



ISSN: 0067-2904

GIF: 0.851

## تطوير علاقة شبه تجريبية لتحديد أنصاف أعمار النوى الزوجية - الزوجية الثقيلة الباعثة لجسيمات الفا

فiras محمد علي الجميلي، ميان إبراهيم خليل الحبيطي\*

قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة الموصل، الموصل، العراق

### الخلاصة

تضمنت هذه الدراسة تحديد لوغاريتم الأعمار النصفية للنوى الزوجية - الزوجية الثقيلة التي تمتلك أعداد ذرية محصورة ما بين  $82 \leq Z \leq 102$  من خلال إعادة الكرة لأنموذج الجسيم الواحد المقترح من قبل كروني وكوندن عام 1928 المبني على أساس تشكل جسيمة ألفا في النواة الام قبل انحلالها نقياً، مع اجراء عملية تحويل بسيطة على نصف قطر النواة. تبين بأن تغيير نصف قطر النواة (2%) سيغير من قيمة ثابت الانحلال بمقدار (2-3) أضعاف مما سينعكس على لوغاريتم العمر النصفى للنواة بشكل كبير فضلاً عن التناسب العكسي ما بين نصف قطر النواة وارتفاع حاجز الجهد. كما تم تحديد لوغاريتم العمر النصفى للنوى قيد الدرس من خلال عدد من النماذج المتداولة التابعة لدراسات اخرى الى جانب الانموذج المقترح (P.W.M) من قبلنا الذي يحوي على علاقة شبه تجريبية مبنية على اساس قاعدة كايكر ونوتال كما يحوي الانموذج على حد متمثل بنسبة زيادة النيوترونات  $\left(\frac{N-Z}{A}\right)$  الذي كان له الاثر في ملاءمة لوغاريتم عمر النصف ومقارنته للقيم التجريبية. تمت عملية المقارنة اعتماداً على الاجراءات الاحصائية التي قمنا بحسابها كالانحراف عن معدل مربع الجذر التربيعي (rmsd) والانحراف المعياري ( $\sigma$ ) الى جانب العلاقة ما بين نسبة لوغاريتم العمر النصفى النظري الى التجريبي مع العدد الكتلي (A). اظهرت النتائج ان لوغاريتم العمر النصفى يزداد مع زيادة عدد النيوترونات (N) للنوى جميعها عدا التي تمتلك اعداد سحرية في عددها الذري (Z) او عددها النيوتروني (N) او كلاهما. تم الحصول على معادلات ملاءمة تربط ما بين القيم التجريبية والنظرية للوغاريتم العمر النصفى للانموذجين (P.W.M) و (K.M).

الكلمات المفتاحية: نظرية انحلال الفا، أنموذج الجسيم الواحد، النوى الثقيلة، العمر النصفى.

## The Development of Semi – Empirical Relationship for the Determination of the Half –Lives of Even – Even Heavy Nuclei that Emit Alpha – Particles

Firas Mohammed Ali AL-Jomaily, Mayan Ibraheem Khalil Al-Hobaity\*

Department of Physics, College of Science, Mosul University, Mosul, Iraq

### Abstract

The study involved the determination of the half – lives Logarithm for heavy even – even nuclei that contain atomic numbers in the range between  $82 \leq Z \leq 102$  through revisiting of the one particle model suggested by Gurney Condon and Gamow in 1928. This model is based upon the formation of an alpha particle in the parent nucleus before its tunneling decay. In addition, a simple modification process is done on the nucleus radius. in which it was found that the nucleus radius (2%)

\*Email: mayan\_8787@yahoo.com

will change the decay constant value (2-3 times) which will greatly affect the nucleus half-life logarithm as well as its effect on the inverse proportion between the nucleus radius and the potential barrier rise. The half – life logarithm for the nuclei being studied was determined, through several common models that belong to another studies alongside our proposed (present work) Model (P.W.M) that contains semi – empirical relation based on the Geiger & Nutall rule. That is with suitable constants that were obtained through trial and error as the model contain a term represented by the relative neutrons excess  $\left(\frac{N-Z_p}{A}\right)$  which was extremely important in half life logarithm suitability and its approach to experimental values. The comparison process depending on statistical procedures that we undertook as in the calculation of root mean square deviation (rmsd) as well as the standard deviation ( $\sigma$ ) alongside the relation between the theoretical and experimental half-life logarithm ratio. Results showed that the half-life logarithm increases with the increase in neutrons numbers (N) for all nuclei except those that contain magic numbers in their atomic numbers (Z) or neutron numbers (N) or both. The fitting equations that link between theoretical and experimental half-life logarithm and for two Model (P.W.M) and (K.M), were obtained.

**Keywords:** Alpha – decay theory, One – Body Model, Super heavy nuclei, Half – Life.

#### ١ - المقدمة :

دُرِس انحلال الفا في عقود الخمسينات والستينات على نطاق واسع في القرن السابق، بعد ذلك كان هناك استقرار في مجال نظرية انحلال الفا حتى فترة قريبة. فقد أُستفد هذا المجال بسبب إن غالبية الاشياء التي يمكن ان تقاس او تحسب باجهزة تلك الفترة كانت قد انجزت [ 1 ] .

ان امكانية حدوث عمليات انحلال الفا للنوى الثقيلة والثقيلة جداً (heavy and super heavy nuclei) تكون عالية بالموازنة مع الانحلال عن طريق الانشطار التلقائي اذا كان تأثير القشرات النووية يُزيد من طاقات ربط النوى وارتفاع حاجز جهد الانشطار [2, 3]. يُرافق انحلال الفا لتلك النوى انحلالاً آخرًا متمثلاً بجسيمات بيتا عن طريق التفاعلات الضعيفة ولكن باحتمالية قليلة جداً [4] .

وللتقدم التكنولوجي الحاصل في وقتنا الراهن ولكمية البيانات المتراكمة الى جانب استكشاف عناصر جديدة تمتلك  $Z > 92$  (عناصر الاكتينات التي تقع بعد اليورانيوم) فضلاً عن الجهود المعبرة التي بُذلت مؤخراً في مجال التحضير النووي (nuclear synthesis) باستعمال المعجلات الحديثة للحصول على نوى ثقيلة جداً التي تُحكم انحلالها بانبعث جسيمات الفا والانشطار التلقائي، فقد اصبح من الضروري العودة لنظريات انحلال الفا واقتراح نماذج وصيغ شبه تجريبية تحكم تلك الانحلالات للوصول الى اعمار انصاف تلك النوى ومقارنتها مع القيم التجريبية. فقد قام العديد من الباحثين ببذل جهود كبيرة في هذا المجال. اذ قدر الباحث [5] الاعمار النصفية للنوى الزوجية - الزوجية الباعثة لجسيمات الفا من خلال احتمالية اختراق حاجز الجهد في اطار تقريب WKB (Wentzel , Kramers and Brillouin) بالنسبة للانحلال التلقائي اللامتناظر باستخدام قيم طاقات الفا ( $Q_\alpha$ ) العملية ضمن نموذج قطرة السائل (Liquid Drop Model) LDM واستنتج الباحث بأن هناك تطابق معقول بين القيم النظرية والعملية. كما قام [6] بحساب الاعمار النصفية للنظائر الحديثة ذات الاعداد الذرية الزوجية ( $Z=112, 114, 116$  and  $118$ ) من خلال مسار الشكل شبه الجزيئي (quasi-molecular shape path) ذلك باستعمال قيم طاقات الفا العملية فضلاً عن استخدام نموذج قطرة السائل. قورنت النتائج مع الحسابات التي تستخدم تأثير التفاعل المعتمد على الكثافة  $DDM_{3Y}$  (Density-Dependent  $M_3Y$  Effective Interaction) فضلاً عن حسابات صيغة VSS (Viola, Seaborg, Sobiczewski formula) واستنتج بأن هناك تقارب لقيم اعمار النصف النظرية والعملية ولجميع نماذج المستخدمة. واقترح [7] صيغ شبه تجريبية لتحديد الاعمار النصفية لانحلال الفا ضمن تقريبات WKB المعتمدة على احتمالية الاختراق، وقران نتائج مع نتائج صيغ مقترحة سابقاً تعتمد فقط على شحنة وطاقة جسيمات الفا فضلاً عن اجراء مقارنات اخرى مستندة على تأثير التفاعل المعتمد على الكثافة ( $DDM_{3Y}$ ) وصيغة (VSS) ووجدوا توافقاً جيدة تسمح بعمل توقعات للاعمار النصفية لنوى ثقيلة جداً ومجهولة. اما [8] فقد حسب الاعمار النصفية لانحلال الفا باستخدام نموذج تحليل الانشطار

اللامتناظر (Analytical super asymmetric fission model) ASAFM لنوى ثقيلة جدا فضلا عن حسابه ارتفاع وعرض حاجز الجهد النووي من خلال تقريبات كمية.

ويهدف عملنا الحالي الى تحديد الاعداد النصفية للنوى الزوجية - الزوجية المحصورة ما بين  $82 \leq Z \leq 102$  ونظائرها وذلك من خلال اعادة الكرة (revisiting) لأنموذج الجسيم الواحد المقترح من قبل كروني وكوندن وكامو عام 1928 المعتمد على صيغ كلاسيكية - كمية في توصيف نظرية انبعاث جسيمة الفا التي تستند على مبدأ تشكّل تلك الجسيمات داخل النواة قبل انحلالها نفقياً بعد اجراء تحوير بسيط على نصف قطر النواة الذي تبين بان له الاثر البالغ على النتائج. كما تهدف الدراسة الى تطبيق نماذج متداولة لعدد من الدراسات السابقة للنوى قيد الدرس وتحديد العمر النصفى لها وبيان مدى امكانية الاستناد اليها في توصيف نظرية انبعاث الفا بالاعتماد على عمليات احصائية كالانحراف عن معدل مربع الجذر التربيعي (rmsd) root mean square deviation الى جانب الانحراف المعياري ( $\sigma$ ) standard deviation. كما تتضمن هذه الدراسة اقتراح انموذج يحوي على علاقة شبه تجريبية مبنية على اساس قاعدة كايكر - نوتال الى جانب بعض المعاملات التي تضمنها انموذج الجسيم الواحد وبثوابت ملائمة معينة فضلاً عن اضافة الحد المتمثل بنسبة زيادة النيوترونات ( $\frac{N-Z_p}{A}$ ) للعلاقة شبه التجريبية. وسيتم مقارنة الانموذج المقترح مع بقية النماذج المتداولة للوصول الى مدى جدوى استخدامه في توصيف نظرية انبعاث الفا وبالتالي تحديد الاعداد النصفية للنوى المذكورة في اعلاه. كما تهدف الدراسة الحصول على معادلات ملائمة تربط ما بين القيم العملية والنظرية للوغاريتم العمر النصفى للانموذجين (K.M) و (P.W.M).

## 2- الجزء النظري والحسابات:

### 1-2 نظرية انبعاث جسيمات ألفا وأنموذج الجسيم الواحد: Alpha theory & One -Body Model

وضع العالم Gamow ومن قبله كروني Gurney وكوندن Condon عام (1928) بصورة منفصلة وعلى انفراد نظرية عرفت بأنموذج الجسيم الواحد One-Body model.

يعتمد الوصف النظري لانبعاث الفا على حساب النسبة لحد مكون من عاملين. وحسب نظرية الجسيم الواحد، فان ثابت الانحلال ( $\lambda$ ) الذي يمثل احتمالية الانحلال في وحدة الزمن يساوي التردد ( $f$ ) أي عدد التصادمات في الثانية التي تقوم بها جسيمة الفا مع سطح الحاجز ( $\frac{U}{2R}$ ) مضروبة في احتمالية اختراق الحاجز (P).

إن  $v$  : هي سرعة جسيمة الفا داخل النواة والتي يمكن إيجادها من طاقتها الحركية  $Q_\alpha = \frac{1}{2}mv^2$  عند  $r < R$  (حيث يتم الاعتماد على قيم  $Q_\alpha$  العملية المعتمدة في كثير من المراجع ومنها [9] وستثبت تلك القيم للنماذج المدروسة فضلا عن أنموذجنا الذي سنقترحه لاحقاً)

وان  $m$  : تمثل كتلة جسيمات الفا.

$R$ : يمثل نصف قطر النواة ويحسب حسب العلاقة الآتية [10].

$$R = 1.2 \left( A_d^{1/3} + A_\alpha^{1/3} \right) \dots \dots \dots (1)$$

الذي يعبر عن المسافة الفاصلة والمؤثرة بين النواة الوليدة  $A_d$  ونواة الهيليوم  $A_\alpha$  عند قمة حاجز الجهد .

كما يعبر عن قيمة  $R$  على انها نصف القطر المؤثر Effective Radius إذ سيكون شكل المعادلة (1) متلائم مع الاساس الذي بُني عليه الانموذج إذ يتضح بان جسيمة الفا قد تكون فعلاً متشكلة داخل النواة مسبقاً ومهيأة للانحلال حالما تتمكن من اختراق حاجز الجهد بالعبور النفقي. وبهذا سيكون لنصف القطر المؤثر بشكله الحالي إمكانية للتقليل من ارتفاع حاجز الجهد حسب المعادلة (2) المبينة ادناه مما سيؤثر حتماً على معدل انحلال النوى الثقيلة جميعها ومن ضمنها النوى قيد الدرس ، ان فكرة تضمين شكل المعادلة (1) كان اساساً مستتبهاً من فكرة التفاعل النووي عندما تسقط بعض المقذوفات لتتفاعل مع نوى الهدف فعند اقرب مسافة اقتراب بينهما اقترح الباحث Wong عام 1990 بان نصف قطر النواتين المتفاعلتين سيأخذ شكل المعادلة (1) [11].

فضلا عن ذلك فقد اعتمد الباحث [1] شكل المعادلة (1) ايضا عندما اقترح انموذجاً متكاملًا لوصف نظرية انبعاث جسيمات الفا من خلال مبدأ عامل الاعاقه، وقد اطلق عليه اسم نصف القطر المؤثر (Touching Radius) .

ويحسب عمر النصف حسب العلاقة الآتية:

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{0.693}{f * p} = \frac{0.693}{\frac{\sqrt{2Q\alpha/m}}{2R} * e^{-2G}}$$

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\frac{\sqrt{2Q\alpha/m}}{2R} * e^{-2\sqrt{\frac{2m2Z_d e^2}{\hbar^2 4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{\pi}{2} - 2\sqrt{\frac{Q\alpha}{B}} \right]}}$$

اذ ان  $G$ : هو معامل كامو المستحصل من خلال عمليات رياضية تكاملية مبينة في كثير من المصادر ومنها [12]. و  $B$  الذي يمثل ارتفاع حاجز الجهد الكولومي ويعطى بالعلاقة الآتية:

$$B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2Z_D e^2}{R} \dots \dots \dots (2)$$

بعد ذلك نحولها الى لوغاريتم عمر النصف  $\log[T_{1/2}(\text{sec})]$

ومن الجدير بالملاحظة باننا سنرمز الى النموذج الجسيم الواحد (O.B.M<sub>1</sub>) بالرمز (O.B.M<sub>1</sub>).

## 2-2 تحويلات النموذج الجسيم الواحد: Modification of the One- Body Model

يتمثل الاساس الذي بني عليه النموذج الجسيم الواحد بان جسيمة الفا تتشكل مسبقا داخل النواة، وعلى هذا الاساس يمكن لنا اجراء

تحويل مبسط على المعادلة (1) وتحويلها الى الشكل الآتي:

$$R = 1.08(A_D)^{1/3} + 2 \dots \dots \dots (1a)$$

اذ ان 1.08: تمثل ثابت التناسب.

$A_D$ : العدد الكتلي للنواة الوليدة.

2: يمثل ثابت التصحيح.

ان هذا الشكل لمعادلة نصف القطر اقترحه الباحث الياباني Koura في عام (2002) الذي يعمل في جامعة واسيدا في طوكيو، اذ توصل الى صيغة شبه تجريبية لمحاكاة انبعاث جسيمات الفا في النوى الثقيلة والتقلية جدا كعلاقة عامة وشاملة لجميع انواع النوى، ومن الجدير بالذكر ان شكل المعادلة المقترح يمكن ان يؤكد على الاساس الذي بُني عليه الانموذج. اذ يتضح من خلال المعادلة المقترحة انه قد اخذ بالاعتبار النواة الوليدة فضلا عن ثابت التصحيح للمسافة الفاصلة والمؤثرة بين النواة الوليدة وجسيمة الفا لحظة انحلالها عند تجمعها على سطح النواة وباجراء التحويل المقترح على النموذج الجسيم الواحد من خلال تطبيق جميع معادلات اصل الانموذج فيما عدا المعادلة (1) التي تم استبدالها بالمعادلة (1a) وذلك من اجل التوصل الى لوغاريتم اعمار أنصاف النوى قيد الدرس وسنرمز من الآن ولاحقاً لهذا التحويل ولجميع تطبيقاته بالرمز (O.B.M<sub>2</sub>) [13].

وسيتم اقتراح شكل اخر للمعادلة (1) الذي يتمثل بالعلاقة الآتية :

$$R = 1.4A^{1/3} \dots \dots \dots (1b)$$

اذ ان  $A$ : تمثل العدد الكتلي للنواة الام .

وان 1.4: يمثل ثابت نصف القطر والذي يعبر عن استطارة الجسيمات.

وإذا تفحصنا شكل المعادلة اعلاه نرى انه لا يدعم بشكل مباشر فرضية ان جسيمة الفا قد تشكلت مسبقا داخل النواة الذي بدوره يصف شكل نصف قطر النواة الام ولكن الثابت 1.4 يعبر عن انبعاث جسيمات الفا من النواة. وباجراء ذلك التحويل المقترح على النموذج الجسيم الواحد من خلال تطبيق جميع المعادلات المذكورة سابقاً والتي تعبر عن اصل الانموذج فيما عدا المعادلة (1) التي تم استبدالها بالمعادلة (1b) وسنرمز من الان ولاحقاً لهذا التحويل الذي اجري على الانموذج بالرمز (O.B.M<sub>3</sub>).

## 2-3 نموذج وابسترا (W.M): Wapstra Model

اقترح الباحث [14] نموذجا مبسطا بُني على اساس علاقة كايكر -نوتال. اذ تناول الانموذج النوى الزوجية - الزوجية ذوات

العدد الذري الاكبر من 84 ( $Z \geq 84$ ) ويتمثل هذا الانموذج بعلاقته التجريبية على الشكل الآتي :

$$\log T_{\alpha} = \frac{1.2(Z) + 34.9}{\sqrt{Q_{\alpha}}} - 52.4$$

اذ ان  $Z$  : يمثل العدد الذري للنواة الام .

$Q_{\alpha}$ : طاقة جسيمة الفا العملية.

اذ طبق هذا الانموذج على النوى جميعها التي هي قيد الدرس ، كما سنرمز من الان ولاحقا لهذا الانموذج بالرمز (W.M).

#### 2-4 انموذج روير (R.M): Royer Model

اقترح الباحث روير [7] عدة نماذج وذلك حسب نوع النوى المدروسة ذلك بحساب لوغاريتم اعمار النصف وفيما يتعلق بالنوى الزوجية - الزوجية اقترح الانموذج الاتي:

$$\log_{10} T = -27.69 - 1.0441A^{1/3}\sqrt{Z} + \frac{1.5702(Z)}{\sqrt{Q_{\alpha}}}$$

اذ ان  $A$  : يمثل العدد الكتلي للنواة الام.

$Z$ : يمثل العدد الذري للنواة الام.

وتم تطبيق هذا الانموذج على النوى قيد الدراسة (الزوجية - الزوجية) ، وسنرمز من الان ولاحقا لهذا الانموذج بالرمز (R.M).

#### 2-5 انموذج كورا (K.M): Koure Model

اقترح الباحث كورا (Koura) في عام (2002) انموذجا يقترح من خلاله علاقة شبه تجريبية عامة ولجميع انواع النوى الثقيلة والثقيلة جدا الذي اعتمد بصياغة انموذجه على مبدأ اهمال الحدود ذات الرتب العالية من احتمالية اختراق حاجز الجهد (Penetration Probability neglecting higher order terms) اذ يتمثل الانموذج بالصيغة الاتية:

$$\log_{10} T_{\alpha} = 1.7195 \sqrt{\frac{A-4}{A}} \frac{Z_D}{\sqrt{Q_{\alpha}}} - 1.2091 \sqrt{\frac{A-4}{A}} \sqrt{RZ_D} + 0.07466 \frac{R^{\frac{3}{2}}}{Z_D^{\frac{1}{2}}} Q_{\alpha} - \log_{10} N_{\text{coll}} - 1.59157 + h$$

اذ ان :  $R = 1.08(A_D)^{1/3} + 2$

وان  $h = h \cdot \delta_{e0}$

و  $\delta_{e0=0}$  للنوى الزوجية - الزوجية

كما ان  $N_{\text{coll}}$  تساوي  $10^{20.05}$

بينما  $Q_{\alpha}$  : هي طاقة جسيمة الفا العملية

و  $Z_D$ : العدد الذري للنواة الوليدة.

و  $A$ : هو العدد الكتلي للنواة الام .

وتم تطبيق هذا الانموذج على النوى قيد الدرس كما سنرمز من الان ولاحقا على هذا الانموذج بالرمز (K.M).

#### 2-6 الانموذج المقترح: Proposed Model

نتيجة للتطور الحاصل في اكتشاف نوى جديدة تزيد في اعدادها الذرية عن  $Z=90$  (عناصر ما بعد اليورانيوم) ، فضلاً عن امتلاكها اعمار نصفية مابين الطويلة والقصيرة، اصبح من الضروري تطوير انموذج نظري مترابط يسمح بتفسير عملية انحلال جسيمات الفا وصولاً الى تحديد اعمارها النصفية لذا سنعتمد على قاعدة كايكر- نوتال لوصف انبعاث جسيمات الفا للنوى الزوجية-الزوجية قيد الدرس والذي ينص على ان لوغاريتم اعمار انصاف النوى يتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي لطاقة جسيمات الفا المنبعثة وسيحوي هذا الانموذج على معاملات اخرى متعلقة بالنواة وتشمل على  $R_d$  و  $(Z_p - 2)$  والتي تتغير بتغير النظير وان زيادة الجذر التربيعي لتلك المتغيرات سيزيد من لوغاريتم اعمار انصاف النوى

قيد الدرس وبعبارة اخرى ان زيادة العدد الكتلي  $A$  عند التحول من نظير الى اخر للنواة الواحدة سيزيد غالباً من لوغاريتم العمر النصفى ولاسيما للنوى من ذوات الاعمار النصفية الطويلة النسبية .

وانطلاقاً من النجاح الحاصل الذي يبينه الجدول ١- في قيم لوغاريتم اعمار انصاف النوى قيد الدرس من خلال التحوير المقترح الذي اجري على انموذج الجسيم الواحد اثناء استبدال المعادلة (١) بالمعادلة (1a) والتي سنعمدها في انموذجنا المقترح للحصول على علاقة شبه تجريبية مطورة لحساب اعمار انصاف النوى قيد الدرس .

وبناءً على النظامية المتعلقة باضافة النيوترونات الى النواة فان ذلك سيفل من طاقة الانحلال لجسيمات الفا الذي بدوره يزيد من لوغاريتم عمر النصف حسب قاعدة كاير - نوتال لتصبح اكثر استقراراً، اذ تم اضافة الحد  $\left(\frac{N-Z_P}{A}\right)$  الى المعادلة أدناه فيما يخص الانموذج المقترح الذي يمثل نسبة زيادة النيوترونات الذي كان له تأثير ملحوظ في تقريب القيم النظرية للوغاريتم عمر النصف الى القيم العملية ولاسيما للنوى ضمن المدى  $82 \leq Z \leq 90$ .

تم اقتراح عدة ثوابت بالاعتماد على الصواب والخطأ الى ان تم التوصل الى ملائمت جيدة مع القيم العملية واخيراً تمثل هذا الانموذج بالصيغة شبه التجريبية الآتية:

$$\log T = \frac{1.65(Z_P - 2)}{\sqrt{Q_\alpha}} - 26.6 - \sqrt{[(1.08)(A - 4)^{\frac{1}{3}} + 2]} + \left(\frac{N - Z_P}{A}\right)$$

طبقت هذه الصيغة على ٦٥ نواة زوجية - زوجية محصورة ما بين  $82 \leq Z \leq 102$

وسنرمز لهذا الانموذج من الان ولاحقاً بالرمز (P.W.M) الذي يمثل (Present Work Model).

## 7-2 تحديد الانحراف على معدل الجذر التربيعي والانحراف المعياري وعامل التوافق للنماذج المتداولة والانموذج

المقترح:

من اجل مقارنة لوغاريتم اعمار انصاف النوى للقيم المحسوبة من خلال النماذج المتداولة والانموذج المقترح (نظرياً) مع القيم المحسوبة عملياً تم حساب الانحراف عن معدل الجذر التربيعي (Root mean square deviation) (rmsd) للقيم العملية والنظرية من خلال العلاقة الآتية: [15].

$$rmsd = \sqrt{\sum_{i=1}^N (\log_{10} T_{exp}^i - \log_{10} T_{calc}^i)^2 / N}$$

كما تم حساب الانحراف المعياري Standard deviation ( $\sigma$ ) للقيم العملية والنظرية من خلال العلاقة الآتية: [١٦].

$$\sigma = \sum_{i=1}^N \frac{|\log_{10} T_{exp}^i - \log_{10} T_{calc}^i|}{N}$$

## ٣- النتائج والمناقشة:

سنستعرض النتائج التي حصلنا عليها بعد القيام بإجراء الحسابات المتعلقة بجميع النماذج المتداولة والانموذج المقترح ومناقشة هذه النتائج في ضوء نظاميات انحلال الفا في النوى الزوجية - الزوجية الثقيلة على اساس علاقة لوغاريتم عمر النصف مع عدد النيوترونات  $N$ . وقيم (rmsd) و ( $\sigma$ ) الى جانب العلاقة ما بين نسبة القيم النظرية الى القيم التجريبية للوغاريتم عمر النصف مع العدد الكتلي للنوى جميعها للانموذج المقترح. فضلاً عن علاقة لوغاريتم عمر النصف مع نسبة زيادة النيوترونات للانموذج المقترح. وكذلك استخدام منحنيات المعايرة للحصول على معادلات ملائمة تربط القيم التجريبية للوغاريتم العمر النصفى مع القيم النظرية للنوى قيد الدرس.

## 1-3 تحديد لوغاريتم عمر النصف للنماذج المتداولة والانموذج المقترح:

أجريت الحسابات اللازمة لتحديد لوغاريتم عمر النصف للنماذج المتداولة والانموذج المقترح وعليه فان الجدولين 1- و 2- يُبينان قيم الاعداد الذرية والكتلية وعدد النيوترونات الى جانب القيم العملية لطاقات انحلال الفا بوحدات MeV فضلاً عن المقارنة بين القيم

المحسوبة نظرياً مع القيم التجريبية للوغاريتم اعمار النصف للنوى قيد الدراسة طبقاً لنماذج الجسيم الواحد  $(O.B.M_1)$  و  $(O.B.M_2)$  و  $(O.B.M_3)$ ]] الى جانب نماذج  $(W.M)$  و  $(R.M)$  و  $(K.M)$  فضلاً عن الأتمودج المقترح  $(P.W.M)$  على التوالي.  
جدول ١- الاعداد الكتلية والذرية وعدد النيوترونات والقيم التجريبية لطاقات انحلال الفا بوحدات MeV ومقارنة بين القيم التجريبية للوغاريتم اعمار أنصاف النوى مع القيم النظرية حسب النماذج  $(O.B.M_1)$  و  $(O.B.M_2)$  و  $(O.B.M_3)$ .

A,Z,N	$Q_\alpha$ (MeV)	logT(exp.)	logT(calc.) for O.B.M <sub>1</sub>	logT(calc.) for O.B.M <sub>1</sub>	logT(calc.) for O.B.M <sub>3</sub>
186,82,104	6.47	0.68	-1.2069	-0.0211	0.1799
190,82,108	5.697	4.25	2.2649	3.4701	3.633
192,82,110	5.221	6.57	4.797	6.0148	9.104
194,82,116	4.738	9.99	7.7541	8.9862	5.9927
210,82,128	3.792	16.57	14.863	16.1457	16.1433
190,84,106	7.693	-2.59	-4.9918	-3.7998	-3.6062
194,84,110	6.987	-0.38	-2.5678	-1.3604	-1.2007
198,84,114	6.309	2.27	0.1443	1.3682	1.4934
202,84,118	5.701	5.13	2.9818	4.2223	4.313
204,84,120	5.37	4.1	4.7356	5.9858	6.0581
206,84,122	5.327	7.14	4.9373	6.1912	6.251
208,84,124	5.11	7.96	6.1808	6.1912	7.486
210,84,126	5.3	7.07	5.0058	6.2658	6.3024
212,84,128	8.954	-6.52	-9.2189	-8.0098	-7.9308
216,84,132	6.906	-0.84	-2.9271	-1.5016	-1.4695
198,86,112	7.349	-1.18	-3.1514	-1.9258	-1.7856
206,86,120	6.384	2.74	0.5674	1.8192	1.8975
210,86,124	6.159	3.95	1.5173	2.7786	2.8301
214,86,128	9.208	-6.57	-9.2148	-7.9883	-7.9191
218,86,132	7.263	-1.46	-3.2779	-2.0232	-1.999
222,86,136	5.59	5.52	4.1596	5.448	5.422
210,88,122	7.152	0.57	-1.8263	-0.5634	-0.4976
212,88,124	7.032	1.18	-1.399	-0.1315	-0.079
214,88,126	7.273	0.39	-2.378	-1.1113	-1.0666
218,88,130	8.546	-4.59	-6.7309	-5.4749	-5.4365
222,88,134	6.679	1.59	-0.1552	1.1313	1.1225
224,88,136	5.789	5.52	4.0574	5.3627	5.3269
226,88,138	4.871	10.73	9.5718	10.9008	10.8331
218,90,128	9.849	-6.96	-9.5359	-8.2762	-8.2262
222,90,132	8.127	-2.69	-4.7378	-3.4543	-3.445
226,90,136	6.45	3.39	1.7024	3.0159	2.9786
228,90,138	5.52	8.825	6.4979	7.8324	7.766
230,90,140	4.77	12.49	11.3462	12.7018	12.6561
232,90,142	4.083	18.55	16.9175	18.297	18.1694
226,92,134	7.701	-0.57	-2.5472	-1.2354	-1.2561
228,92,136	6.803	2.9	0.989	2.3169	2.2717
230,92,138	5.933	6.43	5.1605	6.507	6.435
232,92,140	5.414	9.5	8.1017	9.4621	9.368
234,92,142	4.858	13.04	11.7712	13.1483	13.0294
236,92,144	4.49	14.87	14.5558	15.9462	15.806
238,92,146	4.27	17.25	16.3757	17.7757	17.6179
234,94,140	6.31	5.89	4.0977	5.46	5.3702
238,94,144	5.593	9.59	7.9392	9.3215	9.1955
240,94,146	5.17	11.316	10.5865	11.9816	11.8348
242,94,148	4.985	13.18	11.8273	13.2298	13.0676
244,94,150	4.66	15.37	14.6974	16.1135	15.4527
238,96,142	6.62	5.51	3.4426	4.822	4.7128
242,96,146	6.216	7.28	5.374	6.7662	6.628
244,96,148	5.8	8.755	7.623	9.0265	8.8691
246,96,150	5.475	11.26	9.5497	10.9632	10.7879
248,96,152	5.05	16.09	12.3628	13.7896	13.5932
240,98,142	7.719	2.03	-0.4268	0.9457	0.849
246,98,148	6.862	4.21	3.0598	4.4628	4.3114
248,98,150	6.361	7.56	5.4597	6.8744	6.7033
250,98,152	6	8.49	7.3637	8.7883	8.5995
252,98,154	6.217	8.01	6.1336	7.5563	7.3616
246,100,146	8.378	0.17	-2.1608	-0.7636	-0.8959
248,100,148	8.002	1.66	-0.8459	0.559	0.411
250,100,150	7.557	3.38	0.8469	2.2609	2.0958
252,100,152	7.17	3.254	2.4431	3.8658	3.6841
254,100,154	7.301	4.14	1.8036	3.2266	3.0667
256,100,156	7.25	4.405	2.0126	3.4391	3.238

252,102,150	8.55	0.74	-2.1008	-0.6814	-0.8469
254,102,152	8.226	1.82	-0.9914	0.4349	0.2546
256,102,154	8.581	0.53	-2.2897	-0.8656	-1.0515

جدول ٢ - الأعداد الكتلية والذرية وعدد النيوترونات والقيم التجريبية لطاقت انحلال الفا بوحدة MeV ومقارنة بين القيم التجريبية للوغاريتم اعمار أنصاف لنوى مع القيم النظرية حسب نموذج (W.M) و (R.M) و (P.W.M).

A,Z,N	$Q_{\alpha}$ (MeV)	logT(exp.)	logT(calc.) for W.M	logT(calc.) for R.M	log T (calc.)for K.M	
186,82,104	6.47	0.68	0.0056	0.348	0.5826	0.2561
190,82,108	5.697	4.25	3.4479	3.5928	3.8751	3.6344
192,82,110	5.221	6.57	5.9382	5.9586	6.1811	6.09
194,82,116	4.738	9.99	8.8396	8.7219	9.1226	8.9553
210,82,128	3.792	16.57	16.0536	15.3877	16.0239	15.9437
190,84,106	7.693	-2.59	-3.4749	-3.0723	-2.8894	-3.2658
194,84,110	6.987	-0.38	-1.0625	-0.8073	-0.6166	-0.8971
198,84,114	6.309	2.27	1.6256	1.7271	1.9453	1.7487
202,84,118	5.701	5.13	4.4335	4.3792	4.6441	4.5151
204,84,120	5.37	4.1	6.1589	6.0182	6.3191	6.2208
206,84,122	5.327	7.14	6.3947	6.2097	6.518	6.4326
208,84,124	5.11	7.96	7.6301	7.373	7.7115	7.647
210,84,126	5.3	7.07	6.5443	6.2804	6.5968	6.5332
212,84,128	8.954	-6.52	-7.0506	-6.9703	-6.7048	-7.1284
216,84,132	6.906	-0.84	-0.7623	-0.9312	-0.7066	-0.8694
198,86,112	7.349	-1.18	-1.4576	-1.2451	-1.0992	-1.3427
206,86,120	6.384	2.74	2.2572	2.2326	2.419	2.3072
210,86,124	6.159	3.95	3.2466	3.1246	3.3298	3.2564
214,86,128	9.208	-6.57	-6.8896	-6.8611	-6.6415	-7.0275
218,86,132	7.263	-1.46	-1.1569	-1.3287	-1.1523	-1.2882
222,86,136	5.59	5.52	6.0101	5.6073	5.8751	5.8997
210,88,122	7.152	0.57	0.1367	0.1076	0.2289	0.1188
212,88,124	7.032	1.18	0.583	0.5088	0.6361	0.5474
214,88,126	7.273	0.39	-0.3022	-0.324	-0.2747	-0.3769
218,88,130	8.546	-4.59	-4.3388	-4.443	-4.3032	-4.5792
222,88,134	6.679	1.59	1.9652	1.6838	1.8368	1.8285
224,88,136	5.789	5.52	5.9949	5.6109	5.8302	5.8986
226,88,138	4.871	10.73	11.2601	10.7533	11.1065	11.2243
218,90,128	9.849	-6.96	-6.866	-6.9513	-6.8155	-7.1448
222,90,132	8.127	-2.69	-2.2735	-2.4834	-2.3987	-2.4996
226,90,136	6.45	3.39	3.8668	3.5163	3.6493	3.7284
228,90,138	5.52	8.825	8.4223	7.9855	8.2135	8.3609
230,90,140	4.77	12.49	13.0294	12.506	12.8672	13.0463
232,90,142	4.083	18.55	18.32	17.7027	18.2509	18.4305
226,92,134	7.701	-0.57	-0.0409	-0.3418	-0.2982	-0.2813
228,92,136	6.803	2.9	3.3077	2.9512	3.0282	3.1373
230,92,138	5.933	6.43	7.2525	6.837	6.9889	7.1689
232,92,140	5.414	9.5	10.0463	9.5789	9.8031	10.0172
234,92,142	4.858	13.04	13.523	12.9999	13.3309	13.5677
236,92,144	4.49	14.87	16.1713	15.5977	16.0212	16.2666
238,92,146	4.27	17.25	17.9156	17.2968	17.7862	18.0361
234,94,140	6.31	5.89	6.3984	5.9483	6.0354	6.2568
238,94,144	5.593	9.59	10.0537	9.53	9.7095	9.9877
240,94,146	5.17	11.316	12.5584	11.9978	12.2529	12.5534
242,94,148	4.985	13.18	13.7528	13.1565	13.6336	13.7643
244,94,150	4.66	15.37	16.4655	15.3882	16.2237	16.0854
238,96,142	6.62	5.51	5.938	5.439	5.4708	5.7364
242,96,146	6.216	7.28	7.804	7.2421	7.3176	7.6276
244,96,148	5.8	8.755	9.9256	9.3377	9.4686	9.809
246,96,150	5.475	11.26	11.7488	11.1339	11.3187	11.6803
248,96,152	5.05	16.09	14.3936	13.7554	14.0268	14.4058
240,98,142	7.719	2.03	2.4895	1.9389	1.8717	2.1054
246,98,148	6.862	4.21	5.8163	5.1896	5.177	5.5088
248,98,150	6.361	7.56	8.0654	7.4242	7.461	7.8349
250,98,152	6	8.49	9.8579	9.1981	9.2819	9.6839
252,98,154	6.217	8.01	8.7617	8.0576	8.1144	8.5145
246,100,146	8.378	0.17	1.1157	0.4322	0.3133	0.5612
248,100,148	8.002	1.66	2.3586	1.6568	1.5488	1.8422
250,100,150	7.557	3.38	3.9478	3.2327	2.3992	3.4869
252,100,152	7.17	3.254	5.4485	4.7192	4.6561	5.0389
254,100,154	7.301	4.14	4.8997	4.1283	4.058	4.4673
256,100,156	7.25	4.405	5.1284	4.3258	4.261	4.6547

252,102,150	8.55	0.74	1.3955	0.5917	0.4337	0.7422
254,102,152	8.226	1.82	2.4447	1.625	1.4763	1.8252
256,102,154	8.581	0.53	1.2982	0.423	0.2691	0.5911

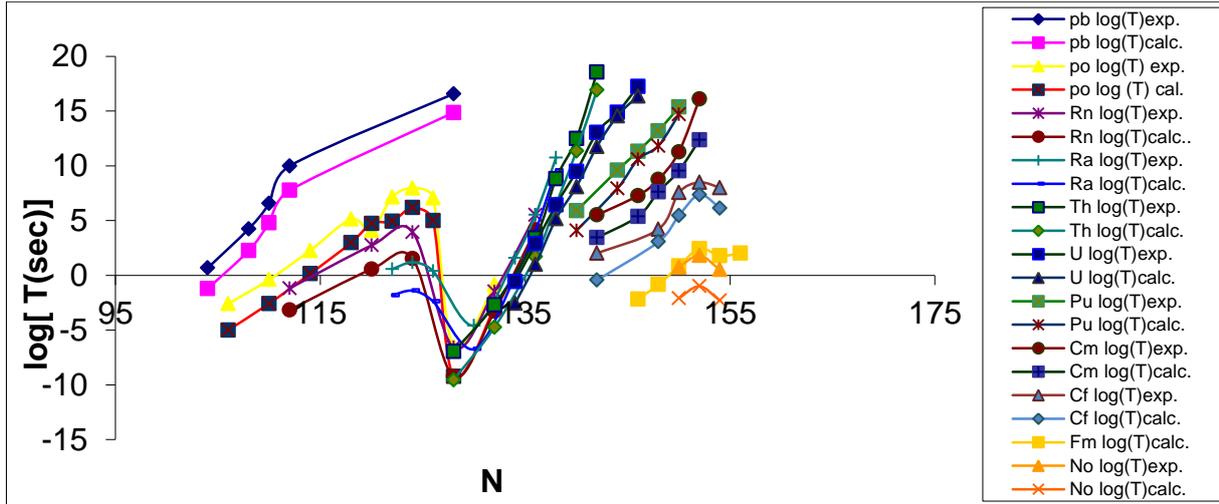
نلاحظ من الجدولين ١- و ٢- بان طاقات جسيمات الفا المنحلة (التجريبية) لتلك النوى ونظائرها تتراوح من 4.083 MeV الى 9.849 MeV كما ان لوغاريتم عمر النصف يتراوح من 18.55 الى -6.96 لاطول واقصر عمر نصف مثبت في الجداول اعلاه أي بمعنى تغير الطاقة مرتين تقريباً يتغير عمر النصف بوحدات الـ (sec) بمقدار  $3.25 \times 10^{22}$  مرة نواة  $^{232}_{90}Th$  ونواة  $^{218}_{90}Th$  لذا فان عمر النصف للنوى يتغير تغيراً ملحوظاً باقل تغير بقيم طاقات جسيمات الفا المنحلة وان اطول عمر نصف لتلك النوى يبعث جسيمات الفا بطاقات واطئة والعكس صحيح.

كما نلاحظ ان هناك توافق جيد بين القيم التجريبية للوغاريتم اعمار انصاف النوى ونظائرها والقيم المحسوبة نظرياً حسب انموذج الجسيم الواحد (O.B.M<sub>2</sub>) و (O.B.M<sub>3</sub>) مما يدل على امكانية استخدام انموذج الجسيم الواحد في تفسير نظرية انبعاث جسيمات الفا وحساب العمر النصف بشكل قريب من الدقة ، اما الانموذج (O.B.M<sub>1</sub>) فقد اعطى تباينات ملحوظة ما بين القيم العملية والنظرية للوغاريتم اعمار انصاف النوى قيد الدراسة ، فعلى سبيل المثال لا الحصر ففي نواة البلوتونيوم  $^{242}_{94}Pu$  فان القيمة العملية لعمر نصف النواة بوحدات الـ (sec) اكبر من القيمة النظرية بمقدار 23 مرة وان ارتفاع حاجز الجهد لتلك النواة يقترب من (17.046 MeV) وان طاقة جسيمة الفا داخل النواة هي (4.985 MeV) ولذا فمن غير المتوقع من وجهة النظر الكلاسيكية حدوث انحلال وانبعاث جسيمات الفا بهذه الطاقة وفي الواقع فان انحلالاً يحدث من قبل  $^{242}_{94}Pu$  يمكن تفسيره حسب النظرية الكمية فقط وذلك للتسرب من خلال نفق حاجز الجهد . ان احتمالية التسرب هذه نادرة الى درجة بحيث ان جسيمات الفا يجب ان تقوم بمعدل  $10^{21}$  محاولة في الثانية ولمدة  $10^5$  سنة تقريباً او  $10^{13}$  ثانية تقريباً ! .

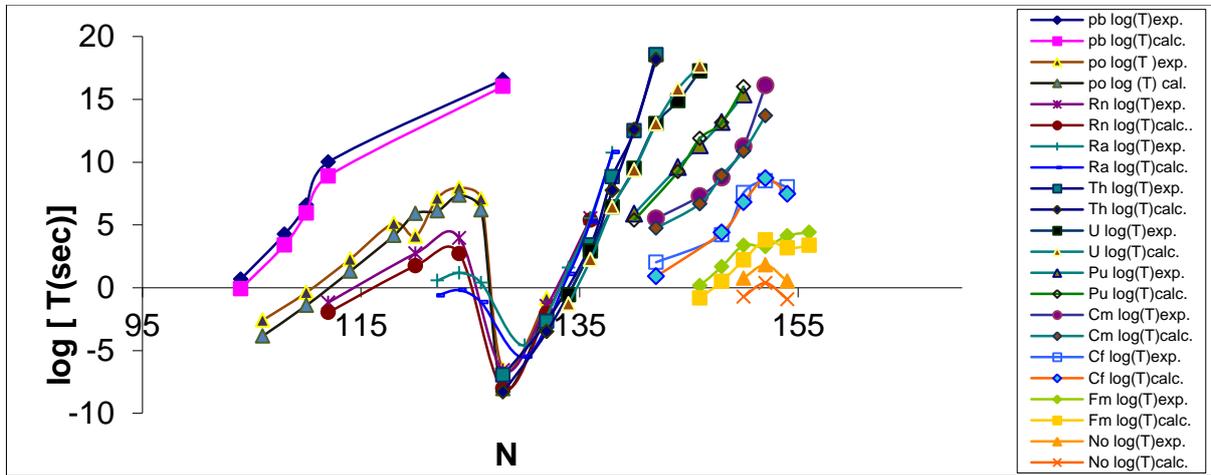
ومن الجدير بالذكر ان التباينات الملحوظة في قيم لوغاريتم عمر النصف العملية والنظرية في الأنموذج (O.B.M<sub>1</sub>) يعزى الى نصف قطر النواة المتمثل بالمقدار  $R = 1.2(A_d^{1/3} + A_\alpha^{1/3})$  الذي كان له الاثر الكبير في تلك التباينات بالموازنة مع الانموذجين (O.B.M<sub>2</sub>) و (O.B.M<sub>3</sub>). اذ نلاحظ ان تلك التباينات قد قلت بنسبة تصل الى ١٠٠% ويتم ذلك من خلال مقارنة قيم  $(\sigma)$  و (rmsd) المثبتين بالجدول-٣ علماً ان انصاف اقطار النوى في الانموذجين اعلاه تساوي  $(R=1.08 A_d^{1/3} + 2)$  و  $(R=1.4 A^{1/3})$  على التوالي وفي الحقيقة ان جسيمة الفا لا تتفصل كلياً من النواة الوليدة عندما تغادر حاجز الجهد الكولومي (Wong,1990). وان تغير نصف القطر بمقدار 2% سيغير من قيمة ثابت الانحلال بمقدار (2-3) أضعاف مما سينعكس على عمر النصف للنواة فضلاً عن التناسب العكسي ما بين نصف قطر النواة وارتفاع حاجز الجهد. بينما بقية النماذج المتداولة التي يبينها الجدول-٢ فقد اعطت توافقات مقبولة وجيدة ما بين القيم التجريبية والنظرية للوغاريتم اعمار انصاف النوى قيد الدرس ويمكننا اعتماد تلك النماذج في تفسير نظرية انبعاث جسيمات الفا للنوى الزوجية - الزوجية وبالعودة الى نتائج الجدول-٢ فإن الانموذج المقترح يمكن ان يكون انموذجاً مقبولاً حيث يقدم وصفاً جيداً لنظاميات انحلال جسيمات الفا وذلك للتوافق ما بين القيم التجريبية والنظرية للوغاريتم اعمار انصاف هذا ما سيوضحه الجدول-٣ الذي يتضمن مقارنات قيم (rmsd) و  $(\sigma)$  .

### 2-3 علاقة لوغاريتم عمر النصف مع عدد النيوترونات:

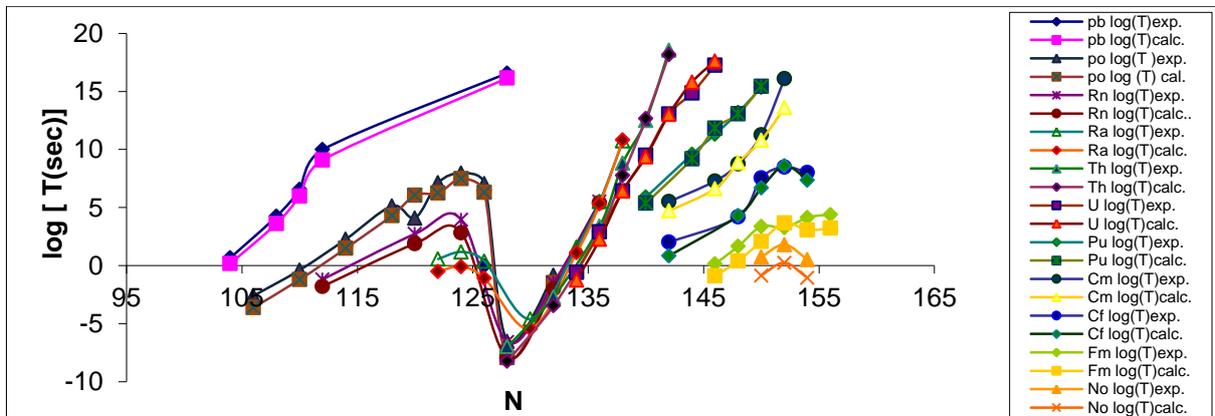
لاجل اجراء مقارنات ما بين القيم التجريبية والنظرية لاعمار النصف للنوى قيد الدرس يمكن ذلك من خلال الاشكال ٢-، ٤-، ٥-، ٦-، ٧-، ٨- التي تبين العلاقة ما بين القيم المشار اليها اعلاه مع عدد النيوترونات للنماذج جميعها.



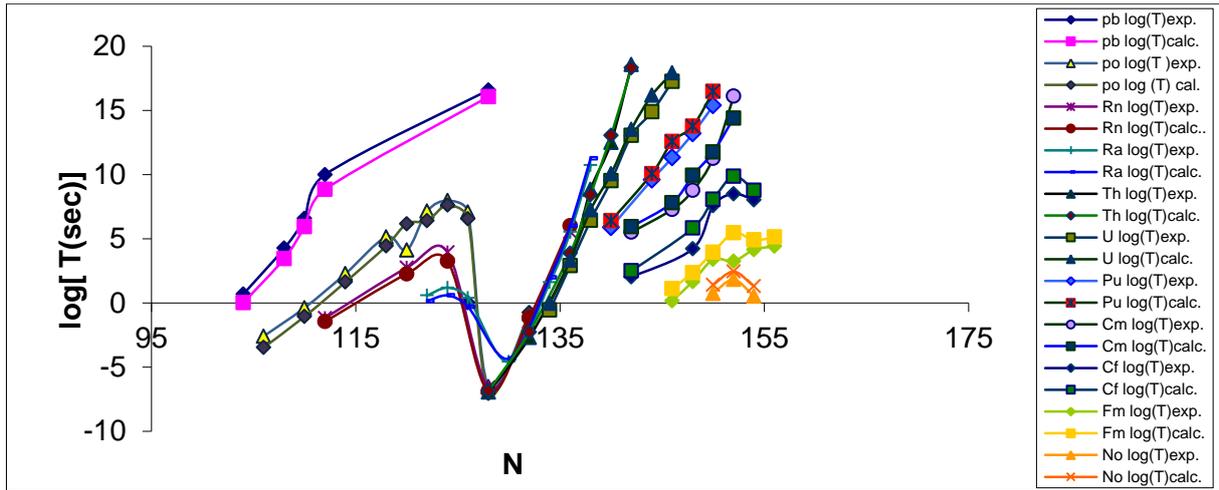
الشكل ١- علاقة لوغاريتم عمر النصف مع عدد النيوترونات N للنوى الزوجية - الزوجية حسب نموذج (O.B.M<sub>1</sub>).



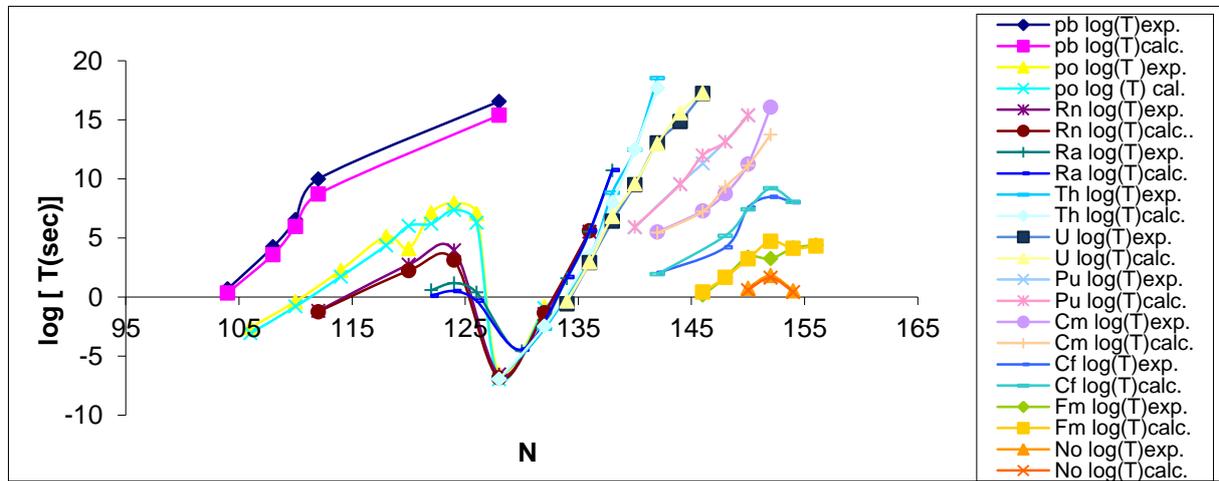
الشكل ٢- علاقة لوغاريتم عمر النصف مع عدد النيوترونات N الزوجية - الزوجية حسب نموذج (O.B.M<sub>2</sub>).



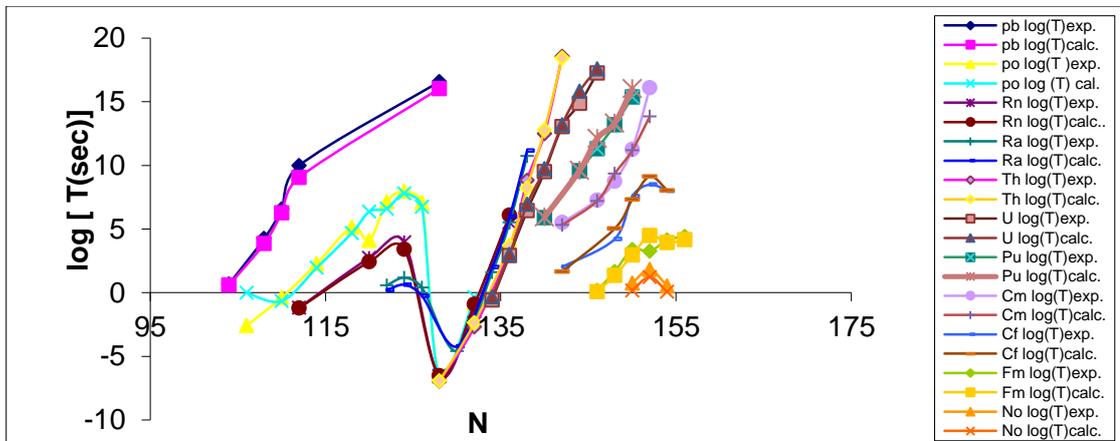
الشكل ٣- علاقة لوغاريتم عمر النصف مع عدد النيوترونات N للنوى الزوجية - الزوجية حسب نموذج (O.B.M<sub>3</sub>).



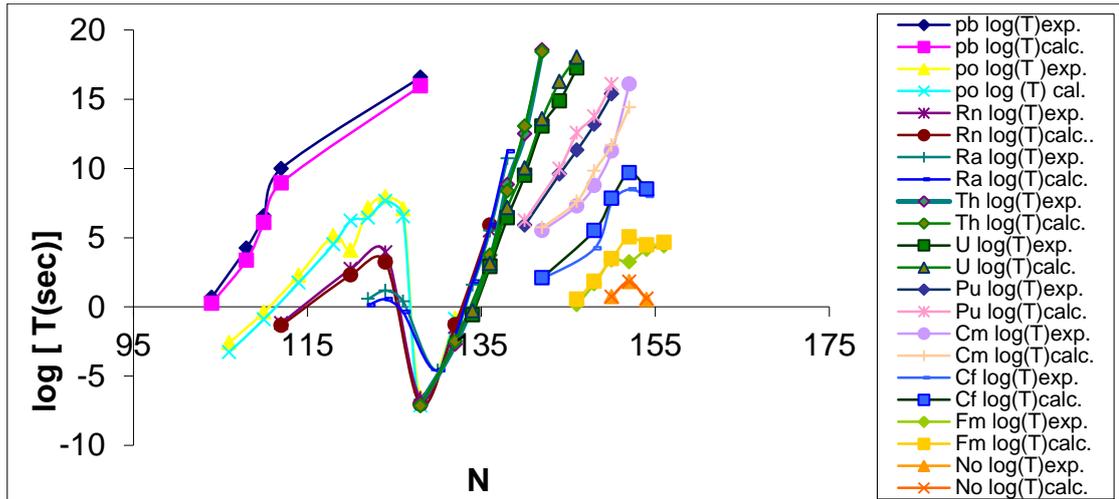
الشكل ٤ - علاقة لوغاريتم عمر النصف مع عدد النيوترونات N للنوى الزوجية - الزوجية حسب انموذج (W.M).



الشكل ٥ - علاقة لوغاريتم عمر النصف مع عدد النيوترونات N للنوى الزوجية - الزوجية حسب انموذج (R.M).



الشكل ٦ - علاقة لوغاريتم عمر النصف مع عدد النيوترونات N للنوى الزوجية - الزوجية حسب انموذج (K.M).



الشكل ٧- علاقة لوغاريتم عمر النصف مع عدد النيوترونات  $N$  للنوى الزوجية - الزوجية حسب نموذج (P.W.M).

يتبين من الاشكال اعلاه والتابعة للنماذج المتداولة والانموذج المقترح ان لوغاريتم عمر النصف يزداد مع زيادة عدد النيوترونات ( $N$ ) ماعدا النوى التي تمتلك اعداد سحرية سواء في عدد النيوترونات ( $N$ ) او في عدد البروتونات ( $Z$ ) او كلاهما او النوى التي تمتلك اعداد قريبة من الاعداد السحرية ،اذ نلاحظ ان نوى البولونيوم  $^{210}_{84}Pu$  والبولونيوم  $^{212}_{84}Pu$  والرادون  $^{214}_{86}Rn$  والراديوم  $^{214}_{88}Ra$  بان لوغاريتم عمر النصف يقل عند هذه النوى ويعود السبب في ذلك الى امتلاكها اعداد سحرية او اعداد قريبة من الاعداد السحرية التي تشير الى قشرة نيوترونات مغلقة بمعنى ان النواة تصبح اكثر استقراراً فيقل العمر النصفى ثم يعود ليزداد تدريجياً مع زيادة عدد النيوترونات بعد الاعداد السحرية.

ومن الجدير بالملاحظة ان لوغاريتم العمر النصفى لنواتي الرصاص  $^{182}_{82}Pb$  ونواة الثوريوم  $^{218}_{90}Th$  كان اقل مايمكن بالموازنة مع نظائرها ولكن السلوك اختلف عن سلوك النوى ائفة الذكر من حيث الزيادة والنقصان في لوغاريتم عمر النصف ويعزى ذلك الى اننا قد ابتدأنا بهذه النظائر التي تمتلك اعداد سحرية او قريبة من الاعداد السحرية .

بشكل عام وبالعودة الى الجدولين ١- و ٢- فان طاقة جسيمات الفا قبل ( $N=126$ ) تزداد ببطء مع زيادة عدد النيوترونات ( $N$ ) وان العمر النصفى يتذبذب مع عدد النيوترونات كما ان طاقة جسيمة الفا ( $Q_{\alpha}$ ) تقل بحددة والعمر النصفى يزداد بسرعة بين ( $N=126$ ) و ( $N=142$ ) وبعد ذلك تزداد طاقة جسيمة الفا ( $Q_{\alpha}$ ) مرة اخرى والعمر النصفى يقل عندما يزداد عدد النيوترونات . ان النواة التي تمتلك ( $Z=82$ ) كعدد سحري تكون مستقرة بشكل كافي وبهذا سنتحل بانبعثات جسيمة الفا بطاقة عالية كما ان لها تأثير اقل على خواص انحلال الفا بالموازنة مع النوى التي تمتلك ( $N=126$ ) لان زيادة عدد النيوترونات يتغلب على قوة التنافر الكولومي بين البروتونات فتجعل النواة اكثر استقراراً وبهذا يزداد العمر النصفى وتقل طاقة انحلال الفا.

### 3-3 حسابات الانحراف عن معدل الجذر التربيعي (rmsd) والانحراف المعياري ( $\sigma$ ) :

تم حساب قيم الانحراف عن معدل الجذر التربيعي (rmsd) والانحراف المعياري ( $\sigma$ ) للنماذج المتداولة وانموذجنا المقترح ذلك من اجل اجراء المقارنات بين تلك النتائج وللنماذج جميعها حيث بالامكان الاستدلال على صحة التوافقات بين القيم التجريبية والنظرية للوغاريتم عمر النصف للنوى قيد الدرس اذ كلما كانت النتائج اقل من الواحد لكل من (rmsd) و ( $\sigma$ ) يكون بالامكان اعتماد النموذج في تفسير نظرية انبعثات جسيمات الفا وتحديد لوغاريتم اعمار النصف لها، كما تُعد تلك الاستدلالات عمليات احصائية دقيقة تفسر لنا كثير من المتغيرات التي يتم معالجتها . اذ يبين الجدول ٣- قيم الانحراف عن معدل الجذر التربيعي وقيم الانحراف المعياري للنماذج جميعها .

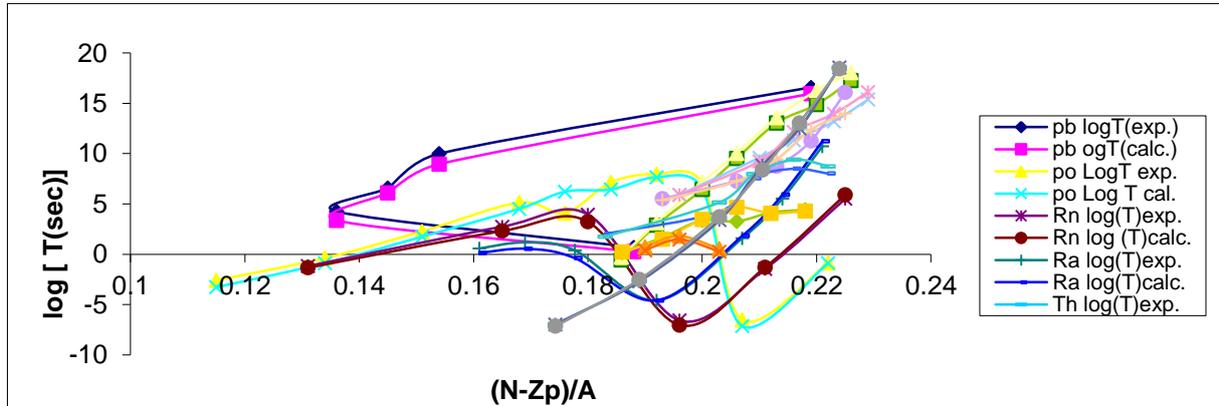
جدول ٣- يبين قيم الانحراف عن معدل الجذر التربيعي (rmsd) وقيم الانحراف المعياري ( $\sigma$ ) للنماذج جميعها.

النماذج	rmsd	$\sigma$
O.B.M <sub>1</sub>	2.008	1.9058
O.B.M <sub>2</sub>	0.92	0.77
O.B.M <sub>3</sub>	0.91	0.75
W.M	0.797	0.687
R.M	0.625	0.42
K.M	0.611	0.32
P.W.M	0.68	0.537

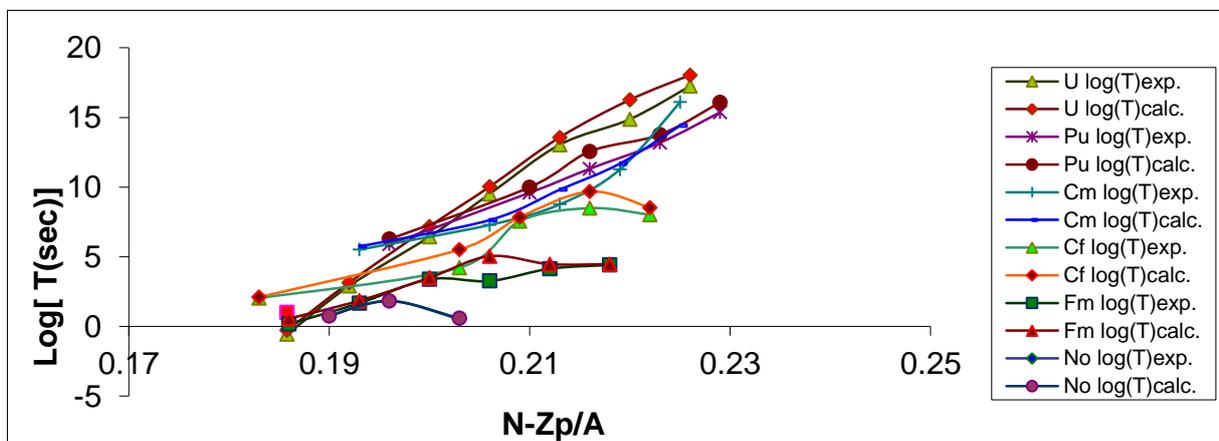
يتضح لنا جلياً من الجدول اعلاه ان الانموذج المقترح (P.W.M) يعد من النماذج التي يمكن ان نعول عليها في تحديد قيم لوغاريتم اعمار النصف للنوى الزوجية - الزوجية قيد الدرس الى جانب جميع النماذج المتداولة. اذ تتراوح ضمن المدى المقبول عدا الانموذج (O.B.M<sub>1</sub>) الذي سجل انحرافات عالية القيمة وتباينات ملحوظة بين القيم النظرية والتجريبية للوغاريتم اعمار النصف.

#### 3-4 علاقة لوغاريتم عمر النصف مع نسبة زيادة النيوترونات ( $\frac{N-Z_p}{A}$ ):

يعتمد الانموذج المقترح (P.W.M) في تفسير نظرية انحلال الفا وتقدير لوغاريتم اعمار النصف للنوى الزوجية - الزوجية قيد الدراسة في احد حدوده الاساسية على الحد الذي يمثل نسبة زيادة النيوترونات ( $\frac{N-Z_p}{A}$ ) اذ ادت اضافته الى حصول توافقات ما بين لوغاريتم اعمار النصف النظرية والتجريبية. يبين الشكل 9- والشكل 10- علاقة لوغاريتم عمر النصف طبقاً لنسبة زيادة النيوترونات ( $\frac{N-Z_p}{A}$ ) للنوى المحصورة ما بين  $82 \leq Z \leq 90$  والنوى ضمن المدى  $92 \leq Z \leq 102$  على التوالي.



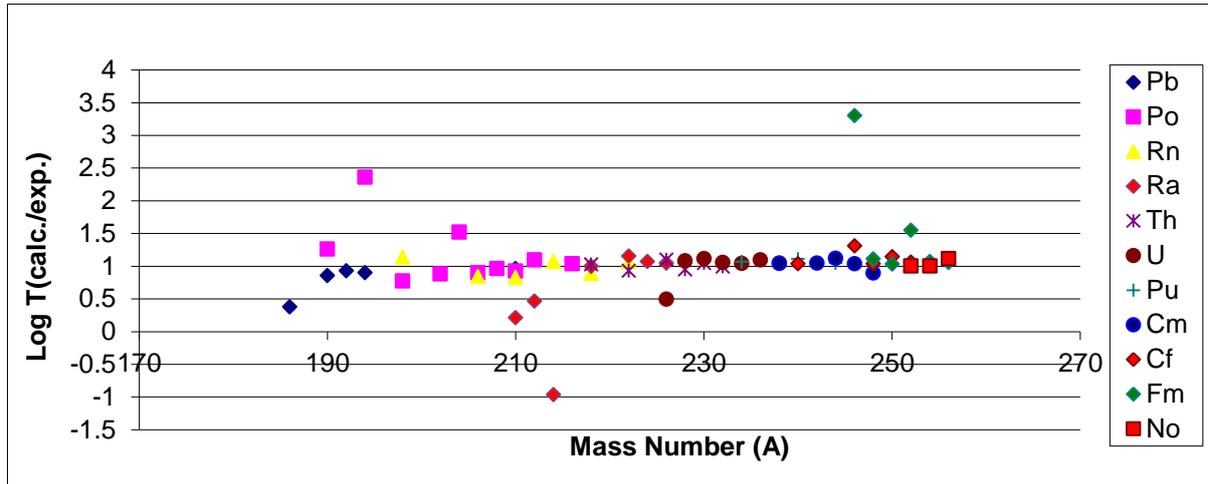
الشكل ٨- علاقة ( $\frac{N-Z_p}{A}$ ) مع لوغاريتم عمر النصف للنوى الزوجية - الزوجية حسب انموذج (P.W.M) وللنوى ضمن المدى  $82 \leq Z \leq 90$



الشكل ٩- علاقة لوغاريتم عمر النصف مع زيادة النيوترونات النسبية  $\left(\frac{N-Z_P}{A}\right)$  حسب انموذج (P.W.M) وللنوى ضمن المدى  $92 \leq Z \leq 102$ . اذ نلاحظ من خلال الشكلين اعلاه ان لوغاريتم عمر النصف التجريبي والنظري للنوى ذوات المدى  $82 \leq Z \leq 90$  ونظائرها لاتعطي زيادة طردية دائماً مع نسبة زيادة النيوترونات  $\left(\frac{N-Z_P}{A}\right)$  بالموازنة مع النوى ذوات المدى  $92 \leq Z \leq 102$  ويعزى السبب في ذلك الى امتلاك بعض النوى ونظائرها في المدى المذكور اعلاه اعداداً سحرية سواء في العدد الذري او عدد النيوترونات او اعداد قريبة من الاعداد السحرية. وبالرغم من هذا التذبذب في مدى النوى  $82 \leq Z \leq 90$  فقد ادت اضافة هذا الحد الى حدوث تقاربات ملحوظة ما بين القيم النظرية والتجريبية للوغاريتم عمر النصف للنوى قيد الدرس. مما انعكس ايجاباً بالمجمل على قيم  $\sigma$  و  $rmsd$ .

3-5 علاقة النسبة بين لوغاريتم عمر النصف النظري الى التجريبي مع العدد الكتلي للنوى قيد الدرس طبقاً للانموذج المقترح (P.W.M):

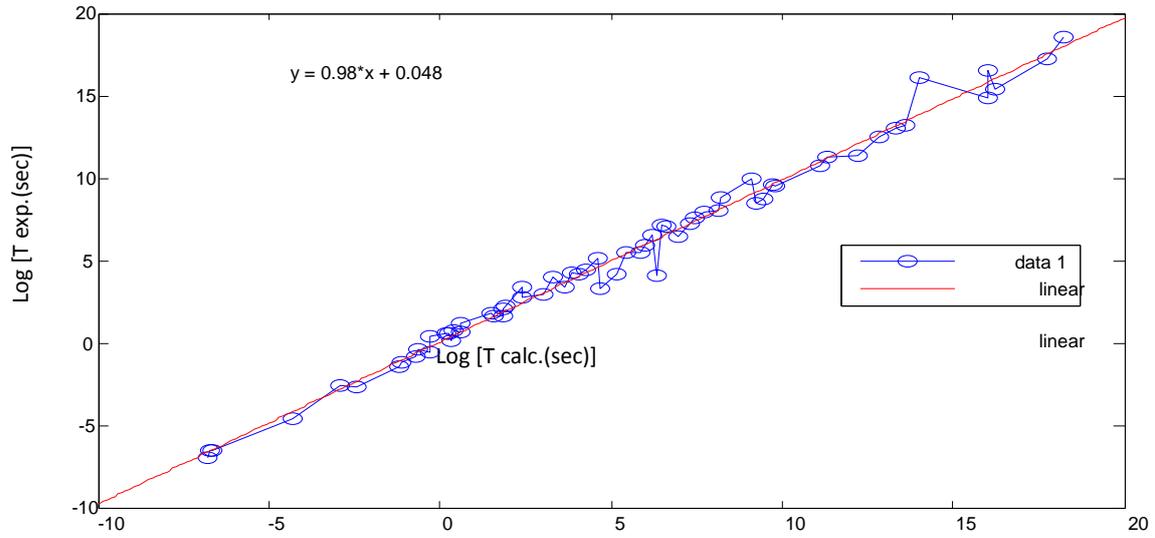
يبين الشكل-١١ علاقة النسبة بين لوغاريتم عمر النصف النظري الى التجريبي مع العدد الكتلي للنوى الزوجية - الزوجية قيد الدرس، اذ يتبين بأن النسبة تتمحور حول القيمة واحد تقريباً لمعظم النوى مما يؤكد التقارب الكبير ما بين القيم المحسوبة نظرياً للوغاريتم العمر النصف مع القيم التجريبية طبقاً لانموذجنا المقترح (P.W.M) وبهذا تُعد تلك النسبة من الاختبارات الهامة الى جانب الاختبارات التي قمنا بها سابقاً ولاسيما لقيم الانحراف عند معدل الجذر التربيعي ( $rmsd$ ) والانحراف المعياري ( $\sigma$ ).



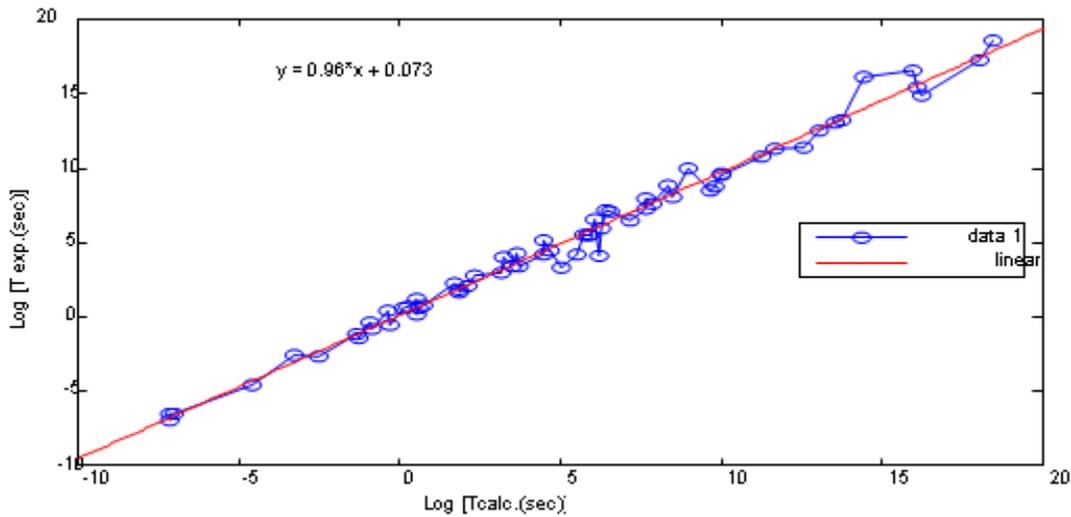
الشكل ١٠- علاقة النسبة بين لوغاريتم عمر النصف النظري الى التجريبي مع العدد الكتلي A.

3-6 منحنيات المعايرة ما بين القيم التجريبية والنظرية للوغاريتم العمر النصف للنوى المدروسة:

من اجل الحصول على علاقة تربط القيم التجريبية للوغاريتم العمر النصف مع القيم النظرية للنوى قيد الدرس تم استخدام الدالة (treat) في برنامج الماتلاب MatLab التي تقوم بترتيب قيم المحور (X) تصاعدياً تبعاً للمحور (Y) وقد أعد برنامج مبسط لهذه الغاية ، ومن خلال هذا البرنامج تم الحصول على الشكلين ١٢- و١٣ لتوصيف العلاقة القوية ما بين لوغاريتم العمر النصف التجريبي الى النظري للانموذج المقترح (P.W.M) وانموذج روبر (K.M) الذي اعطى اقل قيمة انحراف عن معدل الجذر التربيعي وبعد اجراء عملية الملاءمة تم الحصول على معادلة تربط تلك العلاقة والتي من خلالها حُسب لوغاريتم العمر النصف النظري بشكل مبسط .



شكل ١١- العلاقة بين لوغاريتم العمر النصفى التجريبي الى النظري لانموذج (K.M).



شكل ١٢- العلاقة بين لوغاريتم العمر النصفى التجريبي الى النظري لانموذج (P.W.M).

نلاحظ من الشكلين اعلاه ان المعادلات المستحصلة بعد إجراء عملية الملائمة تتمثل بـ  $y = 0.98x + 0.048$  و  $Y = 0.96x + 0.073$  للأنموذجين (K.M) و (P.W.M)، إذ يتضح ان قيمة المعامل (m) تقدر بـ (0.98) و (0.96) للأنموذجين أعلاه على التوالي الذي يمثل ميل العلاقة وكلما كان الميل قريب من الواحد كلما اقتربنا من توافقات أكثر دقة ما بين القيم التجريبية والنظرية للوغاريتم العمر النصفى إذ يتضح ان الانموذج (K.M) يُعد من النماذج التي يمكن ان نَعول عليها في توصيف نظرية انبعاث الفا الى جانب انموذجنا المقترح وهذا ما اكدته القيم الاحصائية المثبتة في الجدول-٣ ومن الجدير بالقول ان النماذج المتداولة الاخرى بالتأكيد ستعطي قيم لـ m مقارنة لقيم الأنموذجين (P.W.M) و (K.M) عدا الانموذج (O.B.M<sub>1</sub>).

## الاستنتاجات:

- ١- اظهرت النماذج المتداولة (O.B.M<sub>2</sub>) و (O.B.M<sub>3</sub>) و (K.M) و (R.M) و (W.M) من خلال قيم (rmsd) و (σ) تقاربات مقبولة وجيدة بين لوغاريتم نصف العمر التجريبي والنظري فيما عدا الانموذج (O.B.M<sub>1</sub>).
- ٢- اظهر الانموذج المقترح (P.W.M) من خلال قيم (rmsd) و (σ) تقاربات مقبولة وجيدة بين لوغاريتم نصف العمر العملي والنظري اذ يمكن الاعتماد عليه في وصف انبعاث جسيمة الفا وتحديد الاعمار النصفية للنوى الزوجية - الزوجية قيد الدرس.
- ٣- اظهرت اضافة الحد المتمثل بنسبة زيادة النيوترونات  $\left(\frac{N-Zp}{A}\right)$  الى حصول توافقات اكبر مايمكن مابين القيم العملية والنظرية للوغاريتم عمر النصف ولاسيما في مدى النوى  $82 \leq Z \leq 90$ .
- ٤- اظهرت النسبة مابين القيمة النظرية الى القيمة التجريبية لاعمار انصاف النوى المدروسة مع العدد الكتلي (A) قيمة تتمحور حول الواحد مما يدل على امكانية الاعتماد على الانموذج المقترح في تفسير نظرية انبعاث الفا.
- ٥- اظهرت المتغيرات التي اعتمدها في اقتراح انموذجنا الحالي ولاسيما قيم الاعداد الذرية للنوى الوليدة الى جانب قيمة اقطار النوى التي تضمنها انموذج الجسيم الواحد، فضلاً عن قيم الثوابت المستحصلة من خلال الملاءمة، صحتها في حصول توافقات جيدة.
- ٦- ان عمر نصف النوى التي لها قيمة معينة للعدد الذري Z هو عبارة عن دالة مستمرة لطاقة الانحلال خصوصاً بالنسبة للنوى الزوجية - الزوجية وهذه العلاقة تعكس طبيعة عملية الانحلال.
- ٧- يمكن اعتماد المعادلات المستحصلة من منحنيات المعايرة في حساب لوغاريتم العمر النصفى للنوى قيد الدرس التي بينت ان انموذجنا المقترح اعطى قيمة ml قريبة من الواحد مما يدل على التقارب مابين القيم التجريبية والنظرية للوغاريتم العمر النصفى.

## References:

1. Peltonen ,S. **2009**. Alpha –Decay fine structure in even – even nuclei. Thesis, Dept. of Phys., University of JVASKYLA, Finland.
2. Poenaru, D. N., Greiner , W., Depta, K. **1986**. Calculated half-lives and kinetic energies for spontaneous emission of heavy ions from nuclei, *At. Data Nucl. Data Tables*, 34, pp:423.
3. Hofmann, G. and Münzenberg. **2000**. The discovery of the heaviest elements, *Rev. Mod. Phys.* 72, pp:733.
4. Zhang, H., Zuo, W. , Li, J., Royer, G. **2006**. α-decay half-lives of super heavy nuclei predicted by Nuclear Mass formula . *Journal of Nuclear and Radiochemical Science*, 3 (1), pp: 201-203.
5. Royer,G. **2000**. Alpha emission and spontaneous fission through quasi-molecular shap. *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.*, 26, pp: 1149-1170.
6. Zhang, H. F., Royer, G. **2007**. Theoretical and experimental α decay half-lives of the heaviest odd-Z elements and general predictions, *Phys. Rev. C*, 76, pp: 047304.
7. Royer, G. **2000**. Alpha emission and spontaneous fission through quasi-molecular shap. *J. Phys. G: Nucl.Part.Phys.*, 26, pp:1149-1170.
8. Poenaru, D.N. , Gherghescu ,R.A. , Greiner, W. **2013**. Alpha –cluster –and fission decay of super heavy nuclei. *Rom .Journ. Phys.*, 58, pp: 1157-1166 .
9. Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF). **2000**. Communicated through Nuclear Data Center, Japan Atomic Energy Research Institute.
10. Lilley ,J.S. **2001**. Nuclear Physics, John Wiley & Sons, Lid , New York.
11. Wong, J.L . **1990**. Introductory Nuclear Physics, Prentice –Hall international, Inc.

12. Koura, H. **2002**. Alpha - decay half- lives and fission barriers for super heavy Nuclei Predicted by a nuclear mass formula, *Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences*, 3(1), pp:201-203.
13. Krane, K.S. **1988**. Introductory Nuclear Physics, John Wiley & Sons. Inc, New York.
14. Wapstra, A. H., Nugh, G.J., Vanlieshout, R. **1959**. In Nuclear spectroscopy Tables (North-Holland Amsterdam), Cited by Poenaru, D.N and Ivascu, M.(1983). Estimation of the alpha decay half-lives, *J. Physique*, 44, pp: 791-796.
15. Ni, D., Ren , Z. **2009**. Microscopic calculation of alpha decay half – lives within the cluster model, *Nuclear Physics*, A825, pp: 145-158.
16. Dong, J.M. , Hongfei , Z.; Wei,Z. , Qing, L.J. **2008**. Half-lives of super heavy Nuclei in Z=113 Alpha decay chain, *Chin.Phys. Lett*, 25 ,pp: 12.