

حساب القيمة الدنيا والقيمة العظمى لسماكة طبقة

النيوترونات المحيطة بالنوى الثقيلة

أ.د. مفيد عباس * أ.د. محمد فاهود** هشام صقر***

□ الملخص □

تتألف النوى المتوسطة والثقيلة من لب يحوي نيوترونات وبروتونات يحيط بها طبقة من النيوترونات تشكل غلاف لهذه النوى. تتعلق سماكة الغلاف النيوتروني المحيط بالنواة بنوع N (العدد النيوتروني) هل هو even (زوجي) أم odd (فردية) وتكون سماكات الغلاف النيوتروني المحيط بالنوى من النوع even N أدنى منها من للنوى من النوع odd N بصورة عامة. تكون $N > Z$ لجميع نظائر العناصر $Z \geq 55$ حيث تتوضع النيوترونات بين البروتونات في اللب لتخفيف التدافع الكهربائي بين البروتونات وأما الزائد عن هذه المهمة فيشكل الغلاف النيوتروني الذي يحيط بالنواة ليمسك بالبروتونات الواقعة على سطح اللب الداخلي للنواة والتي تكون طاقة اقتلاعها سالبة، وهذا يعني طاقة تحرر، أي لا يمكن للنواة الاحتفاظ بها لولا الغلاف النيوتروني الذي يمسك بها ويمنعها من التحرر، ويجب أن يكون للغلاف النيوتروني قيمة دنيا من السماكة ليتمكن من الإمساك بالبروتونات الواقعة على سطح اللب وعلى العكس من ذلك تتناقص طاقة ارتباط النيوترونات كلما ابتعدت عن مركز النواة بحيث تصبح معدومة عند تجاوز بعدها لقيمة معينة لتتحرر بعدها، وعليه لا يمكن لسماكة الغلاف النيوتروني المحيط بنواة ما تجاوز قيمة معينة، تتعلق هذه القيمة بالعدد الذري Z حيث كلما زادت Z زادت القيمة العظمى الممكنة لسماكة الغلاف. تم في هذا العمل إيجاد طريقة لحساب القيمة الصغرى والقيمة العظمى لسماكة الغلاف النيوتروني المحيط بالنواة بتابعية Z لهذه النواة وبالتالي تحديد الحد الأدنى والأعلى لعدد النيوترونات التي يمكن لكل نواة الإمساك بها لكل قيمة Z .

الكلمات المفتاحية: نواة-نوكلينون- طبقة نيوترونية

*أستاذ- قسم الفيزياء-كلية العلوم-جامعة تشرين-اللاذقية-سورية

**أستاذ - قسم الفيزياء- كلية العلوم- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية

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

Calculation of the Minimum and Maximum Value of the Thickness of Neutron Skin Surrounding Heavy Nuclei

Dr.Mufid Abbas* Dr. Mohamd Fahood** Hisham Saker***

□ Abstract □

The medium and heavy nuclei consist of a core containing protons and neutrons surrounding by a layer of neutrons that form a skin for these nuclei. The thickness of the neutron skin surrounding the nucleus is related to the type of N (neutron number), is it even or odd. In general, the thickness of neutron skin surrounding the nuclei for even N type is lower than odd N type. $N > Z$ of all isotopes for all elements with $Z \geq 55$, the neutrons are placed between the protons in the core to reduce electrical repulsion between the protons. The excess of this task forms the neutron skin that surrounds the nucleus to catch the proton located on the surface of the inner core of the nucleus. Which their shedding energy is negative, that means liberated energy, and the nuclei cannot keep it without the neutron skin, which holds it and prevents it from liberating. The neutron skin must have a minimum thickness to be able to hold the protons on the surface of the core. On the contrary, the binding energy of neutrons decreases as they move away from the center of the nucleus so it becomes nil after exceeding a certain value, to be released later, therefore, the thickness of neutron skin surrounding a nucleus cannot exceed a certain value. This value is related to the atomic number, when the higher Z , the greater the maximum value for the thickness of the skin. In this work, a method was found to calculate the minimum and maximum value of the neutron skin surrounding the nucleus as function of Z of this nucleus, thus determining the minimum and maximum number of neutrons that a nucleus can hold for each value of Z .

Key Words :Nucleus– Nucleon – Neutronic Shell –

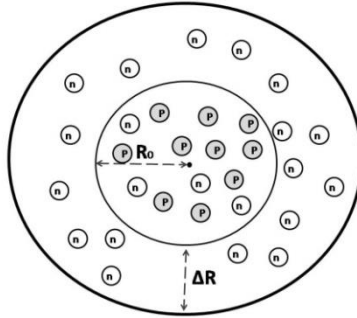
Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen University, *Professor
Lattakia, Syria

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

***Postgraduate Student, Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen
University, Lattakia, Syria

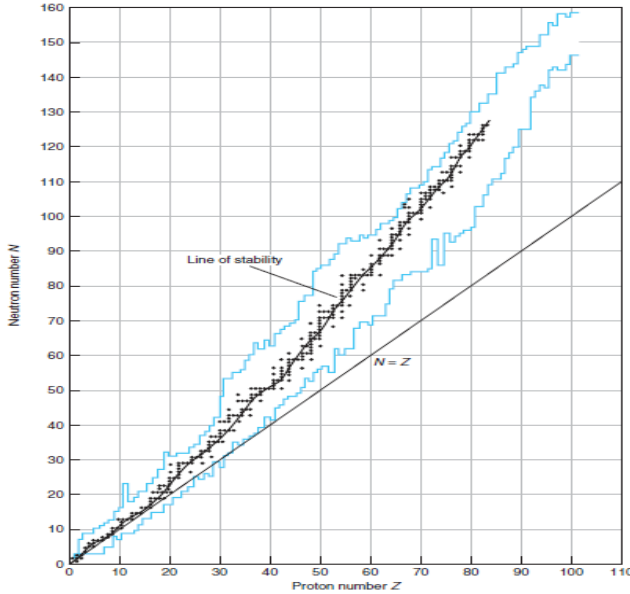
مقدمة

تتألف النوى المتوسطة والثقيلة من لب يحوي نيوترونات وبروتونات وغلاف يحوي نيوترونات فقط كما هو مبين تخطيطياً في الشكل (1) [1].



الشكل (1): شكل تخطيطي لنواة العناصر المتوسطة والثقيلة

تتزايد النسبة $\frac{N}{Z}$ مع زيادة Z ، وتكون قيمتها من أجل جميع النوى المتوسطة والثقيلة أكبر من الواحد. وحتى تكون النواة موجودة طبيعياً أو قابلة للإنتاج صناعياً يجب أن تقابل النسبة $\frac{N}{Z}$ نقطة واقعة ضمن جزيرة الاستقرار الموضحة في الشكل (2) [2].



الشكل (2): شكل بياني يوضح N بنابعية Z

يعزى السبب في زيادة النسبة $\frac{N}{Z}$ مع زيادة Z إلى أن زيادة Z تزيد من الدفع الكهربائي المطبق على كل بروتون وخاصة البروتونات الأبعد عن مركز النواة لأن الدفع الكهربائي المطبق على البروتون الواقع على سطح اللب يعطى بالعلاقة [4,3]:

$$E_c = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(Z-1)e^2}{(R-\Delta R)} \quad (1)$$

حيث e شحنة الالكترن، R نصف قطر النواة، و ΔR سماكة الطبقة النيوترونية المحيطة بالنواة. حيث لا يمكن للنوى الثقيلة والمتوسطة التواجد طبيعياً أو الإنتاج صناعياً إلا بوجود طبقة نيوترونية تحيط بالنواة لتمنع البروتونات من التحرر [6,5].

تعطى القيمة الوسطى \bar{E}_c للدفع الكهربائي المطبق على البروتون داخل النواة بالعلاقة [7] التالية:

$$\bar{E}_c = \frac{1}{A} \frac{3Q^2}{20\pi\epsilon_0(R-\Delta R)} \quad (2)$$

حيث $Q = Ze$ هي شحنة النواة. و A هو العدد الكتلي.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية هذا البحث في كونه يتعامل مع موضوع الغلاف النيوتروني المحيط بالنوى الثقيلة ودوره في استقرارها. وأما أهدافه فهي حساب الحد الأعلى والحد الأدنى لسماكة الغلاف النيوتروني وعلاقة كل منهما مع العدد الذري Z .

طرائق البحث ومواده:

أنجز هذا البحث نظرياً باستخدام بيانات وعلاقات من مراجع ورقية والكترونية كما أنجزت المخططات البيانية والمعادلات الموافقة باستخدام برنامجين حاسوبين هما:

(Excel & Matlab)

سماكة طبقة النيوترونات المحيطة بالنوى:

تعطى القيمة التقريبية لـ ΔR سماكة الغلاف النيوتروني المحيط بالنوى الثقيلة بالعلاقة [8] التالية:

$$\Delta R = (2.4 \pm 0.3) \times 10^{-15} \quad (3)$$

ويعطى نصف قطر اللب، للنوى الثقيلة، بالعلاقة [5] التالية :

$$R_0 = 1.08 \times 10^{-15} A^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

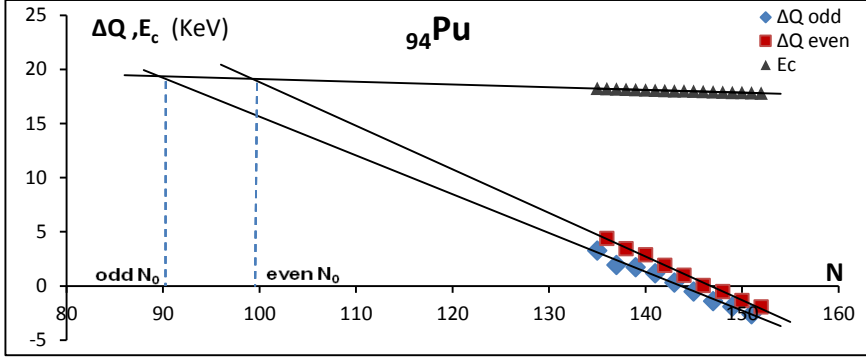
ويمكن حساب ΔR بالطريقة الأكثر دقة التالية [9]:

يطال الاقتلاع النوويون السطحي (الواقع على سطح النواة) في حال كان نيوترون، والنوكليون الأقرب إلى السطح (الواقع على سطح اللب الداخلي للنواة، أي على عمق ΔR من سطح النواة) في حال كان بروتون. لو كان كل من البروتون والنيوترون واقعين على سطح النواة لكانت Q_p (طاقة اقتلاع البروتون) أدنى من Q_n (طاقة اقتلاع النيوترون) بمقدار E_c (طاقة الدفع الكهربائي المطبق على البروتون) المعطاة بالعلاقة (1) ويمكن بالتالي كتابة العلاقة التالية :

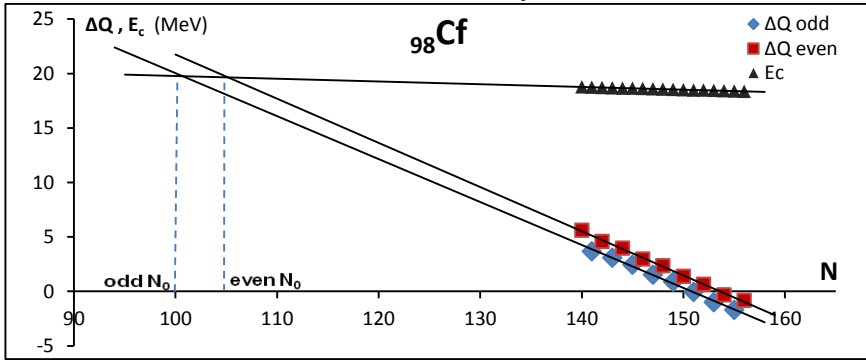
$$\Delta Q = Q_n - Q_p = E_c \quad (5)$$

لكن أظهرت الحسابات لجميع النوى المتوسطة والثقيلة الطبيعية منها والصناعية أن العلاقة (5) غير محققة، وإنما تكون دوماً $\Delta Q < E_c$ ويعزى السبب في ذلك إلى أن البروتونات لا تصل إلى السطح في توزعها وإنما تقع على أعماق معينة في أي من هذه النوى لذلك يجب إضافة الطاقة التي يفقدها البروتون عند اجتيازه المسافة ΔR (سماكة الغلاف النيوتروني) أثناء اقتلعه، حيث يتم تحديد ΔR سماكة الطبقة النيوترونية بالطريقة التالية : يظهر التمثيل البياني لكل من ΔQ و E_c بتابعة (N عدد النيوترونات) من أجل كل من العناصر $[94Pu]$ ، $[98Cf]$ ، $[102No]$ أن $\Delta Q = E_c$ من أجل قيمتين لـ N هما $even N_0$ ، $odd N_0$ إحداهما من أجل النوى $even N$ ، والآخرى من أجل النوى $odd N$ ، على الترتيب ويكون كل من البروتون والنيوترون المقتلعين واقعين على سطح النواة أي أن هاتين النواتين عاريتين من الغلاف النيوتروني أي تكون ΔR في كل منهما مساوية للصفر.

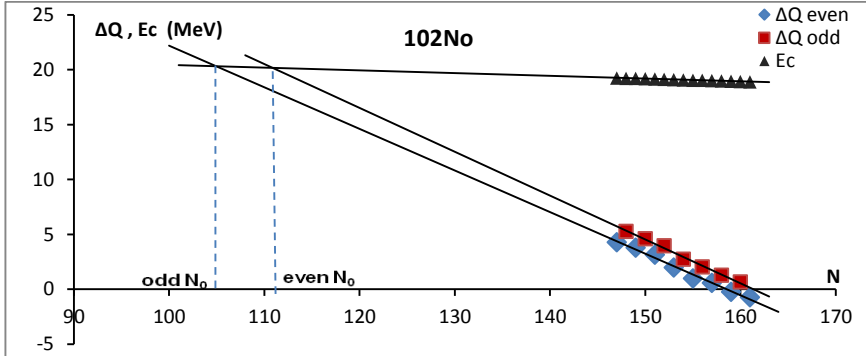
يتم تحديد كل من $even N_0$ ، $odd N_0$ بيانياً عن طريق تمثيل كل من ΔQ و E_c بيانياً بتابعة N لكل عنصر من أجل كل قيمة لـ Z فيتم الحصول على خطوط بيانية كتلك الموجودة على سبيل المثال في الأشكال (3, a), (3, b), (3, c) :



الشكل (3,a) : قيم كل من E_c و $\Delta Q = |Q_n - Q_p|$ بتابعة N لنظائر العنصر $[94Pu]$



الشكل (3,b) : قيم كل من E_c و $\Delta Q = |Q_n - Q_p|$ بتابعة N لنظائر العنصر $[98Cf]$



الشكل (3,c) : قيم كل من E_c و $\Delta Q = |Q_n - Q_p|$ بتابعة N لنظائر العنصر $[102No]$

تم تحديد $odd N_0$ ، $even N_0$ لكل من العناصر $Z \geq 92$ ويظهر الجدول (1) ذلك كما يظهر الجدول (1) أيضاً قيم $even R_0$ نصف قطر النواة المقابلة لـ $even N_0$ وكذلك قيم $odd R_0$ نصف قطر النواة المقابلة لـ $odd N_0$ لكل عنصر.

الجدول (1) : يتضمن قيم $even N_0, odd N_0, even R_0, odd R_0$ لكل من العناصر $Z \geq 92$

العنصر	$even N_0$	$odd N_0$	$even R_0 \times 10^{-15}$	$odd R_0 \times 10^{-15}$
${}_{92}U$	94.2322	84.3761	6.8528	6.7297
${}_{93}Np$	102.2627	96.0525	6.9618	6.8872
${}_{94}Pu$	99.2021	89.5331	6.9372	6.8195
${}_{95}Am$	103.5749	97.8376	7.0009	6.9329
${}_{96}Cm$	102.1468	96.5439	6.9959	6.9293
${}_{97}Bk$	106.2750	102.6403	7.0557	7.0134
${}_{98}Cf$	105.1817	100.6852	7.0547	7.0022
${}_{99}Es$	109.2941	106.1599	7.1133	7.0775
${}_{100}Fm$	107.7229	102.5638	7.1068	7.0475
${}_{101}Md$	111.4254	108.6212	7.1601	7.1284
${}_{102}No$	110.9346	104.9960	7.1658	7.0985
${}_{103}Lr$	114.6508	110.6700	7.2183	7.1740
${}_{104}Rf$	111.9768	104.3043	7.1997	7.1135
${}_{105}Db$	115.4974	111.9573	7.2496	7.2106
${}_{106}Sg$	110.8764	107.5276	7.2097	7.1724
${}_{107}Bh$	118.5990	115.4799	7.3051	7.2713
${}_{108}Hs$	118.2619	114.7394	7.3123	7.2741
${}_{109}Mt$	125.1277	116.5048	7.3960	7.3041
${}_{110}Ds$	121.3810	119.4841	7.3670	7.3468
${}_{111}Rg$	123.6182	113.5800	7.4012	7.2941

حيث تم حساب كل من $even R_0, odd R_0$ من أجل كل قيمة لـ Z ، باستخدام العلاقتين التاليتين، على الترتيب :

$$even R_0 = 1.2 \times 10^{-15}(Z + even N_0) \quad (6)$$

$$odd R_0 = 1.2 \times 10^{-15}(Z + odd N_0) \quad (7)$$

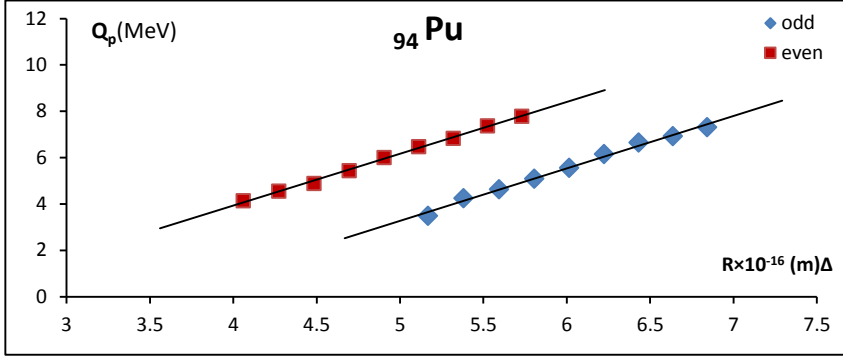
بعد تحديد $even R_0, odd R_0$ لكل عنصر يمكن تحديد ΔR سماكة الطبقة النيوترونية المحيطة بنواة من النوع $even N$ ضمن كل عنصر بالعلاقة التالية :

$$even \Delta R = R - even R_0 \quad (8)$$

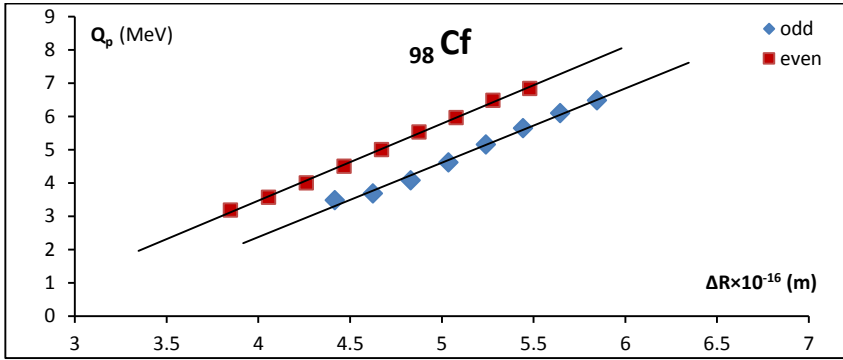
حيث R نصف قطر النواة المراد تحديد ΔR لها، وأما تحديد $odd \Delta R$ ، فبطريقة مشابهة لما سبق يعطى بالعلاقة التالية :

$$odd \Delta R = R - odd R_0 \quad (9)$$

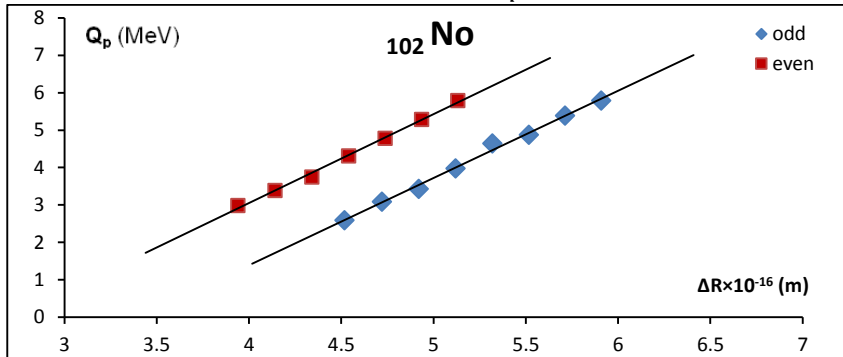
وتظهر الخطوط البيانية $Q_p = f(\Delta R)$ الموضحة في الشكل (4) تزايد Q_p مع زيادة ΔR بسبب زيادة الطاقة المصروفة (الضائعة) على اجتياز المسافة ΔR والتي تزداد بزيادة هذه المسافة.



الشكل (4, a) : قيم Q_p بتابعة ΔR لنظائر العنصر $[94\text{Pu}]$



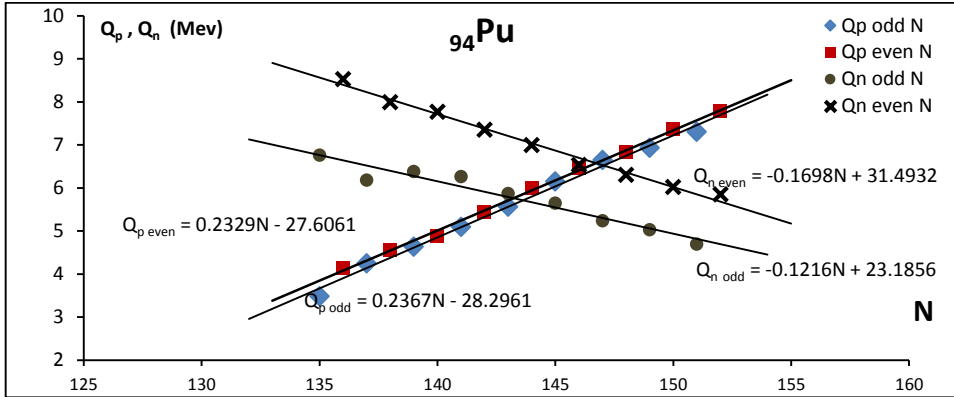
الشكل (4, b) : قيم Q_p بتابعة ΔR لنظائر العنصر $[98\text{Cf}]$



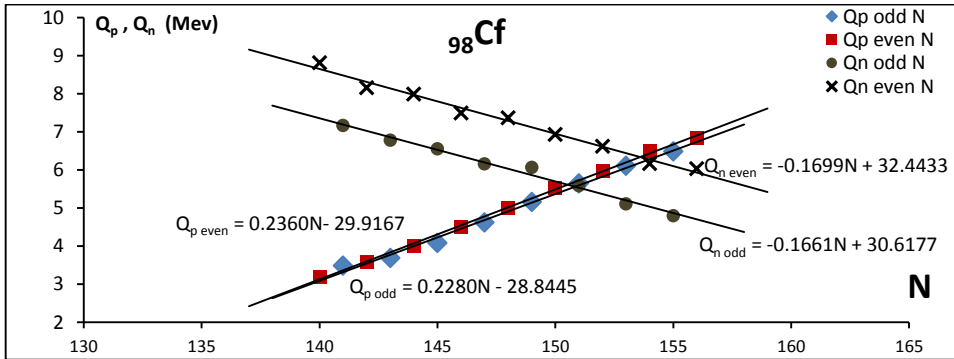
الشكل (4, c) : قيم Q_p بتابعة ΔR لنظائر العنصر $[102\text{No}]$

تحديد القيمة الدنيا والقيمة العظمى لسماكة الغلاف النيوتروني لكل عنصر:

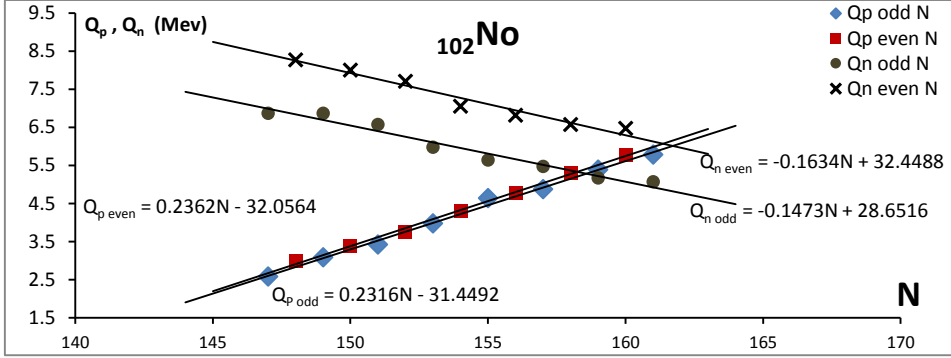
تظهر الخطوط البيانية في الأشكال (5, a)، (5, b)، (5, c) التمثيل البياني لكل من Q_p ، Q_n بتابعية N باستخدام برنامج *Excel* من أجل ثلاثة عناصر هي $[_{94}\text{Pu}]$ ، $[_{98}\text{Cf}]$ ، $[_{102}\text{No}]$



الشكل (5, a) : قيم Q_p, Q_n بتابعية N لنظائر العنصر $[_{94}\text{Pu}]$



الشكل (5, b) : قيم Q_p, Q_n بتابعية N لنظائر العنصر $[_{98}\text{Cf}]$



الشكل (5,c) : قيم Q_p, Q_n بتابعية N لنظائر العنصر $[102\text{No}]$

كما تم باستخدام نفس البرنامج Excel استنتاج المعادلات الموافقة لكل من الخطوط الأربعة لكل عنصر من العناصر $Z \geq 92$ فكانت جميعها خطية تقريباً ولقد شمل الرسم البياني السابق واستنتاج المعادلات المرفقة جميع العناصر $Z \geq 92$ وإن ما ورد في الأشكال (5, a)، (5, b)، (5, c) هي أمثلة فقط عن ذلك.

ترتبط كل من Q_p, Q_n مع N ، بحسب الأشكال (5, a)، (5, b)، (5, c) بمعادلات خطية شكلها العام :

$$\text{even } N \quad Q_p = a_1 N + b_1 \quad (10)$$

$$\text{odd } N \quad Q_p = a'_1 N + b'_1 \quad (11)$$

$$\text{even } N \quad Q_n = a_2 N + b_2 \quad (12)$$

$$\text{odd } N \quad Q_n = a'_2 N + b'_2 \quad (13)$$

ولتحديد قيمة N التي تتعدم من أجلها Q_p وقيمة N التي تتعدم من أجلها Q_n لكل عنصر كما يلي :

$$Q_p = 0 \Rightarrow \begin{cases} \text{even } N_1 = \frac{b_1}{a_1} & (14) \\ \text{odd } N_1 = \frac{b'_1}{a'_1} & (15) \end{cases}$$

$$Q_n = 0 \Rightarrow \begin{cases} \text{even } N_2 = \frac{b_2}{a_2} & (16) \\ \text{odd } N_2 = \frac{b'_2}{a'_2} & (17) \end{cases}$$

حيث : $even N_1$ هي قيمة N التي تتعدم من أجلها Q_p للنوى $even N$ ، $odd N_1$ هي قيمة N التي تتعدم من أجلها Q_p للنوى $odd N$ ، $even N_2$ هي قيمة N التي تتعدم من أجلها Q_n للنوى $even N$ ، $odd N_2$ هي قيمة N التي تتعدم من أجلها Q_n للنوى $odd N$.

كما أن أنصاف أقطار النوى المقابلة للنوى الأربعة السابقة هي على الترتيب :

$$even N_1 \rightarrow even R_1 = 1.2 \times 10^{-15} (Z + even N_1)^{\frac{1}{3}} \quad (18)$$

$$odd N_1 \rightarrow odd R_1 = 1.2 \times 10^{-15} (Z + odd N_1)^{\frac{1}{3}} \quad (19)$$

$$even N_2 \rightarrow even R_2 = 1.2 \times 10^{-15} (Z + even N_2)^{\frac{1}{3}} \quad (20)$$

$$odd N_2 \rightarrow odd R_2 = 1.2 \times 10^{-15} (Z + odd N_2)^{\frac{1}{3}} \quad (21)$$

تم إدراج القيم الثمانية السابقة، من أجل كل قيمة لـ Z (أي من أجل كل عنصر) في الجدول (2):

الجدول (2) : يتضمن

قيم، $even R_1, odd R_1, even N_1, odd N_1, even N_2, odd N_2, even R_2, odd R_2$ لكل من

العناصر $Z \geq 92$

العنصر	$even N_1$	$even R_1 \times 10^{-15}$	$odd N_1$	$odd R_1 \times 10^{-15}$	$even N_2$	$even R_1 \times 10^{-15}$	$odd N_2$	$odd R_2 \times 10^{-15}$
⁹² U	116.6919	7.1179	116.9107	7.1204	193.4857	7.9015	198.1594	7.9444
⁹³ Np	124.8461	7.2205	124.4165	7.2157	184.3209	7.8254	183.8485	7.8210
⁹⁴ Pu	118.4981	7.1609	119.4979	7.1721	185.4637	7.8455	190.567	7.8930
⁹⁵ Am	125.7934	7.2529	125.9281	7.2543	183.8257	7.8396	183.7372	7.8387
⁹⁶ Cm	122.8077	7.2311	124.1937	7.2463	188.5406	7.8928	190.5922	7.9117
⁹⁷ Bk	126.5302	7.2827	131.0044	7.3310	184.2547	7.8623	186.0094	7.8786
⁹⁸ Cf	126.7523	7.2960	126.4652	7.2929	190.8716	7.9326	184.2854	7.8719
⁹⁹ Es	134.9655	7.3943	135.4561	7.3995	191.4419	7.9470	187.9593	7.9151
¹⁰⁰ Fm	131.3171	7.3663	130.6991	7.3598	195.6194	7.9939	188.3895	7.9282
¹⁰¹ Md	138.7073	7.4543	139.1366	7.4588	195.1766	7.9989	189.5206	7.9477
¹⁰² No	135.6782	7.4332	135.7662	7.4341	198.4856	8.0375	194.4287	8.0012
¹⁰³ Lr	142.8508	7.5175	142.8961	7.5179	198.0671	8.0427	194.277	8.0088
¹⁰⁴ Rf	137.7618	7.4756	136.2267	7.4597	193.3957	8.0099	201.3024	8.0802
¹⁰⁵ Db	145.3660	7.5632	146.3548	7.5732	199.0382	8.0691	198.7087	8.0662
¹⁰⁶ Sg	142.8520	7.5479	140.0594	7.5196	220.2263	8.2608	194.5511	8.0381
¹⁰⁷ Bh	150.3679	7.6331	150.54	7.6348	203.7843	8.1283	201.0945	8.1048
¹⁰⁸ Hs	144.8435	7.5881	146.7388	7.6070	203.2734	8.1326	195.248	8.0621
¹⁰⁹ Mt	155.6823	7.7047	155.4601	7.7026	203.3119	8.1416	210.6658	8.2050
¹¹⁰ Ds	151.7278	7.6759	152.5128	7.6836	220.5284	8.2969	216.9782	8.2671
¹¹¹ Rg	161.2731	7.7777	159.7815	7.7634	238.5132	8.4528	278.1149	8.7607

بحسب الخطوط البيانية في الأشكال (5, a)، (5, b)، (5, c) تتعدم Q_p من

أجل قيمة ما ل Z عند تناقص N عن القيمة $even N_1$ بالنسبة للنوى $even N$ ، وعن

القيمة $odd N_1$ بالنسبة للنوى $odd N$ ، وهذا يعني أنه لا يمكن للنوى $even N$ التواجد

من أجل $N < even N_1$ ولا يمكن للنوى $odd N$ التواجد من أجل $N < odd N_1$ ،

وتختلف بحسب الجدول (2) قيم $even N_1$ ، $odd N_1$ باختلاف قيم Z حيث تتزايد مع

تزايد.

تظهر مقارنة الجدول (1) مع الجدول (2) أنه من أجل جميع العناصر $Z \geq 92$ ، تكون

$$odd N_0 < odd N_1, even N_0 < even N_1$$
 وبالتالي أن:

$$odd R_0 < odd R_1, even R_0 < even R_1$$
 . وبناءً عليه فإن القيمة الصغرى الممكنة لسماكة الغلاف النيوتروني المحيط بكل من النوى $odd N$ و $even N$ هو على الترتيب :

$$even \Delta R_{min} = even R_1 - even R_0 \quad (22)$$

$$odd \Delta R_{min} = odd R_1 - odd R_0 \quad (23)$$

بحسب الخطوط البيانية (5, a)، (5, b)، (5, c) تتعدم Q_n من أجل قيمة ما لـ Z عند تزايد N عن القيمة $even N_2$ بالنسبة للنوى $even N$ ، وعن القيمة $odd N_2$ بالنسبة للنوى $odd N$ ، وهذا يعني أنه لا يمكن للنوى $even N$ التواجد من أجل $N > even N_2$ ولا يمكن للنوى $odd N$ التواجد من أجل $N > odd N_2$ ، وتختلف بحسب الجدول (2) قيم $even N_2$ ، $odd N_2$ باختلاف قيم Z حيث تتزايد مع تزايد.

تظهر مقارنة الجدول (1) مع الجدول (2) أنه من أجل جميع العناصر $Z \geq 92$ ، تكون $even N_2 > even N_0$ وكذلك $even N_2 > even N_1$ وتكون أيضاً $odd N_2 > odd N_0$ وكذلك $odd R_0 < odd R_1$. وبناءً عليه فإن القيمة العظمى الممكنة لسماكة الغلاف النيوتروني المحيط بكل من النوى $even N$ و $odd N$ هي على الترتيب :

$$even \Delta R_{max} = even R_2 - even R_0 \quad (24)$$

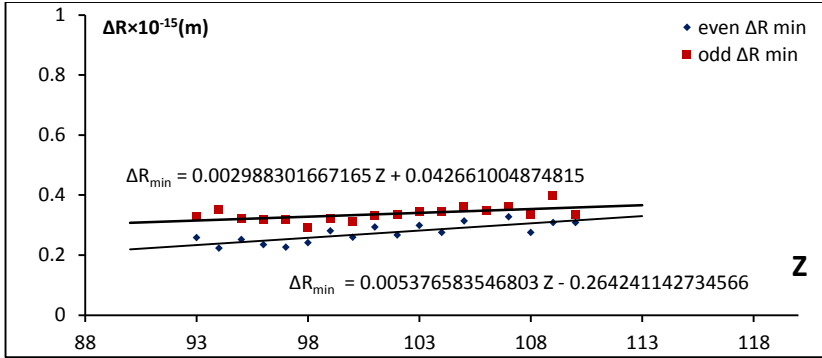
$$odd \Delta R_{max} = odd R_2 - odd R_0 \quad (25)$$

يظهر الجدول (3) قيم كل من $even \Delta R_{min}$ ، $odd \Delta R_{min}$ ، $even \Delta R_{max}$ ، $odd \Delta R_{max}$

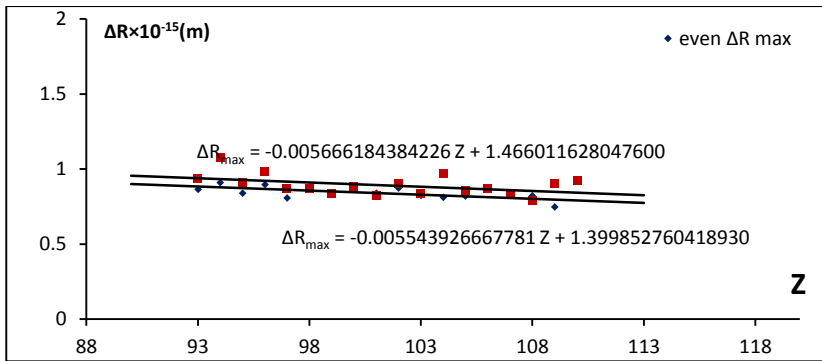
الجدول (3): يتضمن قيم $even \Delta R_{min}$ ، $odd \Delta R_{min}$ ، $even \Delta R_{max}$ ، $odd \Delta R_{max}$ لكل من العناصر $Z \geq 92$

العنصر	$even \Delta R_{min} \times 10^{-16}$	$odd \Delta R_{min} \times 10^{-16}$	$even \Delta R_{max} \times 10^{-16}$	$odd \Delta R_{max} \times 10^{-16}$
92 U	0.2651	0.3907	1.0487	1.2147
93 Np	0.2587	0.3285	0.8636	0.9338
94 Pu	0.2237	0.3526	0.9083	1.0735
95 Am	0.2519	0.3215	0.8386	0.9059
96 Cm	0.2352	0.3170	0.8969	0.9824
97 Bk	0.2270	0.3176	0.8065	0.8652
98 Cf	0.2413	0.2906	0.8780	0.8696
99 Es	0.2810	0.3220	0.8336	0.8376
100 Fm	0.2595	0.3123	0.8871	0.8807
101 Md	0.2943	0.3304	0.8389	0.8193
102 No	0.2675	0.3356	0.8717	0.9027
103 Lr	0.2992	0.3439	0.8244	0.8348
104 Rf	0.2758	0.3462	0.8101	0.9668
105 Db	0.3136	0.3625	0.8195	0.8555
106 Sg	0.3382	0.3472	1.0511	0.8657
107 Bh	0.3280	0.3635	0.8232	0.8335
108 Hs	0.2758	0.3329	0.8203	0.7880
109 Mt	0.3087	0.3985	0.7456	0.9009
110 Ds	0.3089	0.3368	0.9299	0.9203
111 Rg	0.3765	0.4693	1.0516	1.4666

تختلف بحسب الجدول (3) قيم $even \Delta R_{min}$ ، $odd \Delta R_{min}$ ، $even \Delta R_{max}$ ، $odd \Delta R_{max}$ مع اختلاف Z لذلك تم تمثيل كل منها بيانياً بتابعية Z باستخدام برنامج Excel، ثم تم باستخدام نفس البرنامج استنتاج معادلة كل منهما كما هو موضح في الشكل (6) والشكل (7):



الشكل (6): قيم $even \Delta R_{min}$ ، $odd \Delta R_{min}$ بتابعية Z لكل من العناصر $Z \geq 92$



الشكل (7): قيم $even \Delta R_{max}$ ، $odd \Delta R_{max}$ بتابعية Z لكل من العناصر $Z \geq 92$

فكانت على النحو التالي:

for even N

$$\Rightarrow \begin{cases} \Delta R_{min} = 5.3766 \times 10^{-3} Z - 0.26424 & (26) \\ \Delta R_{max} = -5.54391 \times 10^{-3} Z + 1.3998 & (27) \end{cases}$$

for odd N

$$\Rightarrow \begin{cases} \Delta R_{min} = 2.9883 \times 10^{-3} Z + 4.2661 \times 10^{-2} & (28) \\ \Delta R_{max} = -5.6662 \times 10^{-3} Z + 1.46601 & (29) \end{cases}$$

النتائج ومناقشتها:

- تظهر الخطوط البيانية في الشكل (4) تزايد Q_p مع زيادة ΔR ضمن كل عنصر مما يدل على أن الطاقة الضائعة تزداد مع زيادة المسافة التي على البروتون اجتيازها أثناء الاقتلاع وهذا إثبات على أن البروتون المقطع يقع على سطح اللب الداخلي للنواة وبالتالي البروتونات داخلية .
- يتزايد بحسب الجدول (1) نصف قطر اللب الداخلي للنوى من النوع $even N$ والنوى من النوع $odd N$ مع زيادة Z و يكون بحسب الشكل (3) نصف قطر اللب الداخلي للنوى من النوع $even N$ أكبر من نظيره للنوى من النوع $odd N$ مما يدل على أن النوى من النوع $even N$ تكون أكثر انتظاماً وتماسكاً بسبب إشباع السوية الأخيرة فيها بالنيوترونات (تحوي نيوترونين) مما يسمح للبروتونات بالابتعاد أكثر عن مركز النواة (الانتشار على حجم أكبر).
- تظهر الخطوط البيانية في الشكل (5) تزايد Q_p وتناقص Q_n مع زيادة N ضمن كل عنصر، و تنعدم Q_p عند تناقص N عن قيمة تختلف باختلاف نوع النوى هل هي $even N$ أم $odd N$ و تنعدم Q_n عند تزايد N عن قيمة معينة تختلف هذه القيمة أيضاً باختلاف نوع النوى هل هي $even N$ أم $odd N$ و تظهر الخطوط البيانية في الشكل (5) أيضاً أن الخطان البيانيان $Q_p = f(N) \downarrow odd N, even N$ منطبقان تقريباً أحدهما على الآخر أو أن المسافة بينهما مهملة، مما يدل على أن تأثر طاقة اقتلاع البروتون بنوع النواة وبالتالي بإشباع السوية الطاقية العليا يكون مهملاً لأنه بعيد عنها، أي يقع داخل النواة على أعماق معينة، وبالمقابل تفصل مسافة كبيرة نسبياً بين خطي $Q_n = f(N)$ مما يدل على تأثير Q_n بإشباع السوية الطاقية الأخيرة بنيوترونين لأن الاقتلاع يطال النيوترون السطحي، ويتفق ذلك إلى حد ما، مع ما ورد من نتائج في المراجع [10].

- بحسب الجدول (3) تتعلق القيمة الدنيا والقيمة العظمى لسماكة الغلاف النيوتروني بكل من Z و كذلك نوع النواة هل هي $even N$ أم $odd N$ حيث تتزايد السماكة الدنيا و كذلك العظمى للغلاف النيوتروني بزيادة Z ويكون كلاهما من أجل النوى من النوع $even N$ أصغر من نظيرهما من أجل النوى $odd N$.

أهم النتائج والتوصيات:

1- ترتبط Q_n, Q_p ، ضمن كل عنصر، مع N بعلاقة خطية تقريباً متزايدة ومنتاقصة على الترتيب، ويدل تزايد Q_p مع زيادة N على أن النيوترونات التي تضاف إلى النواة تتوضع على سطحها وتزيد بذلك من سماكة طبقة النيوترونات المحيطة بالنواة و تزيد معها بالتالي المسافة التي على البروتون اجتيازها أثناء اقتلعه من سطح اللب الداخلي للنواة. أما تناقص Q_n مع زيادة N فسيبه هو أن الاقتلاع يطال النيوترونات السطحية والتي يزيد بعدها عن مركز النواة و تنقص طاقة ارتباطها وبالتالي طاقة اقتلاعها مع زيادة N .

2- تفصل مسافة كبيرة نسبياً بين خطي $Q_n = f(N)$ المقابلين لكل من $odd N$ و $seven N$ ضمن كل عنصر، وبالمقابل يتطابق تقريباً الخطان $Q_p = f(N)$ المقابلان لكل من $odd N$ و $even N$ ضمن كل عنصر، وهذا يدل على أن النيوترونات المقتلعة تقع على السطح فتتأثر بكون السوية الطاقة الأخيرة مشبعة بنيوترونين أم غير مشبعة، أما تأثر البروتونات المقتلعة بذلك فيكون مهملاً لأنه بعيد نسبياً عن سطح النواة (يقع على عمق ΔR)

3- تأخذ Q_p القيمة صفر قبل أن تصبح النواة عارية تماماً من الغلاف النيوتروني، أي تحتاج النواة لقيمة دنيا من سماكة الغلاف النيوتروني و بالتالي لحد أدنى من عدد النيوترونات من أجل كل قيمة لـ Z ، بالنسبة للنوى المتوسطة و الثقيلة، حتى لا تتحرر

بروتوناتها الواقعة على سطح اللب الداخلي، أي حتى يكون للنواة عمر غير معدوم وترتبط السماكة الدنيا للغلاف النيوتروني المحيط بالنواة بعلاقتين متزايدتين خطياً مختلفتين إحداهما من أجل $even N$ والأخرى من أجل $odd N$.

4- نتقدم Q_n للنيوترونات التي يتجاوز بعدها عن مركز النواة قيمة معينة، تتعلق بـ Z وفق علاقة متزايدة، وبالتالي لا يمكن للنواة من أجل قيمة Z أن يتجاوز عدد نيوترونها قيمة محددة ترتبط بـ Z وفق علاقتين خطيتين تقريباً متزايدتين، مختلفتين إحداهما من أجل $even N$ والأخرى من أجل $odd N$

التوصيات :

ننصح بمتابعة هذا البحث من أجل النوى $Z < 92$ ، كما ننصح بمحاولة دراسة الخصوصية التي تتمتع بها النوى الانشطارية والتغيرات التي تطرأ على غلافها النيوتروني أثناء الانشطار.

المراجع :

- [1]-ABBAS.M,2021- **The Neutronic Shell Surrounding the Nucleus and α Decay**.Journal of Al Baath University, Vol(43). (In Arabic المراجع)
- [2]- COTTINGHAM. W,2004- **Introductory Nuclear Physics**. Cambridge University Press.271.
- [3]- SAMUEL.S,2004- **Introductory Nuclear Physics**. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.460.
- [4]- K.Vogt, T.Hartmann, A.Zilges August (2001).**Simple Parameterization of Single and Two Nucleon Energies in Terms of the neutron to proton N/Z** .
- [5]-W.M.seif and Hesham Mansour,2015 - **Systematics of Nucleon Density Distribution and neutron Skin of Nuclei**, International Journal of Modern Physics E Vol.24, No,11-.
- [6]-Fang Deqing. Mayu-Gang.Cnxiang- Zhou.TIAN WANG HONG-Wei, 2011-**Effects of Neutron Skin Thickness in Peripheral Nuclear Reactions**, CHIN PHYS.Vol.28, No.10- -102102.
- [7]- KRANE.K, 1988- **Introductory Nuclear Physics**. Oregon State University.431
- [8]- TIPLER. P,2008- **Modren Physics**. W. H. Freeman and Company. New York.758.

[9]- ABBAS.M,2021- **Parameters of Neutronic Shell That Enveloped the Nucleus**,Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research - Basic Sciences Series,Syria, Vol(42) No(4),56-73. (In Arabic (المراجع)

[10]- Abhinav Mishra, Tanuj Gobta, Bidhubhusan Sahu,2016-**Estimation of Nuclear Separation Energy and its Radiation With Q Value**. - International Journal of Applied Physics.