Determination of N for Heaviest and Lightest Isotopes of Each $Z \geq 92$ Elements for Producing

Dr. Mufid Abbas[*]
Dr. Mohamd Fahood[**]
Dr. Bahjat Ibrahim[***]
Hisham Saker[****]

(Received 8 / 6 / 2022. Accepted 22 / 11 /2022)

□ ABSTRACT □

In this research, we try to find N_{min}, N_{max} opposite of the lightest isotop and the heaviest isotope in order which can be produced for each element, i.e for each value of Z.

The research was limited to study the elements $Z \geq 92$ because of its specifi feature distinguished it from others, that is , it is sub missed to simple laws such as linear relations for each of $\overline{BE_n}$, Q_P , Q_n , with N in each element.

Keywords :Artificial Nucleus– Nucleon – Neutron skin – Shedding Energy of nucleon

[*]**Professor, Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria. mufidmohamadmonirabbas@tishreen.edu.sy**

[**]**Professor, Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria. Mohamed.Fahoud@tishreen.edu.sy**

[***]**Professor, Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

[****]**Postgraduate Student (Ph.D.), Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria. HishamGSaker @tishreen.edu.sy**

تحديد N الأثقل نظير والأخف نظير يمكن انتاجهما لكل من العناصر $Z \geq 92$

د. مفيد عباس*

د. محمد فاهود**

د. بهجت ابراهيم***

هشام صقر****

(تاريخ الإيداع 8 / 6 / 2022. قُبِل للنشر في 22 / 11 /2022)

□ ملخّص □

جرى في هذا العمل محاولة لإيجاد N_{min} ، N_{max} المقابلة للنظير الأخف والنظير الأثقل، على الترتيب ، اللذين يمكن إنتاجهما لكل عنصر، أي من أجل كل قيمة لـ z واقتصر العمل على دراسة العناصر $Z \geq 92$ لأن لها خصوصية معينة تميزها عن غيرها، وهي خضوعها لقوانين بسيطة مثل العلاقات الخطية لكل من $Q_n, Q_P, \overline{BE_n}$ مع N ضمن كل عنصر.

الكلمات المفتاحية: نواة صنعية – نوكليون – طبقة نيوترونية – طاقة اقتلاع النوكليون.

* أستاذ– قسم الفيزياء–كلية العلوم–جامعة تشرين–اللاذقية–سورية. mufidmohamadmonirabbas@tishreen.edu.sy

**أستاذ – قسم الفيزياء– كلية العلوم– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية. Mohamed.Fahoud@tishreen.edu.sy

***استاذ– كلية العلوم– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

****طالب دراسات عليا (دكتوراه) – قسم الفيزياء–كلية العلوم–جامعة تشرين–اللاذقية–سورية.

HishamGSaker@tishreen.edu.sy

مقدمة:

يوجد في الطبيعة حوالي300 نظير طبيعي، العدد الذري الأعلى لها هو Z=92، يوجد بالمقابل اكثر من 5000 نظير صنعي تم انتاجها في المفاعلات والمسرعات او بطرق كيميائية، وقد تجاوز الحد الاعلى لـZ صنعيا القيمة Z=130، هذا ويتزايد عدد النظائر الصنعية التي يتم انتاجها من قبل الانسان يوما بعد يوم ،وذلك مع تطور الاجهزة والطرق التي يتم استخدامها في ذلك، وخاصة زيادة طاقات التسريع في المسرعات، حيث يتم الان انتاج نظائر صنعية للعناصر الموجودة طبيعيا او المنتجة صنعيا بقيم لـ N(عدد النيوترونات)، يتم انقاص حدها الادنى و زيادة حدها الاعلى مع التطور، كما يتم ايضا زيادة العدد الذري Z للعناصر التي يتم انتاجها مع التطور و التقدم في الزمن.

يجب ان تتحقق شروط محددة حتى تكون النواة موجودة طبيعيا او قابلة للإنتاج صنعيا ، ومن هذه الشروط ان تكون طاقة الارتباط لأي من بروتوناتها وكذلك لأي من نيوتروناتها في اي موضع من النواة اكبر من الصفر، وان تكون طاقة اقتلاع النيوترون وكذلك طاقة اقتلاع البروتون اكبر من الصفر، مع الاشارة الى ان الاقتلاع يطال دوما النيوترون الواقع على سطح النواة، والبروتون الاقرب الى سطحها.

تتناقص قيمة الارتباط الوسطى $\overline{BE}$ مع زيادة N بثبات Z (لكل عنصر) وكذلك مع زيادة Z بثبات N (لكل مجموعة من الأيزوتونات).

بعض هذه النوى الصنعية هي نوى لنظائر عناصر عددها الذري $z\leq92$ أي لمعظمها بعض النظائر الطبيعية و بعضها الآخر نوى لنظائر عناصر$z\geq92$ ليس لأي منها نظائر طبيعية و تسمى هذه العناصر بالعناصر فوق اليورانيوم أو العناصر المتحولة من اليورانيوم .(Trans Uranic Elements)

يمكن من أجل قيمة ل z إنتاج عدد كبير من النظائر الصنعية أي إنتاج نوى بقيم مختلفة ل N لكن هناك قيمة دنيا لـN هي N_{min} و قيمة عظمى N_{max} من أجل كل قيمة لـz بحيث لا يمكن إنتاج نظائر صنعية بقيم إلا ب N ضمن المجال $[N_{min}\ ,\ N_{max}]$.

و قد تم في هذا العمل تحديد قيمتي N_{min} , N_{max} من أجل كل قيمة ل z كما تم استنتاج العلاقة التي تربط كل منهما ب z.

أهمية البحث و أهدافه:

تكمن أهمية هذا العمل في أنه يبحث في مسألة على قدر كبير من الأهمية و هي مسالة إنتاج النوى الصنعية و ما تتضمنه هذه النوى من خصائص جديدة لها تطبيقات في كافة المجالات و تنسحب أهمية البحث أيضاً على العلاقات التي تم إيجادها و التي تربط بين بارامترات النوى الصنعية التي تم إنتاجها أو التي يمكن إنتاجها في المستقبل القريب.

أما **أهداف البحث** فهي إيجاد قيم N_{min} , N_{max} الدنيا و العظمى للنظائر الصنعية التي يمكن إنتاجها من أجل كل قيمة لـ $Z \geq 92$ و علاقة كل منهما ب Z.

طرائق البحث ومواده:

تم في هذا البحث استخدام بيانات مرجعية ومعالجة هذه البيانات بطرائق رياضية و بيانية وباستخدام تقنيات الحاسوب (برنامجExcel) في المعالجة والحساب الرياضي وكذلك في الرسم البياني، وفي استنتاج العلاقات الرياضية، من خلال منحنيات طاقة الإرتباط و طاقة الفصل من خلال :

- إيجاد العلاقات التي تحدد القيمة الدنيا والقيمة العليا لـN من أجل كل قيمة لـ Z ، أي من أجل نظائر العنصر.
- بتحديد القيمة الدنيا والقيمة العليا لـ Z من أجل كل مجموعة من الأيزوتونات (بثباتN) .

1- حساب طاقتي الارتباط الوسطيتين وطاقتي الاقتلاع لكل من البروتون والنيوترون:

1-1 حساب طاقة الارتباط الوسطي لكل من البروتون والنيوترون كل على حدى:

تختلف طاقة الارتباط الوسطي $\overline{BE}$ من نواة لأخرى كما تختلف طاقة ارتباط النوكليون من موقع لآخر داخل النواة الواحدة، حيث تتناقص طاقة الارتباط بصورة عامة بالاتجاه من مركز النواة نحو سطحها، وتكون طاقة ارتباط البروتون في النواة، أدنى من طاقة النيوترون الواقع في نفس الموقع، أي على نفس البعد عن مركز النواة، بمقدار الدفع الكهربائي الذي يخضع له البروتون في هذا الموقع[1]

يمكن حساب طاقة الارتباط الوسطي $\overline{BE_P}$ للبروتون ، وطاقة الارتباط الوسطي $\overline{BE_n}$ للنيوترون في نواة كل على حدى بالطريقة المرجعية التالية [2].

تعطى طاقة الارتباط الكلية في نواة النظير الذي كتلته الذرية M، وعدده الذري Z ، وعدد نيوتروناته N بالعلاقة [3]:

$$BE_T = Zm_p\,C^2 + (A-Z)m_nC^2 - M(A+Z)\,C^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث m_p , m_e , m_n هي، على الترتيب، كتل:البروتون، الالكترون، النيوترون، $C=2.997292458\ X\ 10^8 m/sec$ هي سرعة الضوء، هذا عندما تكون الكتل بواحدة الجملة الدولية kg وتكون الطاقة في هذه الحالة بواحدة الجول، لكن الأكثر استخداماً هي أن تؤخذ الكتل بواحدة الكتلة الذرية (u) بشكل مباشر من الجداول الدورية، ويتم عندها استبدال C^2 بـ $931.49\ \frac{MeV}{u}$ فتنتج الطاقة بواحدة الـ Mev وتصبح العلاقة (1) كما يلي:

$$BE_T = [Z(m_p) + N\,(m_n) - M\,]\,931.49\ \ MeV \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

يمكن كتابة طاقة الارتباط الكلية للنواة مساوية ل $Z\,\overline{BE_P}$ (مجموع طاقات الارتباط الوسطى لجميع بروتوناتها) مضافاً له $N\,\overline{BE_n}$ (مجموع طاقات الارتباط الوسطى لجميع نيوتروناتها) أي:

$$BE_T = Z\,\overline{BE_P} + N\,\overline{BE_n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

تعطى القيمة الوسطى للدفع الكهربائي الكولوني $\overline{U_C}$ الذي يخضع له البروتون في نواة ما بالعلاقة [4] التالية:

$$\overline{U_C} = \frac{1}{A}\,\frac{3Q^2}{20\,\pi\,\varepsilon_0 R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

حيث A العدد الكتلي لهذه النواة، $Q = Ze$ شحنتها الكلية، R نصف قطرها

تكون طاقة الارتباط الوسطى $\overline{BE_P}$ للبروتون في نواة أدنى من طاقة الارتباط الوسطى $\overline{BE_n}$ للنيوترون في هذه النواة بمقدار طاقة الدفع الكهربائي $\overline{U_C}$ الذي يخضع له البروتون في هذه النواة ، ويمكن بناء عليه كتابة العلاقة التالية:

$$\overline{BE_n} = \overline{BE_p} + \overline{U_C} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(5)$$

بتبديل $\overline{BE_n}$ بقيمتها من العلاقة (5) في العلاقة (3) ينتج:

$$BE_T = Z\overline{BE_P} + N\,(\overline{BE_P} + \overline{U_C})$$

ويمكن كتابة العلاقة الأخيرة كما يلي:

$$(Z+N)\overline{BE_P} = BE_T - N\overline{E}_C$$

وعلى اعتبار ($Z+N=A$) يمكن الوصول إلى قيمة $\overline{BE_p}$ كما يلي:

$$\overline{BE_p} = \frac{BE_T - N\overline{U}_C}{A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(6)$$

ويمكن بالتالي حساب $\overline{BE_p}$ عن طريق حساب BE_T من العلاقة (1)

و $\overline{U_C}$ من العلاقة (4) كما يمكن حساب $\overline{BE_n}$ باستخدام العلاقة (5)

2-1 حساب طاقتي الاقتلاع للبروتون والنترون كل على حدى:

تعطى كل من Q_n, Q_P طاقتي الاقتلاع لكل من البروتون والنترون على الترتيب، من النواة ${}^A_Z P$ بالعلاقتين (7-8) التاليتين:

$$Q_P = [M({}^A_Z P) - M({}^{A-1}_{Z-1}D) - m_p - m_e]\,931.49 \quad \ldots\ldots\ldots(7)$$

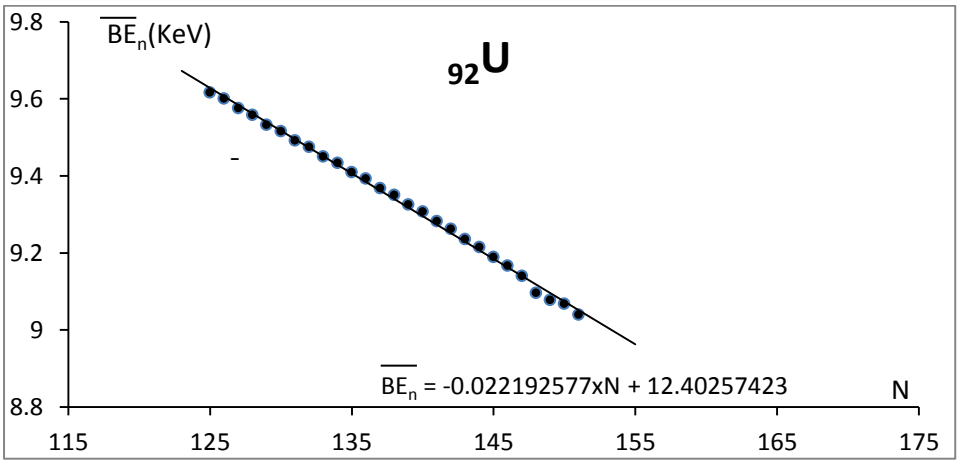
$$Q_n = [M({}^A_Z P) - M({}^{A-1}_{Z}D) - m_n]\,931.49 \quad \ldots\ldots\ldots(8)$$

حيث $M({}^A_Z P)$ كتلة النواة الأصل ${}^A_Z P$ ، $M({}^A_Z D)$ كتلة النواة البنت $({}^{A-1}_{Z-1}D)$ الناتجة بعد اقتلاع بروتون، $M({}^{A-1}_{Z}D)$ كتلة النواة البنت $({}^{A-1}_{Z}D)$ الناتجة بعد اقتلاع نيوترون.

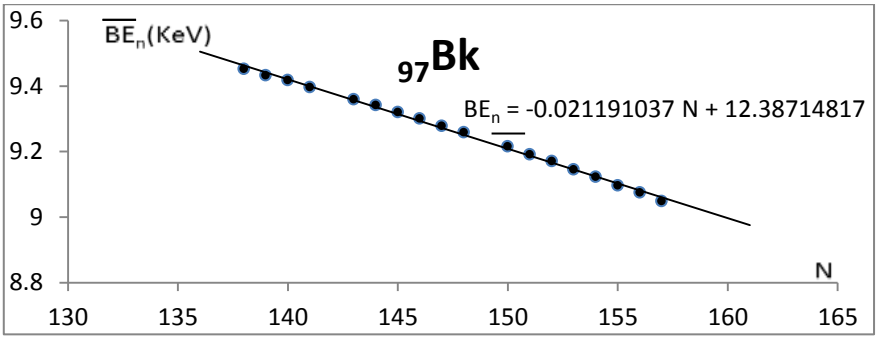
3-1- تحديد قيمتي N لكل من النظير الأثقل والنظير الأخف اللذين يمكن: انتاجهما لكل من العناصر $Z \geq 92$

1-3-1 تحديد N للنظير الأثقل الذي يمكن إنتاجه لكل من العناصر $Z \geq 92$:

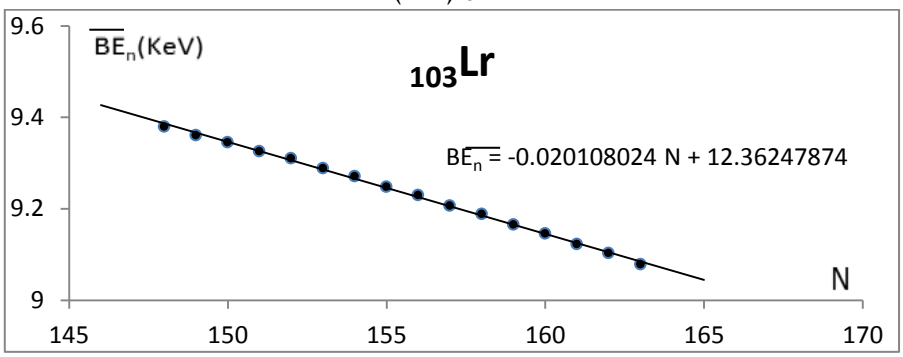
تم باستخدام الطريقة المشروحة في الفقرة (1-1)، حساب $\overline{BE_n}$ لكل من نظائر العناصر $Z \geq 92$ ، وجرى بعدها تمثيلها بيانياً باستخدام برنامج Excel بتابعية N بثبات Z (أي لكل من هذه العناصر)، وتم كذلك باستخدام برنامج Excel أيضاً كتابة المعادلات الموافقة لكل من هذه الخطوط البيانية، وتظهر الخطوط البيانية في الشكل(1) امثلة على ذلك من اجل ثلاثة عناصر هي : $_{92}U$ (اليورانيوم) ، $_{97}Bk$ (البيركيليوم)، $_{103}Lr$ (اللورينسيوم). وتوضح المعادلات المرفقة مع هذه الخطوط البيانية علاقة $\overline{BE_n}$ بـ N لكل من هذه العناصر الثلاث، مع الإشارة إلى أن تمثيل بياني مماثل شمل جميع العناصر $Z \geq 92$ وتم كذلك استنتاج المعادلات $\overline{BE_n}$ بتابعية N لكل من هذه العناصر.



الشكل (1-a)



الشكل (1−b)



الشكل(1−c)الشكل (1)

طاقة الارتباط الوسطى $\overline{BE_n}$ للنترون بتابعيةNعدد النيوترونات لكل من العناصر $_{92}$U ، $_{97}$Bk ، $_{103}$Lr

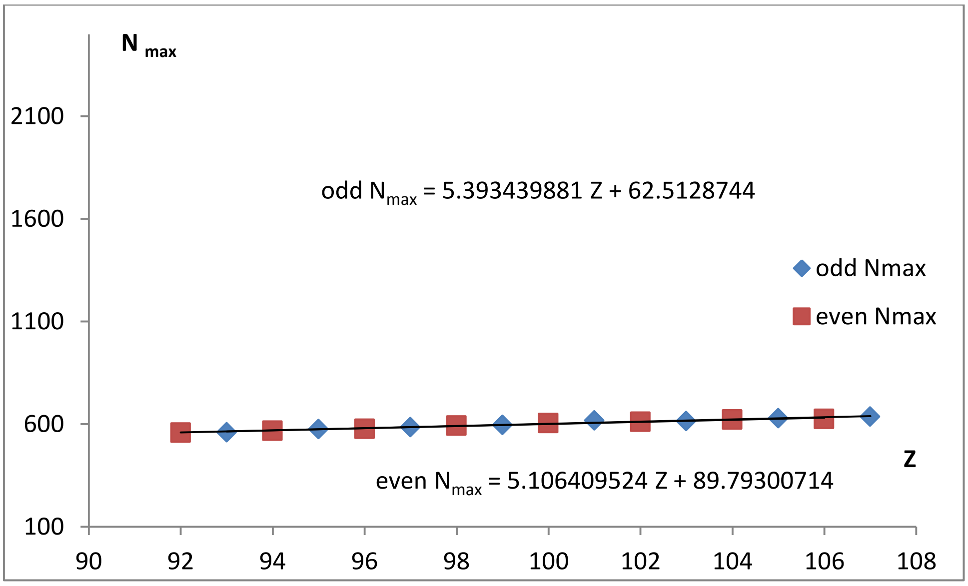
الجدول (1)القيمة العظمى لعدد النترونات التي يمكن لكل عنصر الاحتفاظ بها

العنصر	N_{max}
$_{92}$U	558.693
$_{93}$ Np	560.1161
$_{94}$ pu	567.9174
$_{95}$ Am	576.2790
$_{96}$ Cm	577.3023
$_{97}$ Bk	584.546
$_{98}$ Cf	593.1472
$_{99}$ Es	596.5781
$_{100}$ Fm	605.3431
$_{101}$ Md	617.5757
$_{102}$ No	611.7326
$_{103}$ Lr	614.8032
$_{104}$ Rf	623.2828
$_{105}$ Db	629.0816
$_{106}$ Sg	625.2020
$_{107}$ Bh	635.8762

تظهر الخطوط البيانية في الشكل (1) وكذلك المعادلات المرافقة، ارتباط $\overline{BE_n}$ مع N بعلاقة خطية متناقصة (ميلها سالب) من أجل كل من العناصر $Z \geq 92$. يمكن تحديد القيمة N_{max} لـ N التي من أجلها تصبح $\overline{BE_n} = 0$ بيانياً لكل من العناصر $Z \geq 92$ عن طريق تحديد نقطة تقاطع ممدد الخط البياني $\overline{BE_n}$ بتابعية N مع المحور الأفقي N كما هو موضح في الأشكال (1−a)، (1−b)، (1−c). أو عن طريق إعطاء المعادلة $\overline{BE_n} = f_z(N)$ القيمة صفر وحساب قيمة N الموافقة. أعطت هذه الحسابات، القيم المدرجة في الجدول (1)، ل N_{max} لكل من العناصر $Z \geq 92$.

بناء على ما سبق، تكون $\overline{BE_n} \leq 0$ لكل من هذه العناصر من اجل $N \geq N_{max}$ ، ومن الواضح أنه حتى يكون النظير موجود طبيعياً أو قابل للإنتاج صنعياً يجب أن تكون $\overline{BE_n} > 0$ ويجب أن تكون بالتالي $N_{max} > N$ لكل من نظائر العناصر $Z \geq 92$ حتى يكون النظير موجوداً أو قابل للإنتاج صنعياً، وهذا شرط لازم وغير كافٍ كما ستظهر المناقشة اللاحقة لهذا الأمر في سياق هذا العمل، بحيث يظهر الجدول (1) اختلاف قيم N_{max} من عنصر لآخر، لذلك ومن أجل تعميم الشرط أعلاه فقد تم تمثيل N_{max} بيانياً بتابعية Z من أجل العناصر $Z \geq 92$ باستخدام برنامج Excel أيضاً

ترتبط N_{max} مع Z كما هو موضح في الشكل(2) بعلاقة (خطية) متزايدة، وهذا يعني أنه يمكن للنواة أن تضم عدد أكبر من النيوترونات كلما زاد عدد بروتوناتها.



الشكل (2)

يمثل قيمة N_{max} التي تنعدم عندها $\overline{BE_n}$ لكل من العناصر $Z \geq 92$ بتابعية العدد الذري Z لهذه العناصر

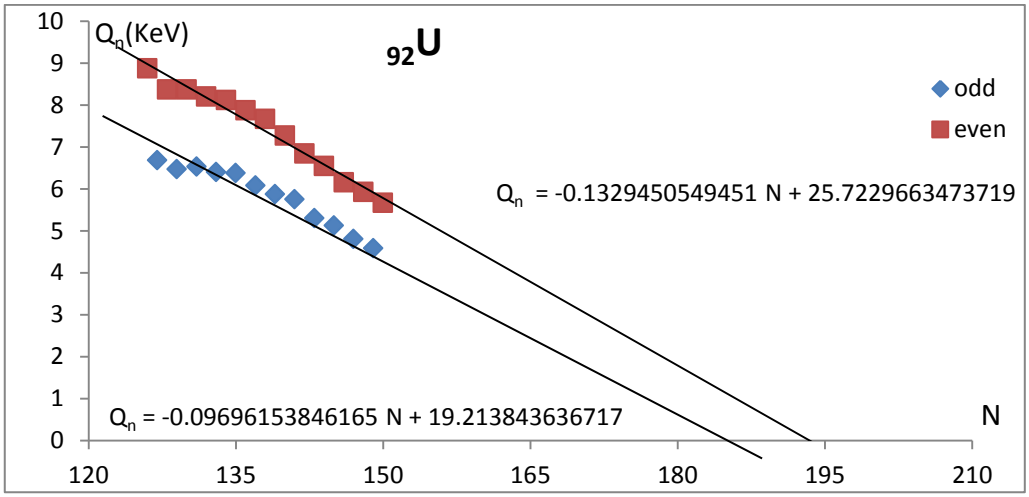
وتتزايد بالتالي N_{max} القيمة العظمى لعدد النيوترونات التي يمكن للنواة أن تمسك بها مع زيادة العدد الذري، ويشترط لتكون النواة موجودة أن يكون عدد نيوتروناتها $N \leq N_{max}$، حيث يعطى N_{max} بتابعية Z بالعلاقة التالية:

$$N \leq N_{max} f(z) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(9)$$

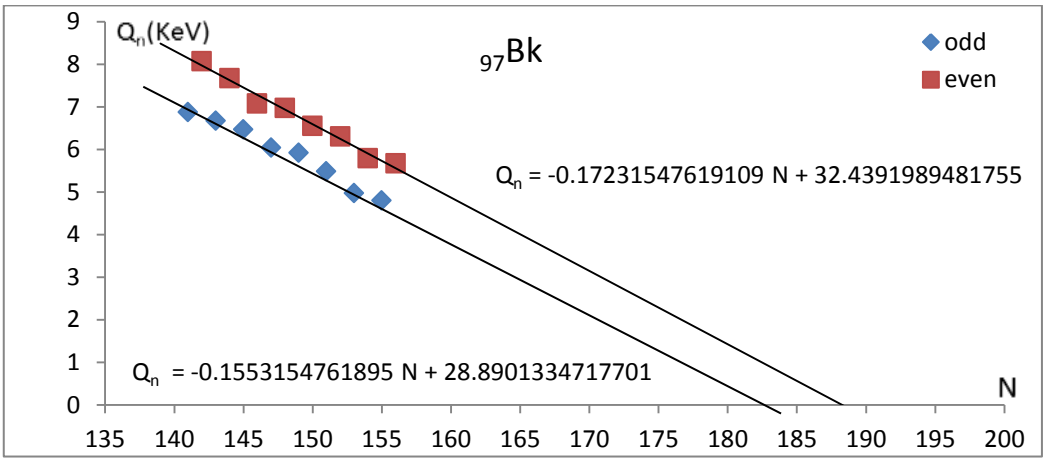
يمكن تحديد قيمة أكثر دقة لـ N_{max} لكل عنصر، عن طريق الأخذ بعين الاعتبار إن BE_{ns} طاقة ارتباط النترون الواقع على السطح تساوي Q_n طاقة اقتلاعه، وأن $\overline{BE_n} > BE_{ns}$ دوماً [6]

لذلك يمكن تحديد القيم الادق لـ N_{max} وقد تم القيام بذلك باستخدام العلاقة (8) وثم بعد ذلك تمثيل Q_n بيانياً بتابعية Nلكل من نظائر هذه العناصر ، أي بثبات Z، وباستخدام برنامج Excel تظهر الخطوط البيانية في الأشكال (a–3)، (b–3) ، (c–3) كأمثلة على ذلك من أجل ثلاثة عناصر هي $_{92}U$ ، $_{97}Bk$ ، $_{103}Lr$

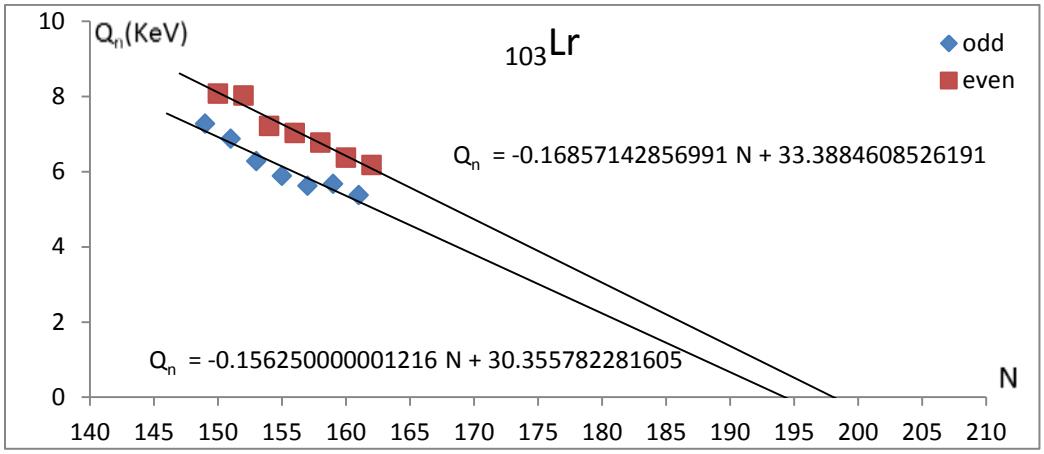
وقد تم إرفاق مع كل من هذه الأشكال المعادلتين المقابلتين والمستنتجتين باستخدام برنامج Excel أيضاً.



الشكل(a –3)



الشكل (b –3)



الشكل(3−c)

الشكل (3)

طاقة اقتلاع النترون Q_n بتابعية N لكل من $_{92}U$ ، $_{97}Bk$ ، $_{103}Lr$

هذا وقد أجريت حسابات ورسوم بيانية مماثلة على جميع العناصر $Z \geq 92$ تظهر المخططات البيانية $Q_n = f_z(N)$ ارتباط Q_n مع N بعلاقتين خطيتين متناقصتين إحداهما من أجل النوى التي تحوي even N (عدد زوجي من النيوترونات) والأخرى من أجل النوى التي تحوي odd N (عدد فردي من النيوترونات) في كل عنصر.

يمكن حساب القيمتين (even N_{max}) ، (odd N_{max}) وهما القيمتين اللتين تبدأ بعدهما Q_n للنوى evenN وللنوى odd N ، على الترتيب بأخذ قيم سالبة والقيم السالبة لـ Q_n تقابل نوى غير موجودة طبيعياً، وغير قابلة للانتاج صنعياً، عن طريق تمديد الخطين البيانين لكل عنصر حتى تتقاطع مع المحور N، وعن طريق إعطاء المعادلات $Q_n = f_z(N)$ القيمة صفر وحساب N المقابلة.

لا يمكن تعليل تأثر Q_n بكون نوع النواة هل هيeven N أم odd N وعدم تأثر $\overline{BE_n}$ بذلك إلا بشكل مهمل كما يلي:

يطال الاقتلاع النيوترون السطحي الذي يقابل السوية الطاقية العليا في النواة والتي تتأثر بنوع النواة حيث تكون هذه السوية ادنى طاقة ارتباط وأعلى طاقة حركية للنيوترون، وبالتالي أدنى طاقة اقتلاع للنيوترون عندما تكون هذه السوية مشبعة بنيوترونين أي عندما تكون النواة من النوع even N مقارنة مع مايقابلها عندما تكون النواة من النوع odd N وبما أن $\overline{BE_n}$ تمثل طاقة ارتباط نيوترون داخلي (بعيد عن السطح) فإن تأثره بحالة السوية الطاقية العليا التي تخص النيوترونات السطحية تكون مهملة.

يمكن الحصول على قيم N التي تنعدم من أجلها Q_n وتنقلب بعدها لتأخذ قيم سالبة عن طريق تمديد الخطوط البيانية $Q_n = f_z(N)$ أو حل المعادلات المرافقة لهذه الخطوط عن طريق وضع $Q_n = 0$ وحساب القيمتين even N_{max} ، odd N_{max} المقابلتين لها للنوى $even\ _N$ والنوى odd $_N$ على الترتيب لكل عنصر وقد تم تحديد even N_{max} ، odd N_{max} بهذه الطريقة لكل من العناصر $Z \geq 92$ وأدرجت هذه القيم في الجدول (2)

الجدول (2)

قيم N التي تنعدم عندها Q_n ضمن كل من العناصر $Z \geq 92$

العنصر	even N_{max}	odd N_{max}
$_{92}$U	194	196
$_{94}$ pu	186	190
$_{96}$ Cm	188	190
$_{98}$ Cf	191	185
$_{100}$ Fm	196	188
$_{102}$ No	198	195
$_{104}$ Rf	200	194
$_{106}$ Sg	202	194

العنصر	even N_{max}	odd N_{max}
$_{93}$ Np	185	183
$_{95}$ Am	184	184
$_{97}$ Bk	188	186
$_{99}$ Es	191	188
$_{101}$ Md	195	190
$_{103}$ Lr	197	194
$_{105}$ Db	199	199
$_{107}$ Bh Bh	204	201

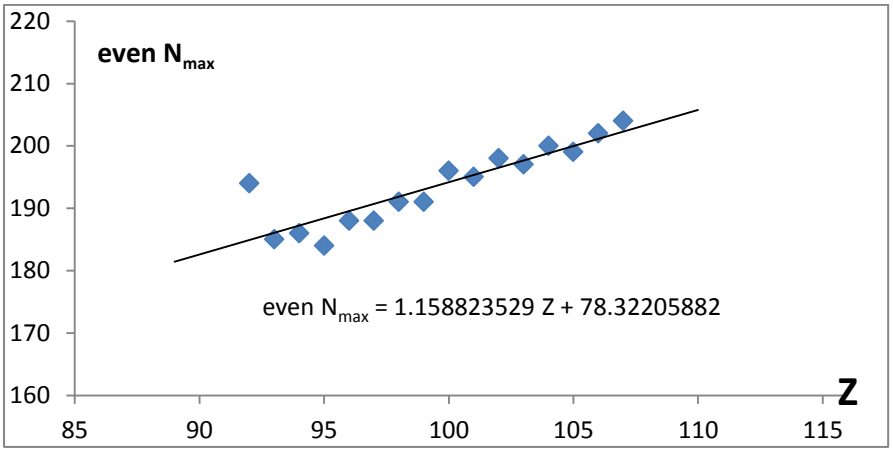
الجدول (3) :قيم N التي تنعدم عندها Q_n ضمن كل من العناصر $92 \leq Z \leq 107$

even N_{max}	odd N_{max}	العنصر
196	189	$_{100}$ Fm
194	191	$_{101}$ Md
198	195	$_{102}$ No
196	195	$_{103}$ Lr
200	197	$_{104}$ Rf
198	197	$_{105}$ Db
202	199	$_{106}$ Sg
204	201	$_{107}$ Bh

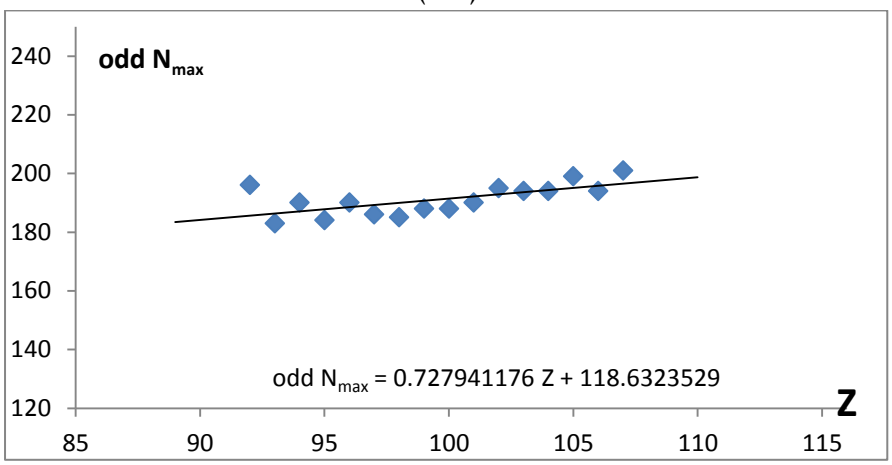
even N_{max}	odd N_{max}	العنصر
194	193	$_{92}$U
184	183	$_{93}$ Np
190	189	$_{94}$ pu
184	183	$_{95}$ Am
188	193	$_{96}$ Cm
188	187	$_{97}$ Bk
192	185	$_{98}$ Cf
190	187	$_{99}$ Es

تظهر مقارنة قيم N_{max} في الجدول (1) مع قيم كل من even N_{max}، odd N_{max} لكل من العناصر $Z \geq 92$ أن القيم N_{max}أكبر من نظيرتها even N_{max}، odd N_{max} لكل من هذه العناصر .

وبناءً عليه فإن القيمتين odd N_{max} ، even N_{max} لكل عنصر والمحددتين من المخططات البيانية أو المعادلات $Q_n = fz(N)$ أكثر واقعية من N_{max} المحددة من المخططات أو المعادلات $\overline{BE_n} = f_z(N)$ لقيم عظمى ل N لكل عنصر .لكن ما أظهره الواقع هو أنه لم ولن يتم التمكن من إنتاج نظائر إلا بقيم ل N أدنى بكثير من القيم even N_{max} بالنسبة *للنوى* even N ، وقيم ل N أدنى من القيمة odd N_{max} بالنسبة للنوى odd N لهذا العنصر. من أجل الحصول على معادلة عامة أو من أجل تعميم الشرط أعلاه ، تم رسم كل من odd N_{max} ، even N_{max} بياناً لكل من العناصر $Z \geq 92$.وتم كذلك إيجاد المعادلة الموافقة ، وكل ذلك باستخدام برنامج *Excel* .ويظهر ذلك الخطين البيانيين في الشكل (4).



(4−a)



(4−b)

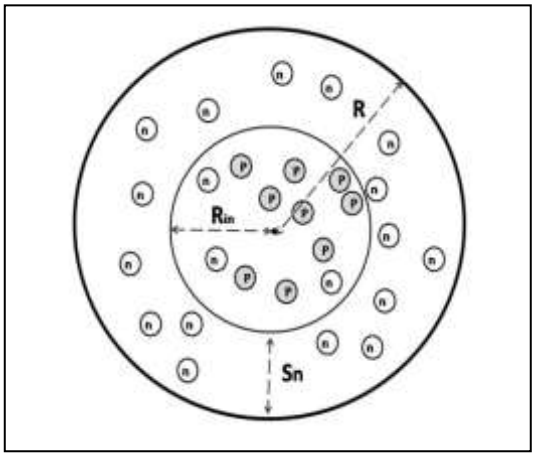
الشكل (4)

قيم $odd\ N_{max}$ ، $even\ N_{max}$ بتابعه Z والمعادلات الموافقة

1−2−3: تحديد N_{min} القيمة الدنيا لعدد النيوترونات لأخف النظائر التي يمكن إنتاجها لكل عنصر

تتألف النوى الثقيلة من لب داخلي يحوي بروتونات ونيوترونات نصف قطره الداخلي R_0 أصغر من R نصف القطر ، ويحيط به غلاف نيوتروني يحوي نيوترونات فقط ، تتعلق سماكته S_n بكل من N , Z للنواة[7].

ويوضح الشكل (5) شكلاً تخطيطاً لنواة ثقيلة [7]، وبما انه عندما يتعلق الإقتلاع بالبروتونات ، فإنه يطال البروتون الأقرب إلى سطح النواة ويطال بالتالي البروتون الواقع على سطح اللب الداخلي للنواة.



الشكل (5)

شكل تخطيطي يبين اللب الداخلي للنواة، والذي نصف قطره R_0 والقشرة النترونية التي سماكتها S_n

يخضع البروتون الواقع على سطح اللب الداخلي للنواة ، لطاقة ارتباط نووي BE_{ps} ولطاقة دفع كهربائي U_c تعطى بالعلاقة التالية :

$$U_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{(Z-1)e^2}{R_0} \quad \text{.....(10)}$$

هذه العلاقة تخص طاقة الدفع الكهربائي للبروتون الواقع على سطح اللب الداخلي للنواة وباعتبار $Q = Ze$ بينما العلاقة4 للنواة بشكل عام

تظهر الحسابات أن BE_{ps} طاقة ارتباط البروتون الواقع على سطح اللب الداخلي ، وتكون دوماً أدنى من طاقة الإرتباط الوسطى $\overline{BE_P}$ للبروتون الواقع تقريباً في منتصف المسافة بين مركز النواة وسطح اللب الداخلي[8].

ويعزى ذلك إلى أن الكثافة النوكليونية على سطح اللب الداخلي أدنى منها في أية نقطة أخرى أقرب إلى مركز النواة . وترتبط طاقة ارتباط النوكليون بعلاقة متزايدة مع الكثافة [9].

تشير الحسابات لكل من $\overline{BE_P}$ وفق الطريقة المشروحة في الفقرة (1−1) من هذا العمل ، وتكون U_C المحسوبة من العلاقة (10) أكبر من $\overline{BE_P}$ المحسوبة بالطريقة المشروحة في الفقرة (1− 1).

وبما أن $\overline{BE_P} > BE_{PS}$ كون $\overline{BE_P}$ تمثل طاقة ارتباط بروتون واقع في منتصف المسافة تقريباً بين مركز النواة وسطح لبها الداخلي، وهذه المنطقة أعلى كثافة نوكليونية من سطح اللب الداخلي الأبعد عن مركز النواة والتي تقابل $\overline{BE_{PS}}$.

وبما أن طاقة الإرتباط ترتبط بعلاقة متزايدة مع الكثافة النوكليونية فإن:

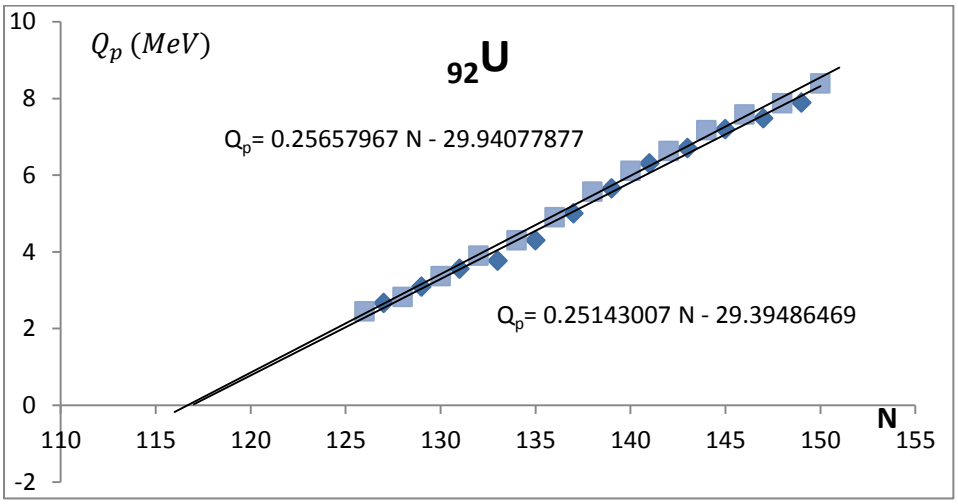
$\overline{BE_P} > BE_{PS}$ وبالتالي $U_C >> BE_{PS}$ ، وستكون Q_P بالتالي سالبة لأي من نوى نظائر العناصر $Z \geq 92$ ، مالم يوجد حد طاقة ثالث يولّد قوة تدفع بالبروتونات الواقعة على سطح اللب الداخلي نحو مركز النواة وهذا الحد الثالث هو في الواقع الطاقة الناتجة عن وجود طبقة النيوترونات المحيطة بالنواة والتي تمسك بالبروتونات الواقعة على سطح اللب الداخلي والقريبة منه والتي تساوي قيمتها الطاقة التي يفقدها البروتون المقتلع عند اجتيازه طبقة النيوترونات المحيطة بالنواة والتي يرمز لسماكتها بالرمز S_n .

سيرمز للطاقة الضائعة ، التي يفقدها البروتون عند اجتيازه طبقة النيوترونات بالرمز E_{lost} ، وتعطى بالتالي طاقة البروتون بتابعية الحدود الثلاثة كما يلي:

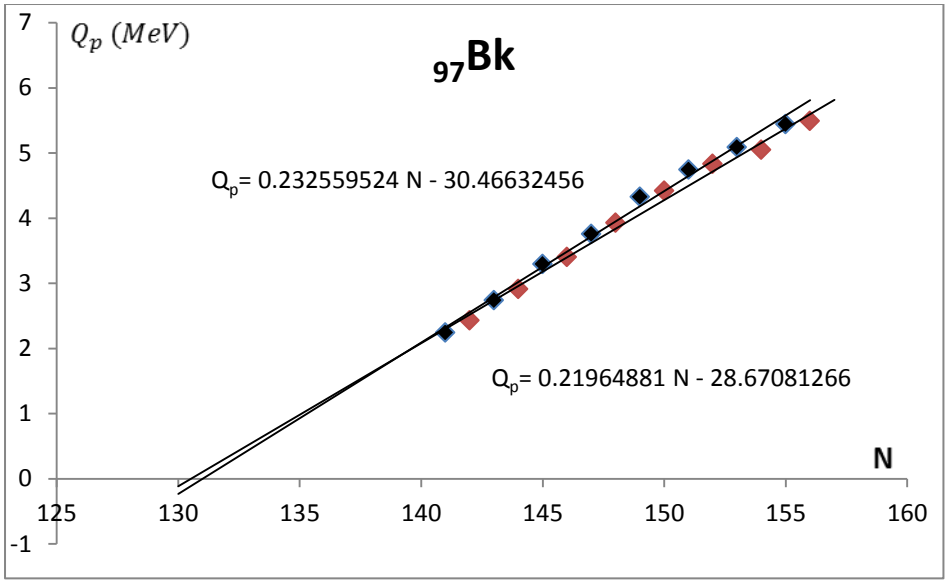
$$Q_{P=} BE_{PS} + E_{lost} - U_c \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(11)$$

ويمكن بالتالي اعتبار $Q_P > 0$ وليس هو الشرط الثاني لوجود النواة طبيعياً أو لإنتاجها صنعياً ويمكن بناء عليه اعتبار ان $Q_P > O$ وليس $BE_{PS} > O$ ، هو الشرط الثاني اللازم وغير الكافي لوجود النواة طبيعياً او لانتاجها صنعياً . ويمكن من هذا الشرط التوصل إلى حساب N_{max} وذلك كما يلي:

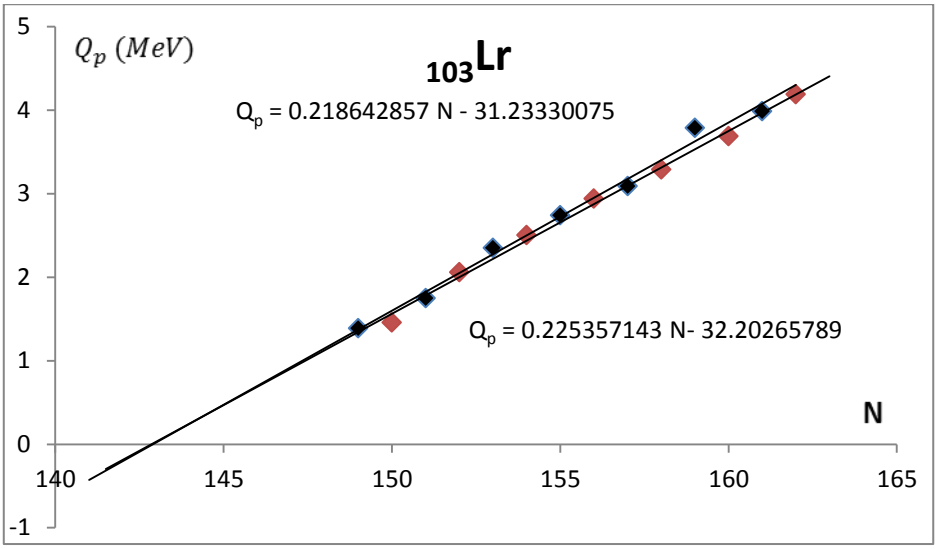
تم في البداية حساب Q_P باستخدام العلاقة (7) لجميع نظائر العناصر $Z \geq 92$ وجرى بعد ذلك تمثيل Q_P بيانياً بتابعية N بثبات Z لكل من نظائر هذه العناصر باستخدام برنامج *Excel* كما تم استنتاج المعادلات $Q_p = fz(N)$ باستخدام البرنامج *Excel* أيضاً . وتظهر الخطوط البيانية في الشكل (6) أمثلة على ذلك من أجل ثلاثة عناصر هي $_{92}U$ ، $_{97}Bk$ ، $_{103}Lr$



(6 –a)



(6–b)



(3-c)

الشكل (6)

طاقة اقتلاع البروتون بتابعية N بثبات Z لكل من العناصر $_{92}$U ، $_{97}$Bk ، $_{103}$Lr

ترتبط Q_P مع N بثبات Z بعلاقة خطية متزايدة ، كما تظهر الخطوط البيانية ويكون الفرق بين الخط البياني للنوى even N والخط البياني المقابل للنوى N مهمل ضمن كل عنصر.

تتقاطع الخطوط البيانية مع المحور الأفقي N في نقطة تختلف من عنصر لآخر ، وتمثل هذه النقطة قيمة N_{min} التي تنعدم من أجل Q_P ، وتأخذ Q_P بالتالي قيم سالبة من أجل $N < N_{min}$، ويمكن الحصول على N_{min} عن طريق إعطاء المعادلات $Q_p = fz(N)$ القيمة 0 وإيجاد قيمة N_{min} المقابلة لذلك لكل من هذه العناصر ، ويتضمن الجدول (3) قيم N_{min} التي تم حسابها بهذه الطريقة لكل من العناصر $Z \geq 92$

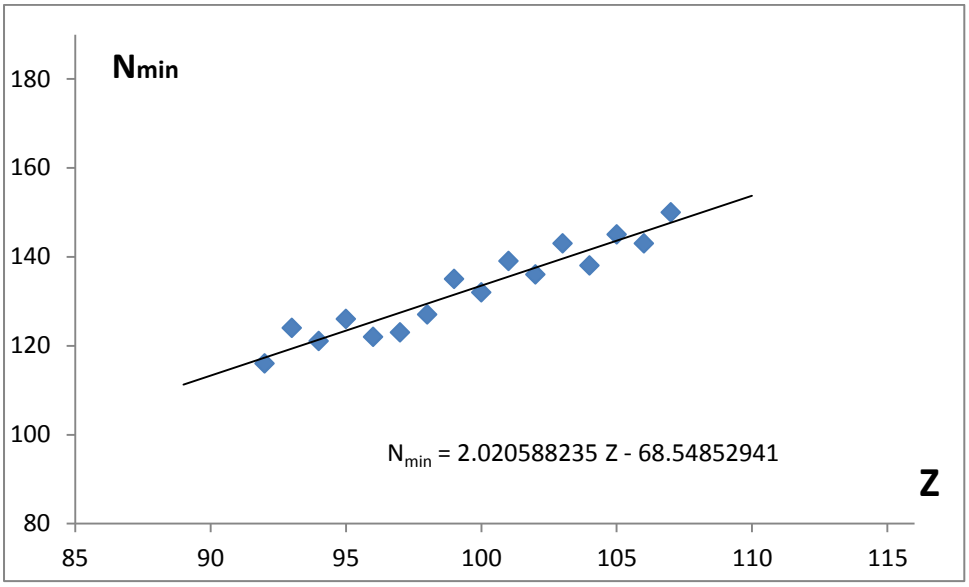
تم الحصول على معادلة عامة ترتبط N_{min} ل Z لكل عنصر ، تمثيل N_{min} بيانياً بتابعية Z الشكل (7)، وتم كذلك استنتاج المعادلة المقابلة باستخدام برنامج Excel

الجدول (3)

قيم N التي تنعدم عندها Q_P ضمن كل من العناصر $Z \geq 92$

العنصر	N_{min}
$_{92}$U	116
$_{93}$ Np	124
$_{94}$ pu	121
$_{95}$ Am	126
$_{96}$ Cm	122
$_{97}$ Bk	123
$_{98}$ Cf	127
$_{99}$ Es	135

العنصر	N_{min}
$_{100}$ Fm	132
$_{101}$ Md	139
$_{102}$ No	136
$_{103}$ Lr	143
$_{104}$ Rf	138
$_{105}$ Db	145
$_{106}$ Sg	143
$_{107}$ Bh	150



الشكل (7) N_{min} بتابعية Z للعناصر $Z \geq 92$

النتائج والمناقشة:

1- تتناقص، بحسب الخطوط البيانية $\overline{BE_n} = fz(N)$ الموضحة في الشكل (1)، طاقة الإرتباط الوسطى $\overline{BE_n}$ للنيوترونات مع زيادة N (عدد النيوترونات) بثبات Z (عدد البروتونات) ويعزى السبب في ذلك إلى أن النيوترونات المضافة مع زيادة N بثبات Z تتوضع أبعد فأبعد عن مركز النواة ، وبما أن كثافة النواة تتناقص بالابتعاد عن مركز النواة فإن طاقة ارتباط النيوترونات المضافة من زيادة N ستكون أدنى طاقة ارتباط من النيوترونات الموجودة قبلها ، وسيؤدي ذلك بالتالي إلى إنقاص طاقة الارتباط الوسطى $\overline{BE_n}$ للنيوترونات ككل .

2- تتزايد، بحسب الجدول (1) والشكل (2) ، القيمة العظمى ل N_{max} (العدد الأعظمي للنيوترونات) التي يمكن ان تضمها نواة مع زيادة Z لهذه النواة ، ويعزى السبب في ذلك إلى انه مع زيادة Z يزداد الحد الأعلى ل N من أجل المحافظة على النسبة $\frac{N}{Z}$ كبيرة ما يكفي من أجل وجود عدد كاف من النيوترونات ليتوضع قسم منها بين البروتونات ضمن اللب لتخفيف التدافع فيما بينها ، وليبقى القسم الثاني بعدد كاف من النيوترونات ليشكل الغلاف النيوتروني بسماكة وكثافة كافيتين ليمسك بالبروتونات الواقعة على سطح اللب الداخلي الذي سيزداد مع زيادة Z ويعيق تحررها ، ومن الواضح أنه كلما زادت Z يجب ان تزداد N لتأدية المهمتين أعلاه.

3- تظهر الجداول (1و2) التي تتضمن قيم Q_n، $\overline{BE_n}$ لأي من العناصر أن $\overline{BE_n} > Q_n$ لأي من نظائر اي من العناصر ، ويعزى السبب في ذلك إلى ان Q_n تمثل طاقة اقتلاع النيوترون الواقع على سطح النواة والمساوية لطاقة إرتباطه BE_{ns} ، وتمثل $\overline{BE_n}$ بالمقابل طاقة ارتباط النيوترون الواقع داخل النواة في منتصف المسافة تقريباً بين مركزها وسطحها ، وبما ان طاقة الارتباط ترتبط بعلاقة متزايدة مع الكثافة ضمن مجال المسافات بين النوكليونات داخل النواة [10] فإن $Q_n < \overline{BE_n}$ وبطريقة معاكسة لما سبق فإن كون $Q_n < \overline{BE_n}$ لأي من النظائر فإن هذا يثبت أن الموقع الذي تحسب عنده $\overline{BE_n}$ ضمن النواة أعلى كثافة من ذلك الذي تحسب عنده Q_n أي أن الكثافة داخل النواة أعلى منها على سطحها.

4- لا يمكن للنوى الثقيلة التواجد الا بعدد نترونات أعلى من قيمة معينة هي N_{min} تختلف من عنصر لآخر، اي تختلف باختلاف Z وترتبط N_{min} مع Z بعلاقتين مختلفتين ومتزايدتين إحداهما من أجل النوى even Z والأخرى

من أجل النوى odd Z أي أن النوى even Z يمكنها التواجد بحد أدنى من النيوترونات أدنى نسبياً من نظيره للنوى odd Z ويعزى ذلك إلى أن النوى even Z تكون اكثر استقراراً وتماسكاً من نظيرتها odd Z بسبب إشباع سويتها الطاقية العليا التي تحوي بروتونات (ببروتونين) ، وتحتاج بالتالي بروتوناتها الواقعة على سطح اللب الداخلي لطاقة دفع نحو مركز النواة من قبل الغلاف النيوتروني المحيط بالنواة، أدنى من تلك التي تحتاجها نظيراتها من odd Z وبما أن عدد النيوترونات في الغلاف وكذلك سماكته وبالتالي قدرته على دفع البروتونات نحو المركز مترابط بعلاقة متزايدة معZ، فإنه يمكن للنوى even Z التواجد بعدد نيوترونات أدنى من نظيراتها odd Z.

5- أظهرت الأبحاث التجريبية المتعلقة بإنتاج النوى الصنعية أنه لم ولن يتم التمكن من إنتاج نوى صنعية بالقيمة $\boldsymbol{N_{min}}$ لأخف نظير لعنصر ما أو بالقيمة $\boldsymbol{N_{max}}$ لأثقل نظير لعنصر ما ، وإنما ستكون دوماً N لعنصر محققة للمتراجحة $\boldsymbol{N_{min} < N < N_{max}}$ لهذا العنصر [11]، ويمكن تعليل ذلك بأن النيوترونات الواقعة على سطح النواة تقوم بحركة اهتزازية ذات سعة كبيرة نسبياً كونها ضمن منطقة متدنية الكثافة من النواة، وبالتالي سيكون لها فترات راحة (فترة زمنية لا تكون خلالها خاضعة لطاقة الترابط النووي) وستكون قيمة Q_n دنيا عندما n في ابعد وضعية وعظمى عندما n قريبة [12] .

وستتمكن خلالها النيوترونات من ترك سطح النواة مباشرة في حال كان $Q_n \leq 0$ وبالتالي يجب ان تكون $Q_n > o$ وبالتالي $N < \boldsymbol{N_{max}}$

أما البروتونات الواقعة على سطح اللب الداخلي ، فعندما $Q_P \leq 0$ فهذا يعني بحسب العلاقة (12) أن;

$$E_C > E_{lost} + BE_{PS} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

وسيتمكن البروتون بالتالي من ترك سطح اللب الداخلي مباشرة ويجب بالتالي أن تكون $Q_P > 0$ وبالتالي $\mathrm{N} > \boldsymbol{N_{min}}$.

الاستنتاجات والتوصيات:

1- تحتاج النوى even Z لحد أدنى $\boldsymbol{N_{min}}$ من عدد النترونات أدنى من نظيرتها للنوى odd Z وتحتاج النوى even Z بالتالي إلى حد أدنى من السماكة $S_{n_{min}}$ للغلاف النيوتروني المحيط بها أدنى $S_{n_{min}}$ للنوى odd Z . تتناقص كثافة النواة بالاتجاه من مركزها نحو سطحها.

2- تم في هذا العمل استنتاج علاقتين إحداهما تربط $\boldsymbol{N_{max}}$ ب Z والأخرى تربط $\boldsymbol{N_{min}}$ ب Z .

3- تكون $\overline{BE_n} > Q_n$ لنواة، لأن Q_n تساوي $\mathrm{BE_{ns}}$ (طاقة ارتباط النيوترون الواقع على سطح النواة) وتمثل $\overline{BE_n}$ بالمقابل طاقة ارتباط النيوترون داخل النواة قرب منتصف المسافة بين مركز النواة وسطحها ، حيث تكون الكثافة أعلى من نظيرتها على سطح النواة ، وهذا يثبت أن الكثافة تتناقص بالإتجاه من مركز النواة نحو سطحها ، وبما أن طاقة الإرتباط ترتبط بعلاقة متزايدة مع الكثافة فإن $\overline{BE_n} > Q_n$ دوماً

4 - تتناقص طاقة الإرتباط الوسطى $\overline{BE_n}$ للنيوترون مع زيادة N بثبات Z .

5- تتزايد القيمة العظمة $\boldsymbol{N_{max}}$ لعدد النيوترونات التي يمكن للنواة أن تضمها بثبات Z ، وتكون $\boldsymbol{N_{max}}$ للنوى even Z أكبر من نظيرتها للنوى odd Z ويمكن للنوى even Z أن تمتلك غلاف نتروني أعلى سماكة S_n .

6- لا يمكن للبروتونات في النوى الثقيلة أن تكون إلا داخلية بدليل التأثر المهمل لطاقة اقتلاعها بنوع النواة هل هي even N أم odd N.

يمكن أن يقترح في نهاية هذا العمل محاولة تطبيق هذه الدراسة على العناصر $Z < 92$ وكذلك دراسة الحد الأعلى والحد الأدنى ل Z لكل من الأيزوتونات (مجموعة النظائر التي لها نفس عدد النيوترونات). وكذلك محاولة إيجاد طريقة لتحديد أعلى قيمة يمكن الوصول إليها.

References:

[1]- TIPLER , P. A; LLEWELLYN,R. A. *Modren Physics* . 5th ed, W. H. Freeman and Company . New York ,U.S.A, 758،2008.

AL-SSAYL. AYMAN-*Kinetic. Equation of Nucleons as Fermi Liquid Within* - [2] *Nucleus*.Master Degree-Tishreen University 2015.

[3]- Jbeli, H; Molhem,J; Haidar,N; Tfeha,A. NUCLEAR PHYSICS 1,Third Year Students, Tishreen University,2017.

[4]-RAYMOND,A.S.*Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*.1st .ed., Sounders College Publishing ,1996. 1355

[5]- COOK, N.D. *Models of The Atomic Nucleus*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg .2nd .ed, 2010.141-174.

[6]-Abhinav Mishra, Tanuj Gobta, Bidhubhusan Sahu .*Estimation of Nuclear Separtion Energy and its Radition With Q Value.* -International Journal of Applied Physics(2016).

[7]-ABBAS,M;NIZAM,M;TALEB,A. *Parameters of Neutronic Shell That Enveloped the Nucleus* .Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research - Basic Sciences Series . Vol(42) No(4),56-73،2020.

[8]- Abbas,M;Nizam,M;Taleb,A: *The Neutronic Shell Surrounding the Heavy Nucleus and Fission Mechanism*.Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research-Basic Science Series Vol (42) No (6)-2021.

[9]-Abbas,Mufid:*Calculatios and Results for The New Nuclear Model*. Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research-Basic Science Series Vol (19) No (16)-1997

[10]- Raymond.A.Serway,*Physics for scientists and engineers with modern physics* , Sounders College Puplishing ,1996

[11]- Scribd.com/document/353004829/RU-Orss- Nuclear- Wallet –Cards -8th –Edition.

[12]-Mayhoob,Reem*: The Nuclunic Destrebution for Stability and Nuclear Emmision Conditions*.Master Degree-Tishreen University,2014.