

حسابات ونتائج على النموذج النووي الحديث

الدكتور مفيد محمد منير عباس*

(ورد إلى المجلة في 1998/8/29، قبل للنشر في 1999/3/18)

□ الملخص □

يتميز النموذج النووي الحديث عن القديم (الذي يتميز بكثافة متجانسة لكامل النواة) بأنه يشير إلى كثافات مختلفة داخل النواة . باستخدام المعطيات المتوافرة من النموذج النووي الحديث للنوى فوق الثقيلة ($A > 200$)، حاولنا استنباط طريقة جديدة، نستطيع بواسطتها حساب طاقات الارتباط للنوكليونات المفردة في مختلف طبقات النواة ، والتي تنفصل عن بعضها بالكثافات النسبية المئوية المحددة ، وحساب عدد النوكليونات المفردة التي ترتبط بكل نوكليون في مختلف مواقع النواة . بالإضافة للنقاط أعلاه ، يتضمن هذا العمل أيضاً حسابات للكثافات الحقيقية لمختلف طبقات النواة . وأخيراً تم وضع نتائج هذا العمل في جدول، وتم تمثيل أهمها بيانياً .

* أستاذ مساعد في قسم الفيزياء كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Calculations and Results on the Modern Nuclear Model

Dr. Mufid ABBAS*

(Received 29/8/1998, Accepted 18/3/1999)

□ ABSTRACT □

The modern nuclear model is distinguished from the old one (which is characterized by a homogenous density in the whole of the nucleus) by the difference in densities within the nucleus. Referring to the conclusions available from the modern nuclear model of the super heavy nuclei ($A > 200$), we have tried to find out new method to calculate the binding energies of the single nucleons in the different layers of the nucleus which are separated by certain relative densities, and to calculate the number of the single nucleons which are bound by every nucleon at different positions of it.

In addition to the above points, this work also includes calculations of the real densities at different layers of the nucleus.

Finally the results of this work were tabulated and the most important of them have been represented graphically.

* Associate professor, Physics Department, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة :

تشير نتائج التجارب الطويلة وما تلاها من تحليلات رياضية معقدة، إلى أن النماذج القديمة لنوى الذرات تحتاج إلى تعديلات، أو على الأصح، لابد من تركيب نماذج جديدة للنواة.

يوجد في نوى العناصر الثقيلة التي رقم كتلتها أكبر من 40 (حسب النماذج الحديثة للنواة) قلب كثيف، ثقل بعده كثافة مادة النواة بسرعة حتى تتلاشى [1].

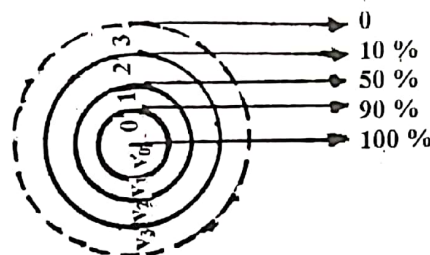
إن تركيب مثل هذا النموذج الجديد لنواة الذرة بدون أن يحتوي خطوطاً فاصلة واضحة أدى إلى صعوبة في عملية تحديد بداية ونهاية النواة .

إذا اعتبرنا [1] أن الكثافة العظمى في مركز النواة كنسبة مئوية هي (100 %)، فإننا سنعتبر، فيما يلي، بأن القلب يمتد من المركز حتى السطح الكروي، الذي تبلغ عنده الكثافة (90 %) من الكثافة العظمى، وأما الطبقة الكروية بين الكثافتين (90 % ، 10 %) فتسمى عادةً بالغلاف الانتقالي ، والقشرة هي الطبقة الكروية من (10 %)، حتى نهاية مادة النواة .

هذا، وقد تم اكتشاف تشابه شديد بين النوى التي رقم كتلتها أكبر من 40؛ إذ اتضح أن سمك الغلاف الانتقالي لجميع هذه النوى ثابت [2] ويبلغ $2.4 \times 10^{-15} \text{ m}$. كما اتضح أنه من المناسب لجميع النوى ($A > 40$) حساب المسافة من مركز النواة حتى المسافة ذات الكثافة (50 %) من العلاقة التالية [3] :

$$R_{100\% \rightarrow 50\%} = 1.18 \times 10^{-15} (A)^{1/3} \quad (1)$$

وقد يمكن تصور شكل النواة للعناصر ($A > 40$) تخطيطياً كما في الشكل (1)، حيث الفواصل الكروية المحددة في الشكل عبارة عن النسب المئوية للكثافة .



الشكل (1) يمثل رسماً تخطيطياً لطبقات النواة وفق النموذج النووي الحديث

هذا، وبينما لم يلاحظ تأثير النوى الثقيلة بحركة الألكترونات حولها [4]، فقد لوحظ تأثير النوى الخفيفة جداً بحركة إلكتروناتها [5]، ولا تتعلق قوى الترابط النووي والحجم المتاح للنوكليون الواحد ضمن نواة ما، بكون هذا النوكليون بروتوناً أم نويترناً [6]، ولكن تتعلق ببعده وقربه عن مركز النواة، وخاصة بالنسبة للنوى الثقيلة [7].

وتختلف بصورة عامة سلوكية النوى عندما تكون مفردة عنها عندما تكون على تأثير متبادل مع نوى أخرى [8] [9]، وبصورة مشابهة تختلف سلوكية النوكليون عندما يكون مفرداً عنها عندما يكون مرتبطاً بنوكليونات أخرى ضمن نواة ما [10].

علاقة طاقة الارتباط بين نوكليونين بالبعد بينهما :

تتناقص طاقة الارتباط النووي بين نوكليونين بازدياد المسافة بينهما، وهي ذات طبيعة مختلفة عن الترابط الكتلي أو الكهربائي .

عندما تبلغ المسافة بين نوكليونين $5 \times 10^{-16} \text{ m}$ / ، تكون قوة الترابط النووي (F_{Nu}) مساوية لأربعين ضعفاً من قوة التدافع الكهربائي (F_C) بينهما على هذه المسافة، فيما لو كانا بروتونين [1] ونعبر عن ذلك رياضياً بالعلاقة :

$$d = 5 \times 10^{-16} \text{ m} \Rightarrow F_{Nu} = 40 F_C \quad (2)$$

أما عندما تكون المسافة بين نوكليونين $d = 20 \times 10^{-16} \text{ m}$ / ، فتكون قوة الترابط النووي F_{Nu} مساوية لقوة التدافع الكهربائي [1]، ونعبر عن ذلك رياضياً كما يلي :

$$d = 20 \times 10^{-16} \text{ m} \Rightarrow F_{Nu} = F_C \quad (3)$$

هذا وتصبح قوة الترابط النووية بين نوكليونين على مسافة $d = 125 \times 10^{-16} \text{ m}$ / مساوية فقط لـ $\frac{1}{10^6}$ من القوة الكهربائية بينهما، [1] أي أن :

$$d = 125 \times 10^{-16} \text{ m} \Rightarrow F_{Nu} = \frac{1}{10^6} F_C \quad (4)$$

ويمكن أن نحول العلاقات (2) ، (3) ، (4) من علاقات بين - قوة الترابط النووي F_{Nu} والقوة الكهربائية F_C إلى علاقة بين طاقة الارتباط النووي (E_{Nu}) بين نوكليونين، والمسافة d بين هذين النوكليونين، وذلك كما يلي :

$$d = 5 \times 10^{-16} \Rightarrow F_{Nu} = 40 F_C = 40 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{d^2} = 3.0695 \times 10^4 \text{ N}$$

$$E_{Nu} = F_{Nu} \cdot d = 3.6956 \times 10^4 \times 5 \times 10^{-16} = 1.8478 \times 10^{-11} \text{ Joul}$$

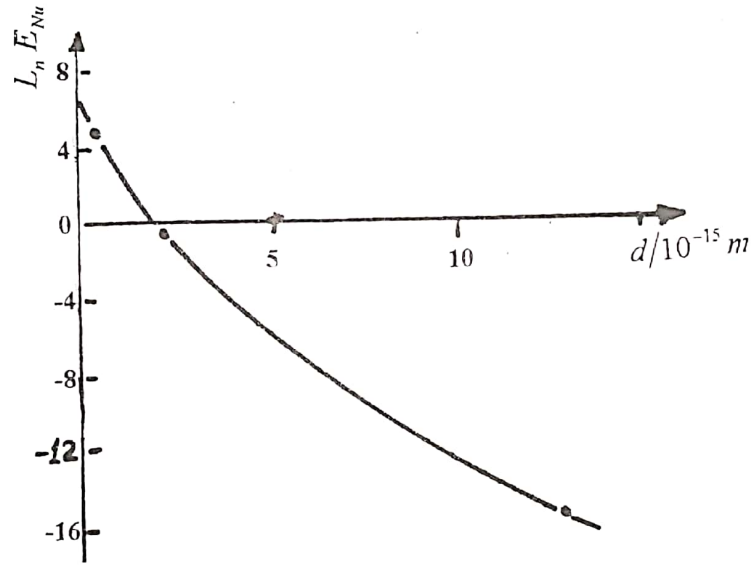
$$\Rightarrow [d = 5 \times 10^{-16} \text{ m} \rightarrow E_{Nu} = 115.344 \text{ Mev}]$$

وبالطريقة نفسها نجد :

$$[d = 20 \times 10^{-16} \text{ m} \rightarrow E_{Nu} = 0.7209 \text{ Mev}]$$

$$[d = 125 \times 10^{-16} \text{ m} \rightarrow E_{Nu} = 0.1153 \times 10^{-6} \text{ Mev}]$$

وبتمثيل (L_n, E_{Nu}) بدلالة (d) ، نحصل على الخط البياني الموضح في الشكل (2) :



الشكل (2) يمثل لغاريتم طاقة الارتباط بين نوكلينين بدلالة البعد بينهما

نواة اليورانيوم ${}_{92}^{2350439}\text{U}$:

طاقة الارتباط الوسطى \bar{E}_b للنوكلين الواحد في نواة اليورانيوم ${}_{92}^{2350439}\text{U}$:
يمكن حساب طاقة الارتباط الوسطى للنوكلين من العلاقة [3] :

$$\bar{E}_b = \left[Z m_p + (A-Z) m_n - \frac{M}{N_A} \right] \frac{C^2}{A} \quad (5)$$

حيث : Z رقم الشحنة (عدد البروتونات) .

A رقم الكتلة (عدد النوكلونات) .

m_n, m_p كتلتا البروتون والنوترون على الترتيب .

M كتلة الذرة بالواحدات الذرية .

N_A عدد أفوكادرو .

C سرعة الضوء .

وهكذا من أجل نواة اليورانيوم $^{235.0439}_{92}U$ يكون لدينا :

$$\overline{E}_b = \left[92(1.67265 \times 10^{-27}) + 143(1.67495 \times 10^{-27}) - \frac{235.0439}{6.02 \times 10^{26}} \right] \frac{(3 \times 10^8)^2}{235}$$

$$\overline{E}_b = 1.13487 \times 10^{-12} \text{ Joule}$$

$$\overline{E}_b = 7.0841 \text{ Mev}$$

حساب حجوم الطبقات الكروية المختلفة لنواة اليورانيوم $^{2350439}_{92}U$:

يمكن باستخدام العلاقة (1) حساب أبعاد الطبقات الكروية المحددة بالنسب المئوية للكثافة في

الشكل (1) كما يلي :

$$R_{100\% \rightarrow 50\%} = 1.18 \times 10^{-15} (A)^{1/3} = 7.2818 \times 10^{-15} \text{ m}$$

وباعتبار سماكة الطبقة الانتقالية (الممتدة من 90% إلى 10%) هي $(2.4 \times 10^{-15} \text{ m})$ فإنه يمكن وبصورة تقريبية، اعتبار السماكة من (90% إلى 50%) هي $(1.2 \times 10^{-15} \text{ m})$ ومن (50% إلى 10%) هي $(1.2 \times 10^{-15} \text{ m})$ ، وذلك بفرض التناقص المنتظم للكثافة في الطبقة الانتقالية. وعليه فإن :

$$R_{100\% \rightarrow 90\%} = R_{100\% \rightarrow 50\%} - 1.2 \times 10^{-15} = 6.0818 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$R_{100\% \rightarrow 10\%} = R_{100\% \rightarrow 50\%} + 1.2 \times 10^{-15} = 8.4818 \times 10^{-15} \text{ m}$$

نرمز للحجم الكلي للقلب بالرمز V_0 ، ونرمز بـ V_1 للحجم الكلي للطبقة الكروية الممتدة من (90% إلى 50%) ، وبالرمز V_2 للطبقة الكروية الممتدة من (50% إلى 10%) (وسنهمل في حساباتنا التالية حجم القشرة V_3 . وذلك لأنها لا تحتوي إلا على جزء صغير حوالي 0,09 نوكلليون فقط) .

وباستخدام قيم $R_{100\% \rightarrow 50\%}$ ، $R_{100\% \rightarrow 90\%}$ ، $R_{100\% \rightarrow 10\%}$ ، فإنه يمكن حساب الحجوم V_0 ، V_1 ، V_2 كما يلي :

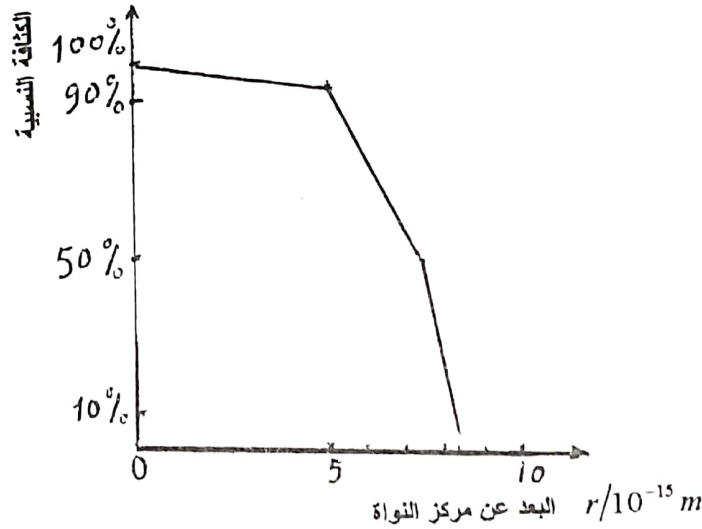
$$V_0 = 9.4229 \times 10^{-43} \text{ m}^3$$

$$V_1 = 6.7506 \times 10^{-43} \text{ m}^3$$

$$V_2 = 9.3860 \times 10^{-43} \text{ m}^3$$

حساب عدد النوكليونات الموجودة في كل من الطبقات الكروية الثلاث لنواة ${}_{92}^{235}\text{U}$:

لا تخضع قوة الارتباط بين نوكليونين لقانون التربيع العكسي للمسافة بينهما، كما هو الحال بالنسبة لقوتي كولون ونيوتن، ولا يوجد بالتالي قانون محدد لطاقة الارتباط بين نوكليونين. وبالمقابل لا تخضع كثافة توزع النوكليونات ضمن النواة لقانون محدد، وكما يوضح الخط البياني في الشكل (3) (الذي يمثل الكثافة النسبية لتابعية البعد عن مركز النواة لنواة اليورانيوم ${}_{92}^{235}\text{U}$)



الشكل (3) يمثل الكثافة النسبية للنوكليونات بتابعية البعد عن مركز النواة من أجل اليورانيوم ${}_{92}^{235}\text{U}$

تتناقص بصورة عامة كثافة النوكليونات بالابتعاد عن مركز النواة، وتختلف سرعة هذا التناقص من طبقة لأخرى من الطبقات الكروية الثلاث، حيث تزداد هذه السرعة بالابتعاد عن مركز النواة. ومن هذا الخط البياني يمكن استقراء القيم التقريبية التالية للكثافات النسبية الوسطى في الطبقات الثلاث، مع اعتبار أن التدرج في الكثافة النسبية ثابت في كل طبقة.

وبالتالي تبلغ قيمة الكثافة النسبية الوسطى في منطقة القلب (95 %) ، وفي الطبقة ① تبلغ (70 %) ، وفي الطبقة ② تبلغ (30 %) . وبفرض عدد نوكليونات القلب x ، وعدد نوكليونات الطبقة ① هو y ، وعدد نوكليونات الطبقة ② هو z ، فإنه يمكننا كتابة العلاقة:

$$x + y + z = 235 \quad (6)$$

لتكن ρ هي النسبة بين الكثافة الحقيقية والكثافة النسبية، أي أن :

$$\left. \begin{aligned} \cdot \text{الكثافة الحقيقية الوسطى في منطقة القلب} &= \rho \times 0.95 \\ \cdot \text{الكثافة الحقيقية الوسطى في الطبقة ①} &= \rho \times 0.7 \\ \cdot \text{الكثافة الحقيقية الوسطى في الطبقة ②} &= \rho \times 0.3 \end{aligned} \right\} (7)$$

لكن عدد النوكليونات في طبقة ما، يساوي الكثافة الحقيقية الوسطى لهذه الطبقة مضروبة بحجم هذه الطبقة، ويمكن بالتالي أن نكتب العلاقات :

$$\left. \begin{aligned} x &= 9.4229 \times 10^{-43} \times 0.95 \times \rho \\ y &= 6.7506 \times 10^{-43} \times 0.7 \times \rho \\ z &= 9.3860 \times 10^{-43} \times 0.3 \times \rho \end{aligned} \right\} (8)$$

وبحل المعادلات (6) ، (7) ، (8) حلاً مشتركاً نحصل على ما يلي :

$$\rho = 1.42484 \times 10^{44}$$

$$\left. \begin{aligned} \cdot \text{نوكليون / m}^3 &= 1.3536 \times 10^{44} \text{ الكثافة الحقيقية الوسطى في منطقة القلب} \\ \cdot \text{نوكليون / m}^3 &= 9.9739 \times 10^{43} \text{ الكثافة الحقيقية الوسطى في الطبقة ①} \\ \cdot \text{نوكليون / m}^3 &= 4.2745 \times 10^{43} \text{ الكثافة الحقيقية الوسطى في الطبقة ②} \end{aligned} \right\} (9)$$

$$x = 127.497 \text{ نوكليون}$$

$$y = 67.303 \text{ نوكليون}$$

$$z = 40.106 \text{ نوكليون}$$

نرمز لحجم الوسطي المتاح للنوكليون في القلب بالرمز \bar{v}_0 ، وفي الطبقة ① بالرمز \bar{v}_1 ، وفي الطبقة ② بالرمز \bar{v}_2 ، ويمكن الحصول على القيم الثلاث هذه بقسمة الحجم الكلي لكل طبقة على عدد نوكليوناتها، لنحصل على القيم التالية :

$$\left. \begin{aligned} \cdot \text{الحجم الوسطي المتاح للنوكليون في القلب} &= 7.3907 \times 10^{-45} \text{ m}^3 \\ \cdot \text{الحجم الوسطي المتاح للنوكليون في الطبقة ①} &= 1.0030 \times 10^{-44} \text{ m}^3 \\ \cdot \text{الحجم الوسطي المتاح للنوكليون في الطبقة ②} &= 2.3403 \times 10^{-44} \text{ m}^3 \end{aligned} \right\} (10)$$

وعلى اعتبار قيمة المعامل ρ تمثل النسبة بين الكثافات الحقيقية والكثافات النسبية لنواة

اليورانيوم ${}_{92}^{235.0439}U$ ، فإنه يمكننا حساب الكثافات الحقيقية التقريبية المقابلة للكثافات النسبية

المحددة (الكثافة الحقيقية التقريبية = الكثافة النسبية $\times \rho$) وعليه فإن :

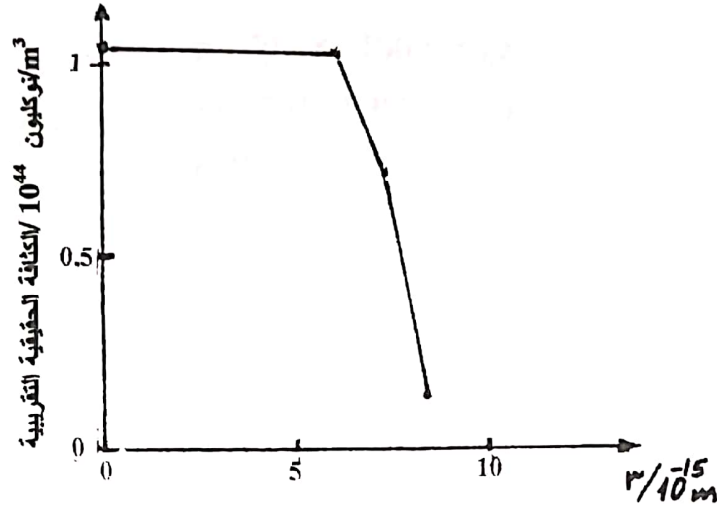
$$\text{نوكليون / m}^3 = 1.42484 \times 10^{44} \text{ الكثافة الحقيقية التقريبية} \rightarrow (100\% \text{ الكثافة النسبية})$$

$$\text{نوكليون / m}^3 = 1.282356 \times 10^{44} \text{ الكثافة الحقيقية التقريبية} \rightarrow (90\% \text{ الكثافة النسبية})$$

$$\text{نوكليون / m}^3 = 7.1242 \times 10^{43} \text{ الكثافة الحقيقية التقريبية} \rightarrow (50\% \text{ الكثافة النسبية})$$

$$\text{نوكليون / m}^3 = 1.42484 \times 10^{43} \text{ الكثافة الحقيقية التقريبية} \rightarrow (10\% \text{ الكثافة النسبية})$$

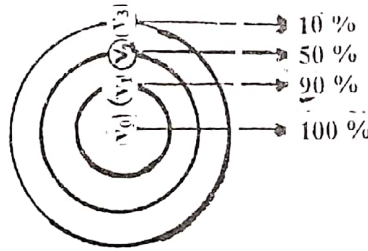
ويمكن تمثيل القيم السابقة بيانياً بتابعة البعد عن مركز النواة كما في الشكل (4).



الشكل (4) يمثل الكثافة الحقيقية التقريبية بتابعة البعد عن مركز النواة من نواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$

حساب الحجوم وطاقات الارتباط للنوكليونات المقابلة للكثافات المئوية المحددة :

بفرض v_0, v_1, v_2, v_3 تمثل الحجوم المتاحة للنوكليونات في مواقع الكثافات النسبية (100 % ، 90 % ، 50 % ، 10 %) على الترتيب كما هو موضح في الشكل (5) .



الشكل (5) يمثل رسماً تخطيطياً للحجوم المتاحة للنوكليونات في مواقع الكثافات النسبية المحددة

وبما أن الكثافة تتناسب عكساً مع الحجم المتاح للنوكليون فإنه يمكن كتابة علاقات التناسب العكسي التالية :

$$1 v_0 = 0.9 v_1 = 0.5 v_2 = 0.1 v_3 \quad (11)$$

وبما أن الحجم الوسطي في القلب للنوكليون الواحد هو \bar{V}_0 فإنه يمكن كتابة العلاقة :

$$v_0 + v_1 = 2 \bar{V}_0 = 2 (7.3907 \times 10^{-45}) \quad (12)$$

وبحل المعادلات (11) مع المعادلة (12) حلاً مشتركاً نجد :

$$\left. \begin{aligned} v_0 &= 7.0017 \times 10^{-45} \text{ m}^3 \\ v_1 &= 7.7797 \times 10^{-45} \text{ m}^3 \\ v_2 &= 1.4003 \times 10^{-44} \text{ m}^3 \\ v_3 &= 7.0017 \times 10^{-44} \text{ m}^3 \end{aligned} \right\} (13)$$

وبفرض أن للحجوم v_3, v_2, v_1, v_0 شكلاً كروياً تقريباً، فإنه يمكن حساب أنصاف أقطارها من قانون حجم الكرة :

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

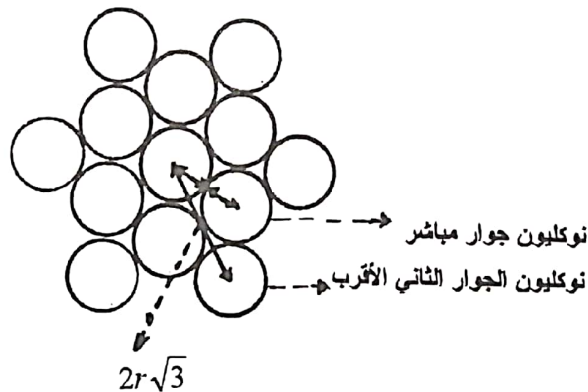
وكما هو واضح من الشكل (4)، فإن المسافة الوسطى بين مركزي نوكلينين متجاورين مباشرة تبلغ $(\delta = 2r)$ ، وأما المسافة الوسطى بين مركز نوكلين ومركز نوكلين الجوار الثاني الأقرب له فتبلغ $(\delta^* = 2r\sqrt{3})$ ، وبناءً عليه نحصل على القيم الوسطى للمسافات بين النوكلينوات في مواقع الكثافات المئوية المحددة كما يلي :

$$100 \% \rightarrow \delta_0 = 2r_0 = 2.3736 \times 10^{-15} \text{ m} \rightarrow \delta_0^* = 2r_0\sqrt{3} = 4.1112 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$90 \% \rightarrow \delta_1 = 2r_1 = 2.4584 \times 10^{-15} \text{ m} \rightarrow \delta_1^* = 2r_1\sqrt{3} = 4.2581 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$50 \% \rightarrow \delta_2 = 2r_2 = 2.9905 \times 10^{-15} \text{ m} \rightarrow \delta_2^* = 2r_2\sqrt{3} = 5.1798 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$10 \% \rightarrow \delta_3 = 2r_3 = 7.3842 \times 10^{-15} \text{ m} \rightarrow \delta_3^* = 2r_3\sqrt{3} = 12.7898 \times 10^{-15} \text{ m}$$



الشكل (6) يمثل رسماً تخطيطياً يوضح المسافة بين نوكلين ما والنوكلينوات المحيطة به

وبتحميل قيم δ, δ^* السابقة على الخط البياني في الشكل (2)، فإنه يمكن الحصول على قيم طاقات الارتباط للنوكلينوات الموجودة في مواقع الكثافات النسبية المحددة، مع كل نوكلين من نوكلينوات الجوار المباشر الأول، ونوكلينوات الجوار الثاني الأقرب. وإذا رمزنا لطاقة

الارتباط بين نوكلينين متجاورين مباشرة بالرمز E_b ، ولطاقة الارتباط مع نوكلينون الجوار الثاني الأقرب بالرمز E_b^* ، فإن قيمها هي التالية :

$$100 \% \rightarrow E_{b0} = 0.2725 \text{ Mev} \quad \rightarrow E_{b0}^* = 8.2297 \times 10^{-3} \text{ Mev}$$

$$90 \% \rightarrow E_{b1} = 0.2231 \text{ Mev} \quad \rightarrow E_{b1}^* = 6.0968 \times 10^{-3} \text{ Mev}$$

$$50 \% \rightarrow E_{b2} = 7.4247 \text{ Mev} \quad \rightarrow E_{b2}^* = 1.9363 \times 10^{-3} \text{ Mev}$$

$$10 \% \rightarrow E_{b3} = 1.836 \times 10^{-3} \text{ Mev} \quad \rightarrow E_{b3}^* = 9.2136 \times 10^{-8} \text{ Mev}$$

أما طاقة الارتباط بين نوكلينون ونوكلينون أبعد من نوكلينونات الجوار الثاني الأقرب، فهي مهملة، بسبب صغرها .

إن عدد نوكلينونات الجوار المباشر يساوي عدد نوكلينونات الجوار الثاني الأقرب، ويمكن التحقق من ذلك من خلال التصور الفراغي للتوزيع الهندسي للنوكلينونات في الشكل (4). وبما أن عدد نوكلينونات الجوار المباشر والثاني الأقرب في موقع ما يتناسب فقط مع الكثافة في ذلك الموقع، فإذا رمزنا لطاقة الارتباط الكلية لنوكلينون في موقع كثافة نسبية ما بالرمز E_b^T (حيث يقصد بطاقة الارتباط الكلية هنا مجموع طاقات ارتباطه مع نوكلينونات الجوار المباشر والثاني الأقرب)، وأيضاً بملاحظة أن طاقة الارتباط الكلية E_b^T لنوكلينون في موقع ما تتناسب طردياً مع طاقتي ارتباطه E_b ، E_b^* ومع عدد نوكلينونات الجوار الأول والثاني الأقرب في ذلك الموقع، وبفرض μ هي النسبة بين الكثافة النسبية وعدد نوكلينونات الجوار الأول والثاني في موقع الكثافة النسبية $x\%$ ، فإنه يمكن كتابة العلاقة :

$$E_{bi}^T = \mu (x\%) (E_{bi} + E_{bi}^*) \quad (14)$$

وبالتعويض عن القيم E_{bi} ، E_{bi}^* في مواقع الكثافات النسبية الأربعة المحددة، نحصل على العلاقات :

$$\left. \begin{aligned} E_{b0}^T &= \mu(100\%) (0.281) \\ E_{b1}^T &= \mu(90\%) (0.229) \\ E_{b2}^T &= \mu(50\%) (0.0761) \\ E_{b3}^T &= \mu(10\%) (1.8364 \times 10^{-3}) \end{aligned} \right\} (15)$$

وبما أن طاقة الارتباط الوسطى للنوكلينون الواحد في نواة ${}_{92}^{235.0439}U$ ، كما ورد في

سياق هذا العمل، هي : $\bar{E}_b = 7.0841 \text{ Mev}$ ، فإنه يمكن كتابة العلاقة :

$$\bar{E}_b = \frac{E_{b0}^T + E_{b1}^T + E_{b2}^T + E_{b3}^T}{4} = 7.0841 \text{ Mev} \quad (16)$$

ويحل المعادلات (15) مع المعادلة (16) حلاً مشتركاً نحصل على القيم التالية :

$$E_{b0}^T = 15.1571 \text{ Mev}$$

$$E_{b1}^T = 11.1170 \text{ Mev}$$

$$E_{b2}^T = 2.0520 \text{ Mev}$$

$$E_{b3}^T = 9.9055 \times 10^{-3} \text{ Mev}$$

نرمز لعدد نوكلونات الجوار المباشر والمساوي لعدد نوكلونات الجوار الثاني الأقرب، في موقع الكثافة (100 %) بالرمز n_0 وفي موقع الكثافة (90 %) بالرمز n_1 ، وفي موقع الكثافة (50 %) بالرمز n_2 ، وفي موقع الكثافة (10 %) بالرمز n_3 وعليه يمكن الحصول على هذه القيم من العلاقة :

$$n_i = \frac{E_{bi}^T}{E_{bi} + E_{bi}^*} \quad (17)$$

وباستخدام هذه العلاقة نحصل على ما يلي :

$$100\% \rightarrow n_0 = \frac{15.1571}{0.2725 + 8.229 \times 10^{-3}} = 53,9399 \text{ نوكليون}$$

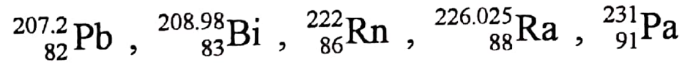
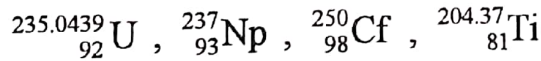
$$90\% \rightarrow n_1 = \frac{11.117}{0.2231 + 6.0968 \times 10^{-3}} = 48,549 \text{ نوكليون}$$

$$50\% \rightarrow n_2 = \frac{2.0520}{7.4247 \times 10^{-2} + 1.8363 \times 10^{-3}} = 26,960 \text{ نوكليون}$$

$$10\% \rightarrow n_3 = \frac{9.9055 \times 10^{-3}}{1.8363 \times 10^{-3} + 9.2136 \times 10^{-8}} = 5,394 \text{ نوكليون}$$

وبإجراء الحسابات السابقة على معظم نوى العناصر فوق الثقيلة (التي رقم

كتلتها A أكبر من 200) ومنها :



نحصل على قيم مشابهة لتلك التي حصلنا عليها من أجل نواة ${}_{92}^{235.0439}\text{U}$ ونلخص أهم النتائج

في الجدول التالي :

جدول يبين القيم المحسوبة للنوى فوق الثقيلة

النواة	$^{250}_{98}\text{Cf}$	$^{237}_{93}\text{Np}$	$^{235(0), 39}_{92}\text{U}$	$^{231}_{91}\text{Pa}$	$^{226(0), 25}_{88}\text{Ra}$	$^{222}_{86}\text{Rn}$	$^{208(0), 98}_{83}\text{Bi}$	$^{207(2), 82}_{82}\text{Pb}$	$^{204(3), 71}_{81}\text{Tl}$
طاقة الارتباط E_b	7.2578 Mev	7.25725	7.0341	7.2553	7.1579	7.2637	7.34045	6.3508	5.5586
الوسطى لكامل النواة									
$100\% \leftarrow E_{b0}^T$	15.531 Mev	15.5305	15.571	15.4018	15.2952	15.4198	16.3379	14.1796	11.695
n_0	55.2718 نوكلتون	55.26864	53.571	60.3397	54.4313	60.41	55.4333	48.1105	45.7378
$90\% \leftarrow E_{b1}^T$	11.386 Mev	11.3853	11.117	11.3588	11.2591	11.3291	10.8162	9.3873	8.7558
n_1	49.744 نوكلتون	49.7418	48.549	54.306	48.995	54.3691	49.8902	43.2994	41.164
$50\% \leftarrow E_{b2}^T$	2.1031 Mev	2.103	2.052	2.2928	2.0673	2.2954	2.1054	1.8273	1.775
n_2	27.636 نوكلتون	27.6343	26.96	30.1698	27.2156	30.205	27.7174	24.0558	22.869
$10\% \leftarrow E_{b3}^T$	0.0106 Mev	0.0102	9.905×10^{-3}	0.0106	0.0100	0.0106	0.0102	8.88×10^{-3}	9.166×10^{-3}
n_3	5.5272 نوكلتون	5.5268	5.94	6.0339	5.4174	6.04101	5.5242	4.811	4.5738
الكثافة الوسطى قو. لاف (نوكلتون / m^3)	1.3567×10^{44}	1.354×10^{44}	1.3535×10^{44}	1.3527×10^{44}	1.3514×10^{44}	1.3507×10^{44}	1.3475×10^{44}	1.3469×10^{44}	1.3715×10^{44}
الكثافة الوسطى في لاف (نوكلتون / m^3)	9.9968×10^{43}	9.9772×10^{43}	9.973×10^{43}	9.9675×10^{43}	9.9580×10^{43}	9.9523×10^{43}	9.9286×10^{43}	9.9247×10^{43}	1.0106×10^{44}
الكثافة الوسطى في لاف (نوكلتون / m^3)	4.2843×10^{43}	4.2759×10^{43}	4.2745×10^{43}	4.2718×10^{43}	4.2677×10^{43}	4.2653×10^{43}	4.2551×10^{43}	4.253×10^{43}	4.331×10^{43}
الكثافة الوسطى في لاف (نوكلتون / m^3)	0.2725 Mev	0.2725	0.2725	0.2466	0.2725	0.2466	0.2865	0.2865	0.2466
$100\% \leftarrow E_{b0}$	0.22313 Mev	0.22313	0.2313	0.2019	0.2231	0.2019	0.2102	0.2102	0.206
$90\% \leftarrow E_{b1}$	7.4247×10^{-2} Mev	7.42	7.4247×10^{-2}	7.430×10^{-2}	7.430×10^{-2}	7.430×10^{-2}	7.430×10^{-2}	7.430×10^{-2}	7.430×10^{-2}
$50\% \leftarrow E_{b2}$	1.9213×10^{-3} Mev	1.8363×10^{-3}	1.8363×10^{-3}	1.7467×10^{-3}	1.8363×10^{-3}	1.7464×10^{-3}	1.8363×10^{-3}	1.8363×10^{-3}	1.8922×10^{-3}
$10\% \leftarrow E_{b3}$									

تابع الجدول

النواة	$^{250}_{98}\text{Cf}$	$^{237}_{93}\text{Np}$	$^{235,04,39}_{92}\text{U}$	$^{231}_{91}\text{Pa}$	$^{226,025}_{88}\text{Ra}$	$^{222}_{86}\text{Rn}$	$^{208,98}_{93}\text{Bi}$	$^{207,2}_{82}\text{Pb}$	$^{204,37}_{81}\text{Tl}$
$V_0 / \text{m}^3 [\text{m}^3]$	1.0146×10^{-42}	9.5189×10^{-41}	9.4225×10^{-41}	9.231×10^{-41}	8.9932×10^{-43}	8.80107×10^{-43}	8.18415×10^{-43}	8.0898×10^{-43}	6.8015×10^{-43}
$V_1 / \text{m}^3 [\text{m}^3]$	7.0599×10^{-43}	6.7922×10^{-43}	6.7506×10^{-43}	6.6671×10^{-43}	6.5627×10^{-43}	6.4777×10^{-43}	6.1999×10^{-43}	6.1568×10^{-43}	7.2638×10^{-43}
$V_2 / \text{m}^3 [\text{m}^3]$	9.7501×10^{-43}	9.435×10^{-43}	9.386×10^{-43}	9.2874×10^{-43}	9.1641×10^{-43}	9.0635×10^{-43}	8.7342×10^{-43}	8.683×10^{-43}	8.6152×10^{-43}
$100\% \leftarrow v_0 / \text{m}^3 [\text{m}^3]$	6.9828×10^{-45}	6.9966×10^{-45}	7.0017×10^{-45}	7.0036×10^{-45}	7.0101×10^{-45}	7.014×10^{-45}	7.0308×10^{-45}	7.0336×10^{-45}	6.9076×10^{-45}
$90\% \leftarrow v_1 / \text{m}^3 [\text{m}^3]$	7.7587×10^{-45}	7.774×10^{-45}	7.7797×10^{-45}	7.7817×10^{-45}	7.7889×10^{-45}	7.7934×10^{-45}	7.812×10^{-45}	7.8151×10^{-45}	7.6751×10^{-45}
$50\% \leftarrow v_2 / \text{m}^3 [\text{m}^3]$	1.3966×10^{-44}	1.3993×10^{-44}	1.4003×10^{-44}	1.4007×10^{-44}	1.402×10^{-44}	1.4028×10^{-44}	1.4062×10^{-44}	1.4067×10^{-44}	1.3815×10^{-44}
$10\% \leftarrow v_3 / \text{m}^3 [\text{m}^3]$	6.9828×10^{-44}	6.9966×10^{-44}	6.0017×10^{-44}	6.0036×10^{-44}	6.0101×10^{-44}	6.0141×10^{-44}	6.0308×10^{-44}	6.0336×10^{-44}	6.9076×10^{-44}
X / نوكلون	137.6508	128.8902	127.497	124.8713	121.5385	118.8736	110.2781	108.9637	93.2819
Y / نوكلون	70.5762	67.7665	67.103	66.4546	65.3516	64.4679	61.5566	61.1038	73.4058
Z / نوكلون	417730	40.3433	40.06	39.6746	39.1099	38.6586	37.1653	36.9326	37.3123

مناقشة النتائج الحسابية للعمل :

لا تحتوي النوى فوق الثقيلة ($A > 200$) ، كما يتضح من الجدول (1)، على كثافات نوكلونية متماثلة، وإنما تختلف من نواة لأخرى ، كما أنّ الكثافة النوكلونية ليست ثابتة ضمن النواة الواحدة ، وإنما تكون عظمى في مركز النواة، وتتناقص بالابتعاد عنه، وإن سرعة هذا التناقص ليست ثابتة في الطبقات المختلفة ، حيث يمكن كما يوضح الشكل (1) تمييز أربع مناطق مختلفة في النواة هي: القلب ، والطبقة ①، والطبقة ② ، والطبقة ③ تفصل بينها الكثافات النسبية (90 % ، 50 % ، 10 %) على الترتيب وذلك على اعتبار الكثافة العظمى في مركز النواة (100 %) ، هذا ونلاحظ من نفس الجدول اختلاف حجوم هذه المناطق (التي رمز لها بالرموز v_1 ، v_2 ، v_3 ، v_4) فيما بينها ضمن النواة الواحدة وأيضاً اختلاف حجوم الطبقات المتماثلة من نواة لأخرى، كما تختلف أيضاً أعداد النوكلونات التي تحويها الطبقات المتماثلة للنوى المختلفة ، ونلاحظ أيضاً اختلاف الحجوم المتاحة للنوكلونات المفردة المقابلة لكثافات نسبية متماثلة عند الانتقال من نواة لأخرى.

وبالتمثيل البياني لطاقات الارتباط الكلية E_{b0}^T ، E_{b1}^T ، E_{b2}^T ، E_{b3}^T للنوكلونات المفردة، في مواقع الكثافات النسبية (100 % ، 90 % ، 50 % ، 10 %) على الترتيب، بدلالة رقم الكتلة A ، مقارنة مع بطاقة الارتباط الوسطى \bar{E}_b ، بالنسبة لجميع النوى المعتبرة في هذا العمل فإننا نحصل على الخطين البيانيين الواردين في الشكلين (7) ، (8) .

ونلاحظ بوضوح من هذين الخطين البيانيين، أنّ طاقات الارتباط الكلية للنوكلونات المفردة للنوى ($A > 222$) تكون ثابتة تقريباً في مواقع الكثافات النسبية المتماثلة ، وبالمقابل تتناقص طاقات الارتباط هذه بتناقص رقم الكتلة من أجل النوى ($210 < A < 204$)، وتكون سرعة هذا التناقص أكبر بالاقتراب من مراكز النوى (الأمر الذي يمكن استنتاجه من زيادة ميل الخط البياني بالاقتراب من مراكز النوى) . هذا، ولا توجد نوى في الطبيعة ذات أرقام كتلة محصورة بين القيمتين (210 - 222) .

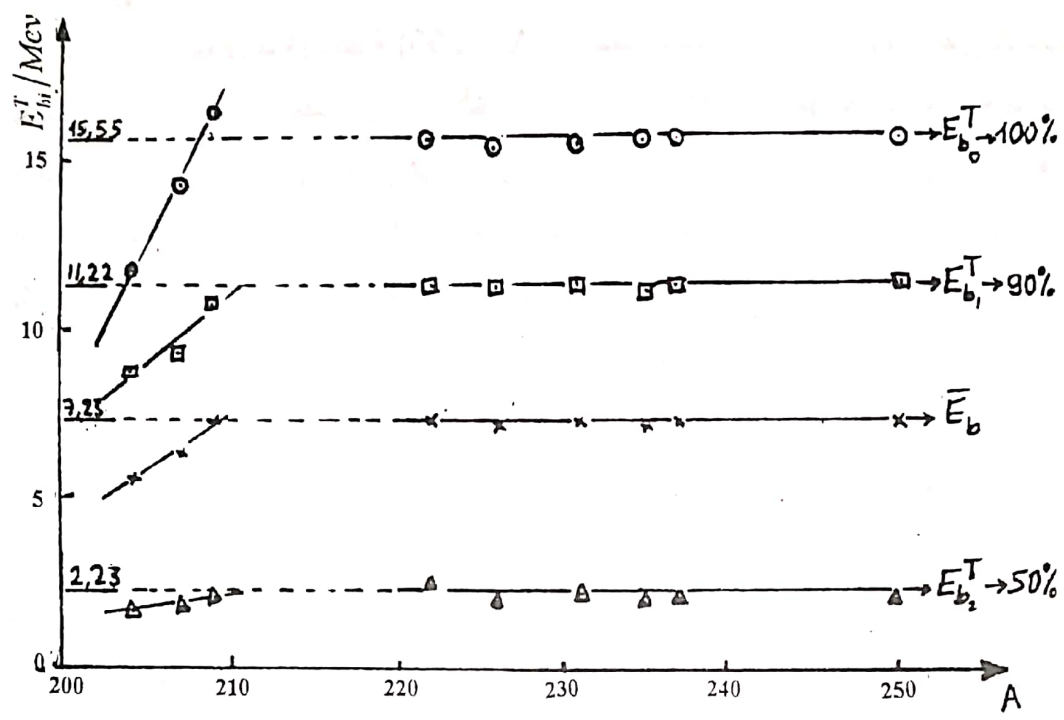
ويمكن من الخطين البيانيين في الشكلين (7) ، (8)، تحديد طاقات الارتباط الكلية المقابلة للكثافات النسبية المئوية المحددة للنوكلونات المفردة من أجل النوى ($A > 222$) ، كما يلي :

$$100 \% \rightarrow \bar{E}_{b0}^T = 15.55 \text{ Mev}$$

$$90 \% \rightarrow \bar{E}_{b1}^T = 11.22 \text{ Mev}$$

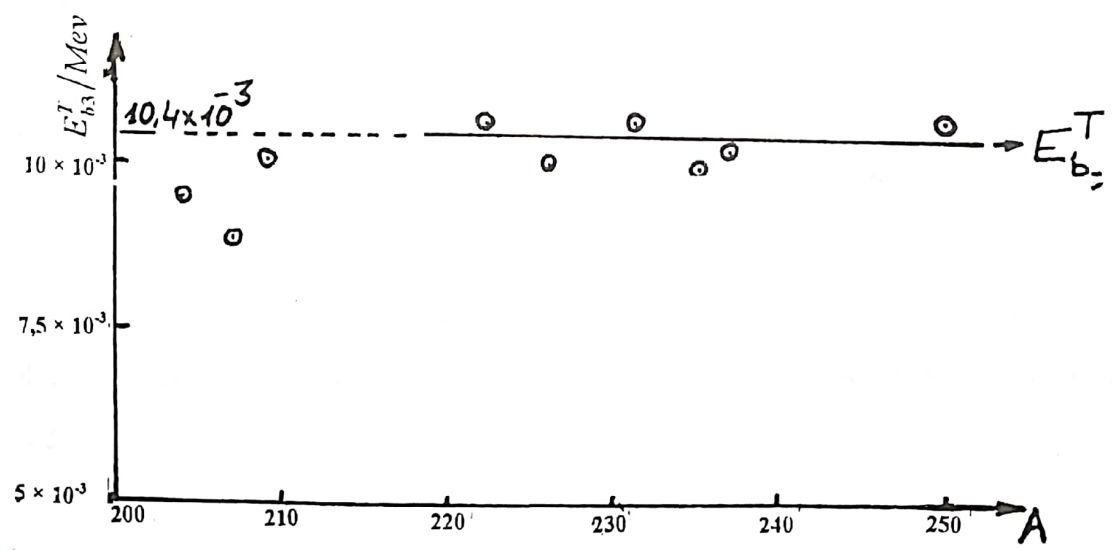
$$50 \% \rightarrow \bar{E}_{b2}^T = 2.23 \text{ Mev}$$

$$10 \% \rightarrow \bar{E}_{b3}^T = 0.0104 \text{ Mev}$$



(7) الشكل

الخط البياني لطاقات الارتباط الكلية للنوكليونات المفردة المقابلة للكثافات النسبية المحددة بتابعة رقم الكتلة .



(8) الشكل

الخط البياني لطاقات الارتباط الكلية للنوكليونات المفردة المقابلة للكثافة النسبية (10%) بتابعة رقم الكتلة .

كما يمكن أيضاً من الخط البياني في الشكل (7)، تحديد طاقة الارتباط الوسطى للنوكليونات المفردة على كامل النواة من أجل النوى ($A > 222$) حيث تأخذ القيمة

$$\overline{E_b} = 7.23 \text{ Mev}$$

بمقارنة قيم طاقة الارتباط الثنائية (E_{b0} ، E_{b1} ، E_{b2} ، E_{b3}) للنوكليونات المتواجدة في مواقع موافقة لكثافات نسبية متماثلة لجميع النوى المدروسة، نلاحظ أنها تأخذ قيمة ثابتة تقريباً من أجل جميع النوى، وهكذا يمكن أن نعزو الاختلاف في طاقات الارتباط الوسطى لكامل النواة والكلية للنوكليونات المفردة، إلى الاختلاف في بعد مواقع الكثافات النسبية المتماثلة من نواة لأخرى، عن مراكز هذه النوى .

أهم نتائج العمل :

- 1- لقد تم في هذا العمل تطوير طرائق جديدة، لحساب أعداد النوكليونات وكثافتها، وطاقات ارتباطها الثنائية والكلية، في طبقات النواة المختلفة .
- 2- من أجل النوى فوق الثقيلة، تختلف كثافات وأعداد نوكليونات الطبقات المتماثلة للنوى المختلفة .
- 3- من أجل النوى فوق الثقيلة، تتناقص الكثافة النوكليونية بسرعة متزايدة بالابتعاد عن مراكز النوى .
- 4- تتساوى تقريباً قيم طاقات الارتباط الثنائية للنوكليونات المقابلة لكثافات نسبية متماثلة ، في النوى فوق الثقيلة ، بحيث يمكن اعتبار الاختلاف في طاقات الارتباط الكلية (لنوكليونات المفردة المتواجدة في مواقع الكثافات النسبية المتماثلة باختلاف النوى) عائداً إلى الاختلاف، في بعد هذه المواقع عن مراكز هذه النوى المختلفة .
- 5- من أجل النوى ($A \geq 222$)، تكون طاقات الارتباط الكلية للنوكليونات المفردة المتواجدة في مناطق كثافات نسبية متماثلة ثابتة تقريباً .
- 6- من أجل النوى ($204 \leq A \leq 210$)، تتناقص قيم طاقات الارتباط الكلية للنوكليونات المفردة (المتواجدة في مناطق الكثافات النسبية المتماثلة للنوى المختلفة) بتناقص رقم الكتلة، وتكون سرعة هذا التناقص أكبر بالاقتراب من مراكز النوى .

REFERENCES

المراجع

- [1] ك . جلاذكوف . طاقة الذرة - دار مير للطباعة والنشر - مترجم الطبعة الأولى عام 1980 .
- [2] جوردن م . بارون . الكيمياء الفيزيائية - مترجم (ترجمة د . أحمد محمد عزام) الطبعة الأولى 1988 .
- [3] E. Grimsehl , Lehrbuch der Physik Band 4 Struktur der Materie . 1988 .
- [4] E. Kukk, A. Wills and B. Langer, Angle-resolved two dimensional mapping of electron emission *Phy. Rev. Vol. 57* No. 3 (1998).
- [5] J. S. Alkhalili, I. J. Thompson and J. A. Tostevin, Evaluation of eikonal for ^{11}Li -nucleus elastic scattering *331 Nuclear Phy. A. Vol. A 581* No. 2 (1995).
- [6] J. Vinals. W. W. Mullirs, Self similarity and coarsening of three dimensional particles on a one or two dimensional matrix. *Journal of Applied Phy.* 621 Vol. 83 No. 2 (1998).
- [7] S. I. Koh, Dynamics of the nucleon and the Alpha correlation in the valence shell. *Nuclear Phy. A 611* 139 (1996).
- [8] G. Q. Li, C. M. Ko and Ge Brown, Dilpton production in Proton-nucleus and nucleus-nucleus collision at SPS energies 539 *Nuclear Phy. Vol. A 611* No. 2 (1996).
- [9] K. H. Rishke, Hydrodynamics and collective behavior in relativistic nuclear collision 88C *Nuclear Phy. Vol. A 610* No. 2 (1996).
- [10] K. Suzuk, R. Okamoto and H. Kumaga, Many-body theory in terms of effective interaction and its relation 173 *Nuclear Phy. Vol. A 580* No. 1 (1994).