مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الأساسية المجلد (٨) العدد (٤) ٢٠٢٤

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies –Basic Sciences Series Vol. (8) No. (4) 2024

تفسير كلاسيكي لتفكك α في النوى الثقيلة $Z \geq 92$

الدكتور آصف يوسف *

الدكتور مفيد عباس **

مايا محمد ***

(تاريخ الإيداع ١٤/٥/ ٢٠٢٤ – تاريخ النشر ٢٧/٨/ ٢٠٢٤)

□ ملخّص □

لا يوجد إلى الآن تفسير كلاسيكي لتفكك α ويوجد في المقابل تفسيرات كوانتية لهذه العملية ، وأهمها ما قدمه /George Gamow/ في العام ١٩٢٨ عن طريق وضعه نظرية مفعول النفق ، حيث تعتبر جسيمة α وفقاً لمفعول النفق محتجزة داخل النواة بخضوعها للجاذبية النووية ، من غير الممكن كلاسيكياً لجسيمة α التحرر من النواة ، لكن بحسب الميكانيك الكوانتي ، تملك جسيمة α احتمال ضئيل ، لكن غير معدوم ، للعبور من خلال حاجز الكمون منتقلة إلى خارج النواة لتصبح أبعد من مدى القوى النووية ذات المدى القصير (من مرتبة 10^{-15} m) ، ولكنها ستكون عندها خاضعة فقط لقوى الدفع الكهربائي من بقية بروتونات النواة وهذه القوى ذات مدى لا نهائي. سنحاول في هذا العمل تفسير تفكك α كلاسيكياً ، في نوى النظائر الثقيلة $Z \geq 92$ ، بافتراض أن جسيمة α تتشكل على سطح اللب الداخلي لنوى نظائر هذه العناصر لتدفع بعدها بقوى كولون الكهربائية من بقية بروتونات النواة نحو الخارج بحيث تتوزع طاقة الدفع الكهربائي هذه ، على الأقسام الثلاث التالية :

(١) طاقة تفكك α (٢) طاقة لاقتلاع النوكليونات الأربعة (٣) طاقة تصرف لاجتياز الغلاف النيوتروني الذي يحيط بكل من نوى نظائر هذه العناصر والذي سيسمى بالطاقة الضائعة ، وقد أظهرت الحسابات في هذا العمل أن قيمة هذه الطاقة الضائعة تتناسب طرداً مع سماكة الغلاف النيوتروني المحيط بالنوى .

الكلمات المفتاحية: نظير طبيعي – نظير صنعي – تفكك نووي – غلاف نيوتروني .

---

*أستاذ– قسم الفيزياء– كلية العلوم– جامعة طرطوس– طرطوس– سورية.

**أستاذ–قسم الفيزياء–كلية العلوم–جامعة تشرين–اللاذقية–سورية.

***طالبة دراسات عليا (ماجستير)–قسم الفيزياء–كلية العلوم–جامعة طرطوس–طرطوس–سورية.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الأساسية المجلد (٨) العدد (٤) ٢٠٢٤

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies –Basic Sciences Series Vol. (8) No. (4) 2024

Classical Explanation of α-Decay in Heavy Nuclei Z ≥ 92

Dr.Asef Youssef *
Dr. Mufid Abbas **
Maya Mohammad ***

(Received 14/٥/2024.Accepted 27/8/2024)

□**ABSTRACT** □

There are no classical explanation of α-decay , in oppositely there are some quantomly explanations of this process, and the most important of them is , what /George Gamow/ has offered in year 1928 , during his theory of /Tunnel Effect/, whearas α-particle considered , according the tunnel effect confined inside the nucleus by undergion to the nuclear grafitation . it is impussible classical , that α-particle liberate from nucleus , but according of quantum mechanics α-particle possess a tinny propabilty . but non-existent , to tunnel through the potential barrier transferred to outside of nucleus , to become for than the range of nuclear forces , which have short range , but it will then undergoes to the repelsin of electric forces , from the rest of protons of nucleus and these forces have an unidlish range . in this work , an attempt will be performed to explaine of α-decay classicaly in nuclei of heavy isotopes z ≥ 92 , by assuming that α-particle creates on the surface of internal core of nuclei of isotopes of these elements , after then it will be repeled by electrical coulomb forces to the outside by the rest protons of the nucleus, the electrical repelsion energy divided to the following parts

1 α-Decay energy

2 sheding energy of the four nucleons

3 Energy spended to pass through neutron skin , that surrounded of each nuclei of isotopes of these elements

This theird part of the energy will called as lost energy E_{lost} .

The calculation of this reaserch showed , that the E_{lost} correlated by direct proportional relation with the thickness of the neutron skin surrounded the nuclei .

Key Words : natural isotope – artificial isotope – nuclear decay- neutron skin

* Master, Department of Physics , Faculty of Science, Tartous University, Tartous, Syria.
** Professor, Department of Physics, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia,
*** Prostgraduate Student (Master), Department of Physics, Faculty of science, Tartous University, Tartous, Syria.

مقدمة

تتألف جسيمة α من نيوترونين وبروتونين وهي مطابقة تماماً لنواة النظير الطبيعي ^4_2He والتي هي الأكثر استقراراً بين جميع النوى الطبيعية والصنعية لأن نوكليوناتها الأربعة تتوضع في السوية الطاقية الدنيا والتي تكون بذلك مشبعة تماماً [1].

تسمى النواة التي تتفكك لتعطي α بالنواة الأصل (Parent Nucleus) ويرمز لها بالرمز P وتسمى النواة المتبقية بعد إصدار α بالنواة البنت (Daughter Nucleus) ويرمز لها بالرمز D ، بحيث أن تفكك α ما هو إلا تحول النواة الأصل P إلى النواة البنت D وجسيمة α .

تترافق عملية تفكك α مع تناقص العدد الكتلي A بمقدار ٤ وتناقص العدد الذري Z بمقدار ٢ وتكون معادلة تفكك α بالتالي كما يلي [2]:

$$^A_ZP \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}D + {}^4_2\alpha + 2e^- + Q_\alpha \qquad (1)$$

حيث Q_α هي الطاقة الناتجة أو المصروفة في تفكك α .

يخضع تفكك α كغيره من التفاعلات لقوانين الانحفاظ ، وبحسب قانون انحفاظ الكتلة الطاقة يمكن حساب الطاقة الكلية لتفكك α بالعلاقة التالية [3]:

$$Q_\alpha = [M(^A_ZP) - M(^{A-4}_{Z-2}D) - M_\alpha - 2m_e]C^2 \qquad (2)$$

حيث $\mathrm{M}(^A_ZP)$ الكتلة الذرية لنظير النواة الأصل ، $\mathrm{M}(^{A-4}_{Z-2}D)$ الكتلة الذرية لنظير النواة البنت ، M_α كتلة جسيمة α ، m_e كتلة الإلكترون ، و C هي سرعة الضوء ، والتي قيمتها بواحدات الجملة الدولية هي

($C = 2.99792458\times10^8 \ \ m/s$) وذلك عندما تكون الكتلة بواحدة الجملة الدولية (kg) وعندها تكون واحدة الطاقة هي الجول J وعند أخذ الكتل الذرية بواحدة الكتل الذرية (u) فإنه يتم استبدال C^2 بالعدد ٩٣١.٤٩٤ الذي هو معامل التحويل من كتلة بواحدة ال u إلى طاقة بواحدة ال MeV .

تتوزع الطاقة الكلية Q_α لتفكك α إلى قسمين ، قسم تحصل عليه جسيمة α كطاقة حركية ويرمز له بالرمز E_α ، وقسم تحصل عليه النواة البنت D كطاقة تهيج أيضاً ويرمز له بالرمز E_D ، وبحسب قوانين انحفاظ الطاقة تتحقق العلاقة التالية :

$$E_D + E_\alpha = Q_\alpha \qquad (3)$$

يمكن حساب كل من قيمة E_α و E_D اعتماداً على كل من قانون انحفاظ الطاقة وقانون انحفاظ كمية الحركة الخطية (الدفع) والذي ينص على أن المحصلة الجبرية للدفع ، بالنسبة لمركز النواة الأصل ، قبل التفكك تساوي نظيرتها بعد التفكك بالنسبة لجملة جسيمة α والنواة البنت D ويجب بالتالي أن يكون دفعيهما متساويين بالقيمة ومتعاكسين بالاتجاه ، ويمكن بالتالي كتابة العلاقة التالية [4] :

$$M_\alpha v_\alpha = M_D v_D \qquad (4)$$

حيث v_α سرعة جسيمة α، M_D كتلة النواة البنت (أي أن $M_D = M(^{A-4}_{Z-2}D) - (Z -$ و v_D سرعتها.$2)m_e$

بتربيع طرفي العلاقة (٤) وقسمة كل منهما على العدد ٢ تنتج العلاقة :

$$\frac{M_\alpha}{M_D}\left(\frac{1}{2}M_\alpha v_\alpha^2\right) = \frac{1}{2}M_D v_D^2 \qquad (5)$$

لكن : $E_D = \frac{1}{2}M_D v_D^2$ هي الطاقة الحركية للنواة البنت .

و $E_\alpha = \frac{1}{2} M_\alpha v_\alpha^2$ هي الطاقة الحركية لجسيمة α وبناءً عليه تصبح العلاقة (٥) كما يلي :

$$\frac{M_\alpha}{M_D} E_\alpha = E_D \qquad (6)$$

وبتبديل E_D بقيمتها من العلاقة (٦) في العلاقة (٣) ينتج

$$\frac{M_\alpha}{M_D} E_\alpha + E_\alpha = Q_\alpha$$

وبالتالي $E_\alpha \left(\frac{M_\alpha}{M_D} + 1\right) = Q_\alpha$

$$\rightarrow \quad E_\alpha = \frac{Q_\alpha}{\frac{M_\alpha}{M_D} + 1} \qquad (7)$$

$$E_D = Q_\alpha - E_\alpha \qquad (8)$$

وبتبديل E_α بقيمتها من العلاقة (٧) في العلاقة (٨) وإجراء بعض التحويلات الرياضية ينتج :

$$E_D = \frac{Q_\alpha}{\frac{M_D}{M_\alpha} + 1} \qquad (9)$$

وعلى اعتبار $M_D \gg M_\alpha$ في النوى المصدرة لـ α فبحسب العلاقتين (٧) ، (٩) فإن معظم طاقة التفكك Q_α تأخذها α أي أن $E_\alpha \gg E_D$.

تقتصر إصدارات α بالنسبة للنوى الطبيعية على نوى النظائر ذات الكتلة الأثقل أو تساوي كتلة النظير $^{144}_{60}Nd$ أي أن النظير $^{144}_{60}Nd$ هو أخف النظائر الطبيعية المصدرة لِـ α ، وبالمقابل فإن هناك نظائر صنعية مصدرة لِـ α وهي أخف بكثير من النظير الطبيعي $^{144}_{60}Nd$ وأخفها في الواقع هو النظير الصنعي $^{5}_{2}He$ [5] والذي يتفكك وفق المعادلة [6] التالية :

$$^{5}_{2}He \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + 2e + n + Q_\alpha \qquad (10)$$

أما النظير الصنعي المصدر لِـ α والأثقل مباشرةً من النظير $^{5}_{2}He$ فهو النظير الصنعي $^{8}_{4}Be$ والذي يتفكك وفق المعادلة [7] التالية :

$$^{8}_{4}Be \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{4}_{2}\alpha + 4e + Q_\alpha \qquad (11)$$

ويمكن اعتبار أن التفكك المعطى بالعلاقة (١١) عبارة عن انشطار تلقائي (S.F) ، و يلي هذين النظيرين النظير الصنعي $^{12}_{5}B$ ويوجد بعده انقطاع طويل في النظائر المصدرة لِـ α حيث النظير الصنعي المصدر لِـ α والذي يليه مباشرةً هو النظير الصنعي $^{105}_{52}Te$ [8] .

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية هذا البحث في أنه يبحث في مسألة على غاية من الأهمية ألا وهي مسألة تشكل α داخل النوى الثقيلة على سطح اللب الداخلي لهذه النوى ومن ثم انطلاقها نحو الخارج بتأثير طاقة الدفع الكهربائي المطبقة على بروتوني α من بقية بروتونات النواة ، هذا ويمكن استخدام تفكك α في إثبات وجود الغلاف النيوتروني المحيط بالنوى الثقيلة وفي تقدير سماكته .

أما الهدف من هذا البحث فهو إيجاد علاقة الطاقة الضائعة أي (الطاقة التي تفقدها جسيمة α عند اجتيازها الغلاف النيوتروني المحيط بالنوى الثقيلة) بتابعية سماكة هذا الغلاف.

طرائق البحث ومواده:

تم في هذا البحث استخدام بيانات مرجعية ورقية وإلكترونية ، وتمت معالجة هذه البيانات بطرائق رياضية وبيانية باستخدام برامج الحاسوب في المعالجة والحساب الرياضي وكذلك في الرسم البياني ، وفي استنتاج العلاقات الرياضية.

نموذج كلاسيكي لآلية تفكك α

يقتصر إصدار α ، كما ذكر في الفقرة السابقة ، على النوى المتوسطة والثقيلة باستثناء بعض النظائر الصنعية الخفيفة.

تتألف جميع النوى المتوسطة والثقيلة من لب يحوي نيوترونات وبروتونات يحيط به غلاف يحوي نيوترونات فقط ، [12,11,10,9] وتكون سماكة الغلاف النيوتروني من مرتبة $10^{-16}\,m$ ، ويعمل هذا الغلاف على الإمساك بالبروتونات ولولاه لكان هناك احتمال كبير نسبياً لتحرر البروتونات السطحية نتيجة الدفع الكهربائي الكبير نسبياً المطبق عليها من بقية بروتونات النواة [13] .

تتشكل α، كما ذكرنا سابقاً ، في المنطقة السطحية من اللب الداخلي ، وبعد تشكلها لن تتفكك مطلقاً ، كونها النواة الأكثر استقراراً بين جميع النوى ، و بالتالي ستتحرك بعد تشكلها كجسيم مفرد وتكون حركتها اهتزازية باتجاهات عشوائية لكن بسعات كبيرة نسبياً مقارنةً مع حركة النوكليونات داخل النواة ، ويعزى السبب في ذلك إلى كونها في منطقة سطح النواة متدنية الكثافة ويكون احتمال حركتها باتجاه سطح النواة أكبر من احتمال حركتها بأي اتجاه آخر ، ويعزى السبب في ذلك إلى طاقة الدفع الكهربائي التي يخضع لها بروتوني جسيمة α من بقية بروتونات النواة والتي تولد قوة تدفع بجسيمة α نحو خارج النواة .

تعطى طاقة الدفع الكهربائي الساكن E_C التي تخضع لها جسيمة α في النواة الأصل ${}^{A}_{Z}P$ بعلاقة كولون التالية :[14]

$$E_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{2e(z-2)e}{R} \qquad (12)$$

حيث R نصف قطر النواة الأصل ، وذلك على اعتبار α متواجدة في المنطقة السطحية على بعد يساوي نصف قطر النواة تقريباً ، حيث سماكة الغلاف النيوتروني مهملة أمام نصف القطر.

يمكن اعتبار أن منبع الطاقة الكلية المرافقة لتفكك α هو طاقة الدفع الكهربائي E_C المعطاة بالعلاقة (12) ، وبناءً عليه تتوزع E_C إلى الطاقتين الحركيتين لكل من α وD ورمزاهما E_α , E_D ، على الترتيب ، ومجموعهما Q_α التي تحسب بالعلاقة (٢) ، يضاف إلى ذلك أن قسم من E_C يصرف لاقتلاع النوكليونات الأربعة (2P) و (2n) وتعطى كل من طاقة اقتلاع البروتون Q_P وطاقة اقتلاع النيوترون Q_n ، على الترتيب ، من النواة الأصل $({}^{A}_{Z}P)$ بالعلاقتين التاليتين[15]:

$$Q_P = [m_P + M({}^{A-1}_{Z-1}D) + m_e - M({}^{A}_{Z}P)]931.49 \qquad (13)$$
$$Q_n = [m_n + M({}^{A-1}_{Z}D) - M({}^{A}_{Z}P)]931.49 \qquad (14)$$

بما أن جسيمة α تتالف من 2n و 2p فإن اقتلاعها يجب أن يتضمن $2Q_n + 2Q_p$ ..... وإذا كان منبع الطاقة هو E_c فإنه يجب : $E_c > Q_\alpha + 2Q_p + 2Q_n$ لكن في الواقع تظهر الحسابات أن $E_c = Q_\alpha + 2Q_p + 2Q_n$ لذلك كان لا بد من إضافة حد إلى الطرف الأيمن وهذا الحد هو الطاقة المصروفة لاجتياز α للغلاف النيوتروني ورمزها E_{lost} وما يبرر ذلك هو أن $E_{lost} \sim S_n$ حيث S_n سماكة الغلاف النيوتروني . وأما مايبرر كتابة

$2Q_n , 2Q_P$ فهو ما يلي : عند حساب طاقة اقتلاع نيوترون $(Q_n)_1$ ثم اقتلاع نيوترون من النواة المتبقية $(Q_n)_2$ فقد وجد أن

$(Q_n)_1 + (Q_n)_2 = 2(Q_n)_1$ دائماً . وبنفس الأمر بالنسبة للبروتونات $(Q_p)_1 + (Q_p)_2 = 2(Q_p)_1$

وبناءً عليه يمكن كتابة العلاقة التالية :

$$E_c = Q_\alpha + 2Q_P + 2Q_n + E_{lost} \qquad (15)$$

تم حساب كل من $E_c, Q_\alpha , Q_P , Q_n , E_{lost}$ باستخدام العلاقات (١٢) ، (٢) ، (١٣) ، (١٤) ، (١٥) ، على الترتيب ، وقد تم ذلك من أجل جميع النوى المصدرة لِ α لنظائر العناصر $Z \geq 92$ ، وكمثال على ذلك يظهر الجدول (١) قيم E_{lost} من أجل نوى نظائر العنصر ($_{95}$Am) كما أدرج في هذا الجدول أيضاً القيم المرجعية [14] لسماكة الغلاف النيوتروني S_n لنظائر العنصر $_{95}$Am وتم تقسيم نظائر هذا العنصر إلى قسمين ، قسم أول يتضمن النظائر التي لها عدد فردي من النيوترونات odd N ، والثاني يتضمن النظائر التي لها عدد زوجي من النيوترونات even N ، (حيث تتوزع النيوكليونات (نيوترونات وبروتونات) داخل النواة على سويات الطاقة لفيرمي وفق مبدأ باولي بحيث تتسع السوية الواحدة ، على الأكثر ، لنيوترونين متعاكسين بالسبين وبروتونين متعاكسين بالسبين ، وعندما تكون السوية الطاقية العليا (الأخيرة) التي تحوي بروتونات مشبعة بالبروتونات أي تحوي بروتونين (أي Z من النوع even) فإن النواة تكون أكثر استقراراً مما لو كانت تحوي بروتون أي عندما Z من النوع odd ونفس الأمر بالنسبة للنيوترونات فعندما تكون السوية الأخيرة التي تحوي نيوترونات مشبعة أي يتوضع فيها نيوترونان فإن N من النوع even وتكون النواة في هذه الحالة أكثر استقراراً مما لو كانت السوية الأخيرة غير مشبعة بالنيوترونات أي تحوي نيوترون واحد أي عندما N من النوع odd ويقصد بأكثر استقراراً هو أن كل من $\overline{BE}$, $T_{\frac{1}{2}}$ أعلى . وبناءً على ماسبق تمت كتابة الحد الخامس في علاقة (Weizsäcker) :

$$BE = a_1 A - a_2 A^{2/3} - a_3 \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - a_4 \frac{(A-2Z)^2}{A} (\pm,0) \frac{a_5}{A^{3/4}}$$

حيث إشارة + في الحد الخامس من أجل النوى (even , even)

وإشارة – من أجل النوى (odd , odd)

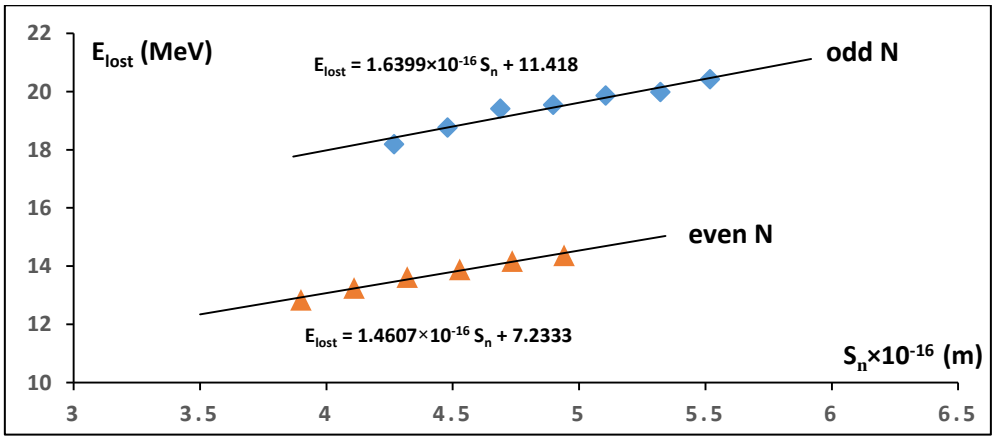
والـ ٠ من أجل النوى (odd , even) أو (even , odd)).

كما يتضمن الجدول قيم الطاقة الضائعة E_{lost} المصروفة لعبور α سماكة الغلاف النيوتروني S_n من أجل نظائر العنصر $_{95}$Am .

الجدول(١): قيم كل من S_n , E_{lost} من أجل نظائر العنصر($_{95}$Am)

A	$E_{lost}\ (MeV)$	$S_n \times 10^{-16}\ m$	
232	18.1881	4.2681	odd N
234	18.7564	4.4793	
236	19.4043	4.6894	
238	19.5381	4.8983	
240	19.8548	5.1061	
242	19.978	5.3126	
244	20.4218	5.5181	
233	12.8434	3.8996	even N
235	13.2552	4.1103	
237	13.6278	4.3198	
239	13.8899	4.5281	
241	14.1738	4.7352	
243	14.3688	4.9412	

تم بعد ذلك باستخدام برنامج Excel رسم الخط البياني E_{lost} بتابعية S_n وكذلك استنتاج المعادلة الموافقة ، وكما يظهر الشكل (١) هناك علاقتين خطيتين تربطان E_{lost} بـ S_n إحداهما من أجل النوى odd N والأخرى من أجل النوى even N :



الشكل(١): الطاقة الضائعة E_{lost} ضمن الغلاف النيوتروني S_n عند اجتياز α هذا الغلاف بتابعية سماكة هذا الغلاف S_n لنظائر العنصر $_{95}$Am

تم إجراء الحسابات السابقة ورتبت جداول مماثلة للجدول (١) وكذلك رسمت باستخدام برنامج excel خطوط بيانية مشابهة لتلك الموجودة في الشكل (١) من أجل كل من العناصر الثقيلة $92 \leq Z \leq 109$ وتم كذلك باستخدام برنامج Excel كتابة المعادلتين الموافقتين لكل من even N , odd N لكل من هذه العناصر ، وقد وجد كما هو الحال من أجل العنصر $_{95}$Am أن هناك علاقتين خطيتين مختلفتين تربطان E_{lost} بـ S_n إحداهما من أجل النوى

evev N والأخرى من أجل النوى odd N ويمكن بالتالي كتابة الشكل العام للمعادلتين اللتين تربطان E_{lost} بـ S_n كما يلي :

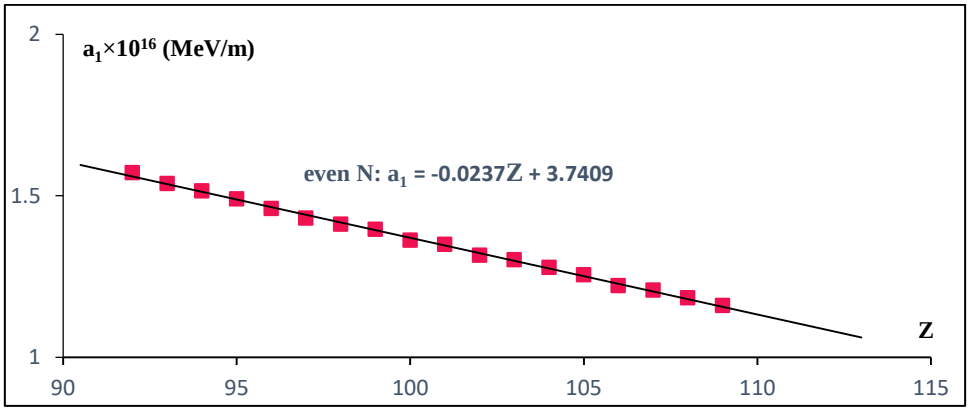
$$\text{even N} \rightarrow E_{lost} = a_1 S_n + b_1 \qquad (16)$$

$$\text{odd N} \rightarrow E_{lost} = a_2 S_n + b_2 \qquad (17)$$

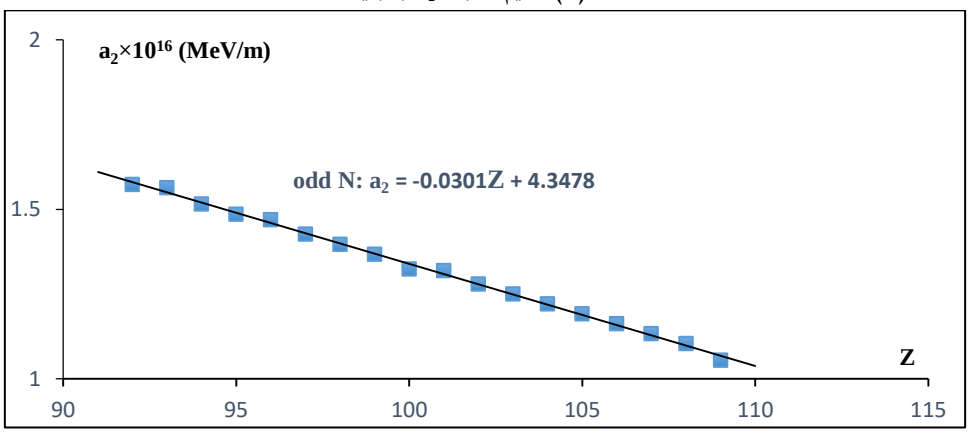
تختلف قيمة كل من الثوابت a_1, b_1, a_2, b_2 من عنصر لآخر ، أي ترتبط قيمة كل منها ب Z ، لذلك ومن أجل الحصول على معادلات عامة تربط E_{lost} بـ S_n فقد تم تحديد قيم كل من هذه الثوابت الأربعة من أجل كل من العناصر $92 \leq Z$ فكانت كما هو مدرج في الجدول (٢)

الجدول (٢) : قيم الثوابت a_1, b_1, a_2, b_2 التي تربط E_{lost} بـ S_n لكل من العناصر $92 \leq Z \leq 109$

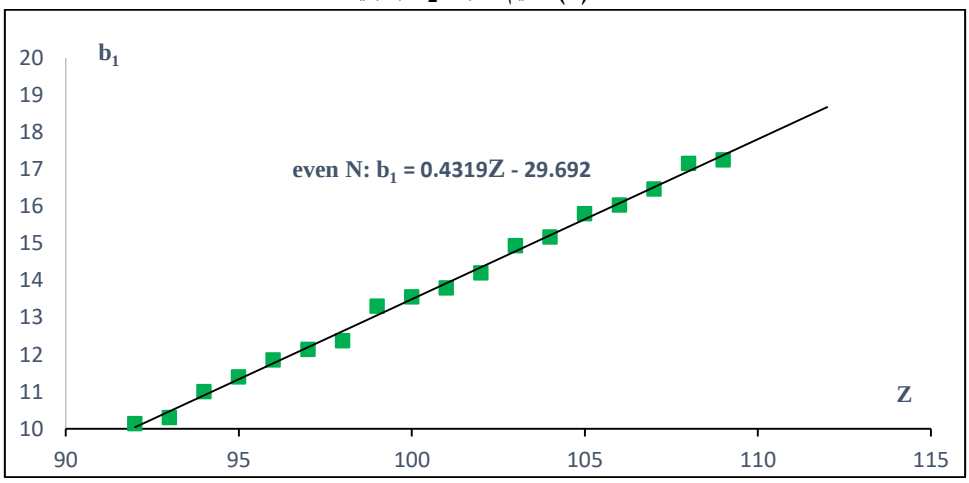
	even N		odd N	
العنصر	$a_1 \times 10^{16}$ MeV/m	b_1 (MeV)	$a_2 \times 10^{16}$ MeV/m	b_2 (MeV)
$_{92}$U	1.5714	10.1331	1.5725	5.2831
$_{93}$Np	1.5381	10.30005	1.5632	6.2111
$_{94}$Pu	1.5151	10.9972	1.545	6.41
$_{95}$Am	1.49054	11.3887	1.4846	7.2333
$_{96}$Cm	1.4605	11.8501	1.4688	7.12054
$_{97}$Bk	1.4304	12.13345	1.4259	7.4222
$_{98}$Cf	1.4123	12.3668	1.3966	7.96842
$_{99}$Es	1.39668	13.3002	1.3673	8.5512
$_{100}$Fm	1.3627	13.5512	1.323	8.6321
$_{101}$Md	1.3491	13.7913	1.3187	9.24024
$_{102}$No	1.3156	14.2002	1.2794	9.8523
$_{103}$Lr	1.302	14.93355	1.2501	10.25
$_{104}$Rf	1.2784	15.1669	1.2208	10.51206
$_{105}$Db	1.2549	15.80025	1.1914	10.936
$_{106}$Sg	1.221292	16.0336	1.1621	11.1922
$_{107}$Bh	1.2077	16.46595	1.1328	11.89
$_{108}$Hs	1.1842	17.1508	1.1035	12.1931
$_{109}$Mt	1.1606	17.9502	1.0542	12.63176



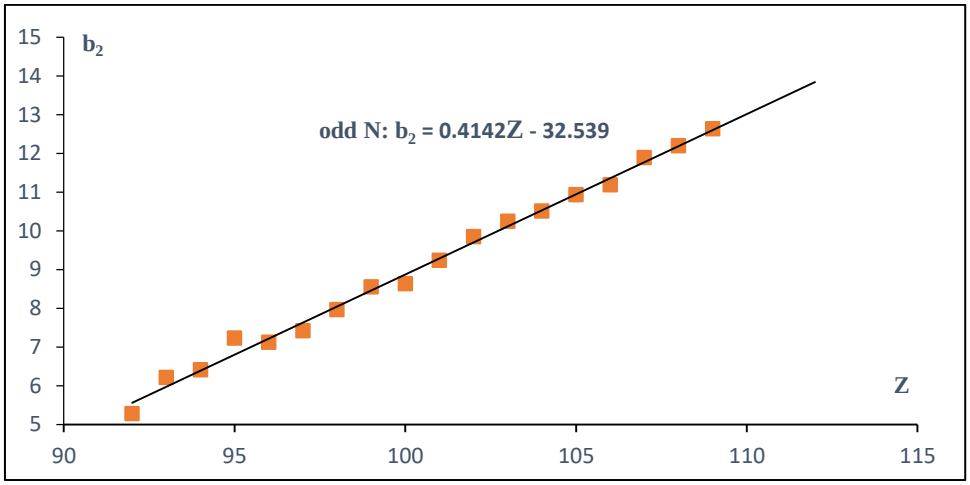
الشكل (٢) : قيم الثابت a_1 بتابعية Z



الشكل (٣) : قيم الثابت a_2 بتابعية Z



الشكل (٤) : قيم الثابت b_1 بتابعية Z



الشكل (٥) : قيم الثابت b_2 بتابعية Z

يمكن الحصول على معادلتين عامتين ، إحداهما للنوى even N والأخرى للنوى odd N من أجل جميع العناصر

$92 \leq Z \leq 109$ ، وذلك عن طريق التمثيل البياني لكل a_1, a_2, b_1, b_2 بتابعية Z باستخدام البيانات في الجدول (٢) ويوضح ذلك الأشكال (٢) ، (٣) ، (٤) ، (٥)

تم باستخدام برنامج Excel كتابة المعادلات التي تربط كل من a_1, a_2, b_1, b_2 بتابعية Z وكانت كما يلي :

$$\text{even N} : a_1 = -2.37\times10^{-2}Z+3.7409 \quad (18)$$

$$\text{odd N} : a_2 = -3.017\times10^{-2}Z+4.3478 \quad (19)$$

$$\text{even N} : b_1 = 4.319\times10^{-1}Z-29.692 \quad (20)$$

$$\text{odd N} : b_2 = 4.142\times10^{-1}Z-32.539 \quad (21)$$

بتبديل a_1 , b_1 من المعادلتين (١٨) ، (٢٠) ، على الترتيب ، في المعادلة (١٦) وتبديل a_2 , b_2 من المعادلتين (١٩) ، (٢١) ، على الترتيب ، في المعادلة (١٧) يمكن الحصول على العلاقتين :

even N :

$$E_{lost} = (-2.37 \times 10^{-2}Z + 3.7409)S_n + 4.319 \times 10^{-1}Z - 29.692 \quad (22)$$

odd N : $E_{lost} = (-3.017 \times 10^{-2}Z + 4.3478)S_n + 4.142 \times 10^{-1}Z - 32.539$ (23)

ترتبط S_n بكل من N و Z ضمن المجال $92 \leq Z \leq 109$ ، بعلاقتين مختلفتين إحداهما للنوى even N والأخرى للنوى odd N وهاتين العلاقتين المرجعيتين هما ، على الترتيب ، بالجملة الدولية كما يلي :

even N : $S_n = (-6.2366 \times 10^{-20}Z + 1.6318 \times 10^{-17})N - 6.9365 \times 10^{-18}Z - 3.7378 \times 10^{-16}$ (24)

odd N : $S_n = (-6.2725 \times 10^{-20}Z + 1.6359 \times 10^{-17})N - 8.0624 \times 10^{-18}Z - 1.9912 \times 10^{-16}$ (25)

بتبديل S_n بقيمتها من (٢٤) في (٢٢) ومن (٢٥) في (٢٣) ، يتم الحصول على العلاقتين العامتين التاليتين اللتين تربطان E_{lost}

even N : $$E_{lost} = (-2.37 \times 10^{-2}Z + 3.7409)[(-6.2366 \times 10^{-20}Z + 1.6318 \times 10^{-17})N - 6.9365 \times 10^{-18}Z - 3.7378 \times 10^{-16}] + 4.319 \times 10^{-1}Z - 29.692 \quad (26)$$

odd N : $$E_{lost} = (-3.017 \times 10^{-2}Z + 4.3478)[(-6.2725 \times 10^{-20}Z + 1.6359 \times 10^{-17})N - 8.0624 \times 10^{-18}Z - 1.9912 \times 10^{-16}] + 4.142 \times 10^{-1}Z - 32.539 \quad (27)$$

يمكن بالتالي استخدام العلاقتين (٢٦) ، (٢٧) لحساب الطاقة التي تفقدها جسيمة α لكل نظير من العناصر $92 \leq Z \leq 109$ ، فقط بمعرفة N ، Z لهذا النظير .

النتائج والمناقشة:

يوجد منبع وحيد للطاقة الكلية Q_α لتفكك α هو طاقة التدافع E_c بين بروتوني جسيمة α وبقية بروتونات النواة الأصل

لكن سيصرف قسم من E_c كطاقة اقتلاع لكل من بروتوني ونيوتروني جسيمة α ويجب بالتالي تحقق المساواة التالية:

$$E_c = Q_\alpha + 2Q_p + 2Q_n$$

لكن تظهر الحسابات أن هذه المساواة غير محققة وإنما $E_c > Q_\alpha + 2Q_p + 2Q_n$ دوماً ، ولا بد في هذه الحالة من وجود حد رابع ، ولا يمكن أن يكون هذا الحد الرابع إلا طاقة ضائعة E_{lost} عند حركة جسيمة α من موقع تشكلها حتى سطح النواة وهذا يعني أن جسيمة α لا تتشكل على سطح النواة وإنما داخلها ويعزى السبب في ذلك إلى أن البروتونات داخلية لا تصل سطح النواة في توزعها وهذا يعزز فرضية وجود غلاف نيوتروني يحيط بالنوى الثقيلة .

يظهر الجدول (٢) ثوابت العلاقات الخطية التي تربط E_{lost} بِـ S_n ، وإن ارتباط S_n مع E_{lost} بعلاقتين خطيتين مختلفتين إحداهما من أجل النوى even N والأخرى من أجل النوى odd N ، وكون a_1 و b_1 تأخذان قيم ثابتة من أجل النظائر even N لنفس العنصر فهذا يعني أن فقدان الطاقة يتم بمعدل ثابت فيها وهذا يعني أن كثافة ودرجة انتظام الغلاف النيوتروني للنوى even N لا يختلفان من نظير لآخر ضمن نفس العنصر

ويأخذ الثابتان a_2 , b_2 قيمتان ثابتتان من أجل نظائر نفس العنصر من النوع odd N يدل هذا على أن معدل فقدان الطاقة في هذه النوى ثابت تقريباً.

يدل ما ورد أعلاه على أن كثافة ودرجة انتظام الغلاف النيوتروني هي نفسها في النظائر لنفس العنصر ، وإن وقوع الخط البياني $E_{lost}=f(s_n)$ للنوى even N تحت نظيره للنوى odd N ناتج عن أن دخول α بداية الغلاف تكون أسهل في النوى even N من نظيرتها في النوى odd N التي تحتاج لصرف طاقة أكبر من أجل هذا الدخول ويعزى السبب في ذلك إلى طاقة الارتباط الوسطى الأعلى وبالتالي الطاقة الحركية الأدنى للنيوكليونات في غلاف النوى even N مقارنةً مع نظيرتها في غلاف النوى odd N وربما الحركة الاهتزازية للنيوترونات الأكبر في الغلاف النيوتروني للنوى odd N هو المسؤول عن جعل اختراقه من الجهة الداخلية تكون أكثر صعوبة في النوى odd N منها في النوى even N .

وأما اختلاف الثوابت a_1 , b_1 , a_2 , b_2 من عنصر لآخر فيدل على اختلاف الكثافة وبنية الغلاف النيوتروني من عنصر لآخر.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

١- تتشكل جسيمة α قبل خروجها على سطح اللب الداخلي للنوى الثقيلة وتصرف طاقة على اجتياز الغلاف النيوتروني لهذه النوى

٢- لا بد من وجود غلاف نيوتروني يحيط بالنوى الثقيلة وهذا ما أثبتته دراسة تفكك α

٣- تكون كثافة الغلاف النيوتروني المحيطة بنظائر العنصر الواحد متماثلة لكن تختلف من عنصر لآخر

٤- تكون الطاقة الحركية لنيوترونات الغلاف النيوتروني في النوى odd N من عنصر ما أعلى من نظيرتها في النوى even N في نفس العنصر

٥- تكون طاقة الارتباط لنيوترونات الغلاف النيوتروني في النوى odd N من عنصر ما أدنى من نظيرتها في النوى even N في نفس العنصر

٦- ترتبط الطاقة المصروفة من قبل جسيمة α لاجتياز الغلاف النيوتروني بعلاقة خطية مع سماكة الغلاف النيوتروني ، تختلف ثوابت هذه العلاقة عند الانتقال من النوى even N إلى النوى odd N ضمن نفس العنصر وتختلف كذلك عند الانتقال من عنصر لآخر .

التوصيات:

يمكن بناءً على نتائج هذا العمل دراسة بنية الغلاف النيوتروني باستخدام تفكك α بغية التوصل إلى شكل وآلية ترابط النيوترونات ضمنه بغية التوصل إلى الإجابة عن السؤال : هل نيوترونات الغلاف مغروسة جزئياً في اللب أم أنها مفلطحة ؟! وذلك لأن سماكة الغلاف النيوتروني أدنى من قطر النيوترونات .

المراجع:

[1]– RAYMOND,A.S.*Physics for Scientists and Engineers with modern physics*. 1st .ed, Sounders College Publishing ,1996, 1355.

[2]- N.I.Koschkin,M.G. *Schirkewitsch,Elementare physic Akademie*, Verlag,Berlin, 1987.

[3]- Frank J.Blatt, *Modern (Mc Graw-Hill) international edition*,Physics Series, 1992.

[4]- BRINK,M.D. *Semi-classical Methods in Nuclear Physics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001.

[5]- JAGDISH,K.TUlI: Nuclear Wallet Cards. 3rd ed, *National Nuclear Data Center, Bookhaven National Laboratory*, New York, U.S.A, 2011, 84.

[6]- B.M.Jaworski A.ADetlaf.*Tascheubuch der physic Akademie-Verlag Berlin 1985*.

[7]- HADIGSON,P.E; GADIOLI,E. *Introductory Nuclear Physics*, 1st ed. OXFORD science publication New York, 1997, 428.

[8]- Walet.N. *Nuclear and particle physics*. 1st ed , UMIST, Manchester, U.K.2003, 78 .

[9]- Fang De-Qing, MAYu Gang, etl. *Effect of Neutron Skin Thickness in Peripheral Nuclear Reactions, Shanghai Institut of Applied Physics*, Chinese Academy of Sciences Shanghai 201800 (Received 24 March 2011).

[10]– عباس، مفيد; فاهود، محمد; إبراهيم، بهجت; هشام، صقر. *تحديد القمتين الأعظميتين الممكنتين لكل من N و Z لأثقل نظير يمكن إنتاجه صنعياً*. مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الأساسية، المجلد٧ العدد٢. ٢٠٢٣.

[11]– صقر،هشام; عباس، مفيد; فاهود، محمد. *حساب القيمة الدنيا والقيمة العظمى لسماكة طبقة النيوترونات المحيطة بالنوى الثقيلة* ، مجلة جامعة البعث، مجلد ٤٤ . ٢٠٢٢.

[12]– عباس، مفيد; فاهود، محمد; صقر، هشام. *تحديد N لأثقل نظير ولأخف نظير يمكن انتاجهما لكل من العناصر Z≥92*. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الأساسية، مجلد٤٤ العدد١٦ . ٢٠٢٢.

[13]– BASDEVANT,L.J; RICH.J*; SPIRO.M. Fundamental in Nuclear Physics From Nucleon Structure to Cosmol*gy. 1st ed, Springer, U.S.A, 2005, 515.

[14]– عباس، مفيد; نظام، محي الدين; طالب، عبدالله. *الانشطار النووي وسماكة طبقة النيوترونات*، أطروحة دكتوراه، جامعة تشرين، ٢٠٢٢.

[15]- JAWORSKI, B.M, DETLAF, A.A. *Taschenbuch ClerPlysik,* Akademie Verlag, Berlin, 1995, 76.