{\mu r} - 1650.6\frac{e^{-4\mu r}}{\mu r} + 6484.2\frac{e^{-7\mu r}}{\mu r}$$

وايضا تمت دراسة الكثافة النووية وفق الصيغة ودد–ساكسون للكثافة المادة النووية، حيث أن كثافة المادة النووية ليست ثابتة وهي تقريباً تتناقص بصورة أسية مع البعد r. في المنطقة التي تكون فيها كثافة المادة النووية ليست ثابتة، لا يمكننا عندها النظر إلى المادة

النووية على أنها سائل بأي حال من الأحوال، وهذه الافتراضات تختلف عن اسس وفرضيات نموذج قطرة السائل الذي يعتبر ان الكثافة ثابتة و ان القوى النووية متساوية ومستقلة عن الشحنة، وبناء على دراستنا سابقا اقتراحنا للنموذج الارضي بان النواة مكونة من عدة طبقات داخلية –القلب (صلب)، المتوسطة (سائل)، السطحية (غاز) فان الكثافة والكمون والقوى تتغير بين نوكليونات حسب تغير اطوار المادة النووية. وبناء على فرضيات وعلاقات التفكك الاشعاعي وحل معادلة باتيمان Bateman، و صيغ تغير الكمون والكثافة، اقترحنا تابعين اسين جديدين لطاقة الترابط تابع للعد الكتلي $E_{\mathrm{BTH1new}}(A)$ وتابع $E_{\mathrm{BTH1new}}(Z)$ للعدد الذري مكونة من ثلاث حدود اسية، حيث أن معاملات كل حد يتعلق بالتأثيرات الناتجة عن نوكليونات بين طبقات الثلاث المختلفة للنواة وعن النواة ككل. وبناء عليه ان تغير طاقة الترابط في كل جزء من اطوار المادة النووية يمكن ان يفيد في وضع تصور تقريبي لعلاقة للقوى النوى وتطوير علاقة الكثافة النووية في حساب معاملات جديدة للكثافة وللقوى النووية.

6. الاستنتاجات:

- في هذا البحث، عند دراسة عدد كبير من النوى حوالي 3550 وجدنا ان هذه النوكليدات تخضع لقانونية معينة، حيث كل نوكليد يرتبط بالنوكليد الذي يليه او يسبقه عند حدوث تفكك او تفاعل نووي كأنها مشابه لسلاسل اشعاعية.
- ايجاد علاقة لطاقة الارتباط النظرية الجديدة تابعة للعدد الكتلي مشابه لحل معادلة باتيمان Bateman للتفككات النووية وتعطي توافق جيد مع قيم طاقات الترابط التجريبية.
- بناء على النموذج الارضي المقترح تم ايجاد علاقة لطاقة الارتباط النظرية الجديدة تابعة للعدد الذري، والتي استطعنا من خلالها تفسير التأثيرات الكولونية المتبادلة بين البروتونات في ثلاث طبقات للنواة والتي تسبب تشوه في شكل النواة اللاتناظري.

- أظهرت النتائج الاحصائية للانحراف المعياري مدى دقة النموذج المقترح في تحديد طاقة الترابط النووية وتفسير بعض الخصائص النووية.

7. المراجع

[1] VAHID, Mirzaei Mahmoud Abadi; MOHSEN, Mirhabibi; BAGHER, Askari Mohammad. Estimation of Semi-Empirical Mass Formula Coefficients. Nuclear Science, 2017, 2.1: 11-15.

[2] BAILEY, David. Semi-empirical nuclear mass formula. *PHY357: Strings & Binding Energy. University of Toronto. Retrieved*, 2011, 03-31.

[3] WEIZSÄCKER, CF v. Zur theorie der kernmassen. *Zeitschrift für Physik*, 1935, 96.7: 431-458.

[4] SMAGULOV, Samat; LOGACHEV, Vadim. Nuclear Tests in the USSR: The Red Book (From Nuclear History: Fear, Horror and Nuclear Blackmail) Anatoliy Matushchenko Co-Chairman of the Interagency Expert Commission under the Scientific Research Institute for Pulse Engineering, and Advisor to. *Energy, Society and Security*, 2008, 405.

[5] GAMOW, George. Mass defect curve and nuclear constitution. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, 1930, 126.803: 632-644.

[6] TELLER, Edward; WHEELER, John A. On the rotation of the atomic nucleus. *Physical Review*, 1938, 53.10: 778.

[7] YAMADA, Masami. Semi-Empirical Mass Formula for Compressible Nuclei. *Progress of Theoretical Physics*, 1964, 32.4: 512-541.

[8] SEEGER, Philip A. Semi empirical atomic mass law. *Nuclear Physics*, 1961, 25: 1-IN1.

[9] Davidson, N. J., et al. "A semi-empirical determination of the properties of nuclear matter." Nuclear Physics A 570.1 (1994).

[10] C.GUTE ,E.STRUMERGR,M.BRACK,"liquid drop paramter for hot nuclei" , Vol205,num4 , 1988.

[11]S. DeBenedetti, Nuclear interactions (Wiley, New York, 1964).

[12] Singh, BirBikram , et al "Temperature-dependent Seeger's liquid drop energy for nuclei up to Z=118". arXiv preprint arXiv: 1101.039(2011).

[13]GHAHRAMANY, Nader; GHARAATI, Shirvan; GHANAATIAN, Mohammad. New approach to nuclear binding energy in integrated nuclear model. *Journal of Theoretical and Applied Physics*, 2012, 6: 1-5.

[14]WANG, Ning, et al. Surface diffuseness correction in global mass formula. *Physics Letters B*, 2014, 734: 215-219

[15]Alaa Khodari, Dr. Abdullah Rastanawi, Dr. Suleiman Dibo.
DEVELOP SEMI-EMPIRICAL MASS FORMULA BY ADDING A THERMAL TERM INDEPENDENTLY. Phy lettere ,2021.

[16] HUANG, W. J., et al. The AME 2020 atomic mass evaluation (I). Evaluation of input data, and adjustment procedures. Chinese Physics C, 2021, 45.3: 030002.

[17] SMITH, Blaine T. Introduction to radioactivity and radioactive decay. Nuclear Pharmacy: Concepts and Applications in Nuclear Pharmacy, Pharmaceutical Press, London, 2010.

[18].BATEMAN, Harry. The solution of a system of differential equations occurring in the theory of radioactive transformations. In: Proc. Cambridge Philos. Soc. 1910. p. 423-427.

[19] GREEN, Alex ES. Coulomb radius constant from nuclear masses. *Physical Review*, 1954, 95.4: 1006.

[20] ALDAWDY, Fadwa; AL-JOMAILY, Firas Mohammed Ali. Fitting the Nuclear Binding Energy Coefficients for Liquid Drop Model and Adding a mathematical terms to the Closed Shell of Magic Nuclei. Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications, 2022, 55.4: 150-160.

[21] HARSHA, NR Sree. The tightly bound nuclei in the liquid drop model. *European Journal of Physics*, 2018, 39.3: 035802.

[22] REID JR, Roderick V. Local phenomenological nucleon-nucleon potentials. *Annals of Physics*, 1968, 50.3: 411-448.