مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (37) العدد (2) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (37) No. (2) 2015

حساب الكمون السطحيّ للنواة ^{201}Tl بطريقة ستروتنسكي

الدكتور أمير تفيحة*

(تاريخ الإيداع 18 / 1 / 2015. قُبِل للنشر في 1 / 4 /2015)

□ ملخّص □

أجريت حسابات حاجز الانشطار والكمون السطحي للنواة ^{201}Tl اعتماداً على أنموذج القطرة السائلة، وأنموذج الجسيم المفرد في كمون وودز ساكسون .كذلك حسبت الطاقة الكولونية للقطرة. طبقت طريقة التصحيح الطبقي على كل البروتونات والنيوترونات كلّ على حدة، كذلك تمّ إضافة طاقة الازدواج إلى الطاقة الكلية للنواة ^{201}Tl.

الكلمات المفتاحية: انشطار، كمون، ازدواج، نووي، طبقي، قطرة.

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

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (37) العدد (2) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (37) No. (2) 2015

Calculation The Potential Energy Surface of The Nucleus ^{201}Tl By Strutinsky Method

Dr. Amir Tfiha*

(Received 18 / 1 / 2015. Accepted 1 / 4 /2015)

□ ABSTRACT □

Calculations based on liquid drop model and single particle model in an axially deformed Woods-Saxon potential of the fission barrier and potential energy surface of the ^{201}Tl nucleus. Also the electrostatic energy of the drop was computed. The shell correction method is defined independently for protons and neutrons. Also the pairing energy is added to the total energy for the ^{201}Tl nucleus.

Keywords: fission, potential ,pairing, nuclear, shell ,drop.

*Assistant Professor, Department of Physics, Faculty of science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدّمة:

أدّى اقتراح نيلز بور (1937) لأنموذج القطرة السائلة إلى إيجاد المعادلة نصف التجريبية للكتلة النووية ،أو مايدعى علاقة ويزكر Weizsäcker، لاقى أنموذج القطرة السائلة نجاحاً في وصف الانشطار النووي ،حيث تنبأ بعتبة الانشطار المتناظر للنوى الثقيلة إلا أنّه لم ينجح في الوصول إلى قيم عتبات الانشطار في النوى التي تنشطر بتأثير النيوترونات الحرارية[1].

يصف هذا الأنموذج في أبسط أشكاله تغير طاقة الكمون المتعلقة بتشوه الشكل، وهذا الأنموذج لايأخذ بالحسبان التأثيرات الطبقية ، أو التفاعلات المتبقية التي تنشأ من الحركة المستقلة للجسيم في النواة.

تعطى قيمة نصف القطر النووي من أجل تشوه متناظر بالعلاقة[2]:

$$R(\theta) = R_0[1 + \alpha_2 P_2(\cos\theta) + \alpha_4 P_4(\cos\theta)] \quad (1)$$

θ زاوية شعاع نصف القطر ، α_2 تشوه رباعي القطب ، α_4 تشوه ثماني القطب

R_0 القطر الكروي P_4, P_2 كثيرات حدود لوجندر

يكون α_2 أصغر من α_4 في حالة التشوه الصغير

عادة يتمّ تعريف معامل δ ليس له أبعاد، ويتعلق بسطح النواة بالعلاقة: $S = \delta R_0^2$

يعيد أنموذج القطرة السائلة التشوه إلى وجود تنافس بين الطاقة الكولونية ، والطاقة السطحية.

ويبرهن في هذا الأنموذج أنّ النواة تكون غير مستقرة عندما[3]:

$$E_c^0 = 2E_s^0 \quad (2)$$

ويعرف من هذه العلاقة معامل الانشطار μ بالعلاقة:

$$\mu = \frac{E_c^0}{2E_s^0} \quad (3)$$

تكون النواة مستقرّة عندما تكون قيمة معامل الانشطار أصغر من الواحد.

يبدو أنموذج القطرة السائلة بتناقض مع أنموذج الجسيم المفرد الذي يتطلّب أن تكون حركة النيوكليونات مرتبة في مدارات لها عزوم كمية حركة محددة ، بينما تترافق حركة النيوكليونات في أنموذج القطرة السائلة بتصادمات مستمرّة بين هذه النيوكليونات. وبالطبع فهذه النظرة غير صحيحة ، لأن التصادمات في النواة تختلف عن التصادمات بالمعنى الكلاسيكي، لأن النيوكليونات تكون موجودة في كمون نووي ، فالتصادم هنا يكون عبارة عن تبادل للحالة الكمية بين جسيمات متطابقة. فوجود الطبقات لايناقض أنموذج القطرة ووجود الطبقات، لا يعني عدم قدرة أنموذج القطرة على وصف بعض الخصائص النووية.

أهميّة البحث وأهدافه :

يهدف هذا البحث إلى حساب قيمة الكمون السطحي للنواة المركبة ^{201}Tl التي يتمّ إنتاجها بقذف نواة الذهب ^{197}Au بأيونات الهليوم، وتكمن أهمية البحث في معرفة قيمة حاجز الانشطار و صلته بتحديد ثوابت الصيغة نصف التجريبية للكتلة. وتأتي أهميته –أيضاً –من المزج بين أنموذج القطرة ووجود التأثيرات الطبقية التي تنبثق من أنموذج الجسيم المفرد.

طرائق البحث ومواده:

نطبّق في هذا البحث طريقة ستروتنسكي لحساب الطاقة السطحية ، وسيتمّ إيجاد المعادلات المعبّرة عن هذا المزج في الحساب بين أنموذج الجسيم المفرد، وأنموذج القطرة السائلة ومن ثم إيجاد الحلول العددية لهذه المعادلات بما يناسب النواة قيد الدراسة، سنستخدم برامج مختلفة مكتوبة بلغة الفورتران مثل برنامج EVCRG لتقطير المصفوفات وايجاد القيم الخاصة لها ، وهو مضمن في مصرف لغة الفورتران و سنستخدم برنامج MATHEMATICA لإيجاد حلول المعادلات الخاصة بفجوة الطاقة وغيرها.

طريقة التصحيح الطبقي(ستروتنسكي):

تنطلق فكرة التصحيح الطبقي من أن فشل أنموذج الجسيم المفرد في تخمين قيم معقولة لطاقات التشوه ، عند التشوهات العالية، يجعل من المهمّ إيجاد طريقة ما لإدخال التأثيرات الطبقية من دون أنموذج الجسيم المفرد كي يمكن التنبؤ بالطاقة السطحية، ومن هنا فإن فكرة التصحيح الطبقي التي اقترحها ستروتنسكي (1967) *Strutinsky*[3] التي تعدّ التأثيرات الطبقية ، وكأنها انحرافات عن توزيع المستويات الطاقية للجسيم المفرد. يُعالج الانحراف كتصحيح لطاقة أنموذج القطرة السائلة الذي تسيطر فيه التأثيرات الكولونية والسطحية. وكذلك تعالج تبعية قوة التزاوج للتشوه بالطريقة نفسها.

يدلّ نجاح أنموذج القطرة السائلة في تفسير الانشطار النووي على إمكانيّة الحصول على الطاقة الكامنة للتشوه وعدد الكتلة. تحسب الطاقة الكلية بالعلاقة[4]:

$$E = E_{LDM} + \sum_{p,n}(\delta U + \delta P) \qquad (4)$$

δU التصحيح الطبقي و δP تصحيح التزاوج

تمّ معالجة تصحيحات البروتونات، و تصحيحات النيوترونات كلّ على حدة، وكلّ الكميات تابعة لوسيط التشوه β. يعرف التصحيح الطبقي على أنّه الفرق بين مجموع طاقات الجسيم المفرد لأنموذجين من نماذج الجسيم المفرد هما الأنموذج الطبقي الذي يعطي فراغات طاقية غير منتظمة ، وأنموذج الجسيم المفرد مع توزيع منتظم، أي[1]:

$$\delta U = U - \widetilde{U} \qquad (5)$$

وتعطى U الطاقة في الأنموذج الطبقي غير المنتظم بالعلاقة:

$$U = \sum_{\nu} 2\varepsilon_{\nu}(\beta) n_{\nu} \qquad (6)$$

ε_{ν} طاقة الجسيم المفرد في الأنموذج الطبقي ، n_{ν} عدد الانشغال في المستويات

$\widetilde{U}$ الطاقة في الأنموذج الطبقي المنتظم بالعلاقة[1,5]:

$$\widetilde{U} = 2\int_{-\infty}^{\lambda} \varepsilon \tilde{g}\,(\varepsilon,\beta)\, d\varepsilon \qquad (7)$$

$\tilde{g}(\varepsilon,\beta)$ التوزيع المنتظم لسويات النيوكليون، λ يدعى الكمون الكيميائي ويتمّ تحديده بالعلاقة:

$$N = 2\int_{-\infty}^{\lambda} \tilde{g}\,(\varepsilon,\beta)\, d\varepsilon \qquad (8)$$

N العدد الكليّ للجسيمات.

يتمّ إنجاز حسابات التصحيح الطبقي بإيجاد التوزيع الطبقي بمجال كبير كفاية لكي تعوض عن التأثيرات الطبقية ، حيث يمكن الحصول على التوزيع المنتظم لسويات النيوكليون $\tilde{g}(\varepsilon,\beta)$ بفرض وجود التابع المساعد[1,5]:

$$\tilde{G}(\varepsilon,\beta) = (\pi^{\frac{1}{2}}\gamma)^{-1} \sum_{\upsilon} \exp[-\left(\frac{\varepsilon - \varepsilon_{\nu}(\beta)}{\gamma}\right)^2] \quad (9)$$

ν عدد المستويات ،γ طاقة من مرتبة $\hbar\omega_0$

$$\tilde{g}(\varepsilon,\beta) = \tilde{G} - \frac{1}{4}\gamma^2\left(\frac{\partial^2\tilde{G}}{\partial\varepsilon^2}\right) + \frac{1}{32}\gamma^4\left(\frac{\partial^4\tilde{G}}{\partial\varepsilon^4}\right) + \cdots \ldots \ldots a_{2m} \quad \gamma^4\left(\frac{\partial^{2m}\tilde{G}}{\partial\varepsilon^{2m}}\right) \quad (10)$$

أو

$$\tilde{g}(\varepsilon,\beta) = \frac{1}{\gamma\sqrt{\pi}}\sum_{\nu}\left(\sum_{\mathrm{k}=0,2}^{2\mathrm{m}} \mathrm{a_k}\,\mathrm{H_{2k}(u)}\right)\exp[-(\frac{\varepsilon - \varepsilon_{\upsilon}(\beta)}{\gamma})]^2 \quad (11)$$

$\mathrm{H_{2k}(u)}$ توابع هرميت و $\mathrm{a_k} = -\frac{1}{2\mathrm{k}}\mathrm{a_{k-2}}$ ، ومن أجل $k \geq 2$ فإن $a_0 = 1$

يعطى الانحراف عن الكثافة الذي تسببه الطبقات بالعلاقة:

$$\delta\tilde{g}(\varepsilon,\beta) = g_{sh}(\varepsilon,\beta) - \tilde{g}(\varepsilon,\beta) \quad (12\text{–a})$$

و $g_{sh}(\varepsilon,\beta)$ الكثافة في الأنموذج الطبقي وتعطى بالعلاقة[1,4,5]:

$$g_{sh}(\varepsilon,\beta) = \sum_{\nu}(\varepsilon - \varepsilon_{\upsilon}(\beta)) \quad (12\text{–b})$$

وهكذا تكون طاقة التصحيحات الطبقية معطاة بالعلاقة[1,4,5]:

$$\delta U = E_{shell} = 2[\int_{-\infty}^{\lambda_{sh}} \varepsilon\, g_{sh}(\varepsilon,\beta)d\varepsilon - \int_{-\infty}^{\lambda_{\beta}} \varepsilon\, \tilde{g}_{sh}(\varepsilon,\beta)d\varepsilon] \quad (13)$$

حيث λ_{β} و λ_{sh} تدعى كمونات كيميائية ويمكن حسابهما من شرط ثبات عدد البروتونات والنيوترونات.

تصحيحات التزاوج:

يحدد التصحيح الطبقي في طاقة التزاوج بالعلاقة[4,5]:

$$E_{pair} = P - \tilde{P} \quad (14)$$

P طاقة التزاوج

$$P = \sum(\varepsilon_{\upsilon}(\beta) - \lambda) - \frac{(\varepsilon_{\upsilon}(\beta) - \lambda)^2 + \frac{\Delta^2}{2}}{[\varepsilon_{\upsilon}(\beta) - \lambda)^2 + \Delta^2]^{\frac{1}{2}}} \quad (15)$$

Δ تدعى الفجوة الطاقية ، وتحسب باستخدام العلاقة[6]:

$$N = \left\{(1 - \frac{\varepsilon_{\upsilon}(\beta) - \lambda}{[\varepsilon_{\upsilon}(\beta) - \lambda)^2 + \Delta^2]^{\frac{1}{2}}})\right\} \quad (16)$$

وتعطى N بالعلاقة:

$$N = 2\sum_{\nu} v_{\nu}^2 \quad (17)$$

حيث v_{ν}:

$$v_{\nu} = \left\{\frac{1}{2}(1 - \frac{\varepsilon_{\upsilon}(\beta) - \lambda}{[\varepsilon_{\upsilon}(\beta) - \lambda)^2 + \Delta^2]^{\frac{1}{2}}})\right\}^{\frac{1}{2}} \quad (18)$$

$\tilde{P}$ طاقة ارتباط الازدواج للتوزع المنتظم:

$$\tilde{P} = -\frac{1}{2}\tilde{g}(\varepsilon,\beta)\tilde{\Delta}^2 \quad (19)$$

$\tilde{\Delta}$ الفجوة الطاقية في التوزع المنتظم ، وقد وجد أنّها تتغير بمقدار ضئيل نسبياً في أغلب النوى المعروفة لذلك تحسب بالعلاقة[7]:

$$\tilde{\Delta} = \frac{12.0}{\sqrt{A}} MeV \quad (20)$$

الحسابات: نقوم أولا بحساب الكثافة $\tilde{g}(\varepsilon,\beta)$ من العلاقة (11) ، وكذلك نحسب المشتق الأول والثاني فنحصل على[5]:

$$\frac{\partial\tilde{g}}{\partial\varepsilon}(\varepsilon,\beta) = \frac{1}{\gamma^2\sqrt{\pi}}\sum_{\nu}\exp[-\chi_\nu^2]\,[-\frac{1}{3}\chi_\nu^7 - \frac{9}{2}\chi_\nu^5 + \frac{63}{4}\chi_\nu^3 - \frac{105}{8}\chi_\nu\,] \quad (21)$$

$$\frac{\partial^2\tilde{g}}{\partial\varepsilon^2}(\varepsilon,\beta) = \frac{1}{\gamma^3\sqrt{\pi}}\sum_{\nu}\exp[-\chi_\nu^2]\,[-\frac{3}{2}\chi_\nu^8 + \frac{34}{3}\chi_\nu^6 + 54\chi_\nu^4 + \frac{147}{2}\chi_\nu^2 - \frac{105}{8}] \quad (22)$$

حيث $\chi = \frac{\varepsilon-\varepsilon_\upsilon(\beta)}{\gamma}$

يمكن الحصول على عدد الجسيمات بإجراء التكامل الآتي :

$$N = 2\int_{-\infty}^{\lambda}\tilde{g}\,(\varepsilon)d\varepsilon = \int_{-\infty}^{\lambda}\frac{1}{\gamma\ \sqrt{\pi}}\sum_{\nu}\exp[-\chi_\nu^2]\,[-\frac{1}{6}\chi_\nu^6 + \frac{7}{4}\chi_\nu^4 - \frac{35}{8}\chi_\nu^2 + \frac{35}{16}]d\varepsilon \quad (23)$$

$$\mathrm{N} = 1 + \mathrm{erf}(\chi) + \frac{2}{\sqrt{\pi}}\exp(-\chi^2)\,[\frac{1}{6}\chi^5 - \frac{4}{3}\chi^3 + \frac{19}{8}\chi] \quad (24)$$

erf تابع الخطأ ويعرف بالعلاقة[8]:

$$\mathrm{erf}(\chi) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\pi}\exp(-\mathrm{t}^2)\,dt \quad (25)$$

يتمّ حساب طاقة فرمي بالعلاقتين (17) و(18) ، والقيم الناتجة يتمّ استخدامها في (13)، لحساب طاقة التصحيح الطبقي.

يتمّ استخدام طاقة الجسيم المفرد الذي يمثل التأثير المتبادل بين كل نيوكليون مع بقية النيوكليونات بكمون متوسط يمثل متوسط هذا التأثير. يعدّ الكمون متناسباً مع كثافة النيوكليونات في النواة ويعبّر عنه بالعلاقة[3]:

$$\mathrm{V(r)} = \frac{V_0}{1+\exp(\frac{r-R}{d})} \quad (26)$$

V_0 عمق بئر الكمون; $r_0 = 1.24fm;\ R = r_0 A^{\frac{1}{3}};\ r - R$ بعد النقطة عن سطح النواة،

d معامل الانتشار

كذلك يضاف حّد التفاعل السبيني المداري، وقد تم اختياره بحيث يكون تدرجاً لكمون وودز–ساكسون[9] :

$$V_{so} = \mathcal{B}(\frac{\hbar}{2Mc})^2(\nabla \frac{V_0}{1+\exp\left(\frac{r-R}{d}\right)})(\boldsymbol{\sigma} \times \boldsymbol{p}) \qquad (27)$$

$\mathcal{B}$ يشير لقوة التفاعل السبيني المداري

M كتلة النيوكليون

$\boldsymbol{p}$ مؤثر عزم الدفع

$\boldsymbol{\sigma}$ مصفوفات باولي وترتبط بالسبين بالعلاقة المعروفة:

$$s = \frac{1}{2}\boldsymbol{\sigma}$$

النتائج والمناقشة:

أجرينا حسابات طاقة النيوكليون المفرد للنواة ^{201}Tl مع كمون وودز ساكسون حيث معاملات الكمون:

للنيترون[10]:

$$\mathcal{B} = 33.1 \qquad V_{so} = 17.2Me \qquad R = 7.26fm \qquad V_0 = -46.8MeV$$

V

للبروتون[10]:

$$\mathcal{B} = 33.1 \qquad V_{so} = 22MeV \qquad R = 7.26fm \qquad V_0 = -59.8MeV$$

وباستخدام المعاملات السابقة، وإضافتها إلى حدّ الطاقة الحركية للنيوكليون المفرد $-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2$ ينتج لدينا هاملتوني النيوكليون المفرد :

$$H = -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + \frac{V_0}{1+\exp(\frac{r-R}{d})} + \mathcal{B}(\frac{\hbar}{2Mc})^2(\nabla \frac{V_0}{1+\exp\left(\frac{r-R}{d}\right)})(\boldsymbol{\sigma} \times \boldsymbol{p}) \qquad (28)$$

ونحلّ معادلة شرودينغر $H\psi = E\psi$ ، وذلك بتركيب المصفوفات الموافقة للهاملتوني في المعادلة(28) وإيجاد القيم الخاصة التي توافق طاقة النيوترون المفرد.

أمّا لإيجاد طاقة البروتون المفرد فنضيف إلى المعادلة(28) حدّاً يتعلق بالقوى الكولونية بين البروتونات:

$$eU(r) = Z \propto \hbar c(\frac{3}{2R_2} - \frac{r^2}{2R_2^3}) \qquad (29)$$

حيث:

$$R_2 = \left(1.089A^{\frac{1}{3}} + 0.317\right)\text{fm} \qquad (30)$$

α ثابت البنية الناعمة ، Z عدد البروتونات

c سرعة الضوء

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

الجدول(1)يبين قيم طاقة النيوكليون المفرد(النيوترون) المحسوبة في بئر كمون (وودز- ساكسون)

الرقم	الطاقة	السوية	الرقم	الطاقة	السوية	الرقم	الطاقة	السوية
1	−42.3	1/2 +	41	−13.16	11/2 −	81	−1.32	3/2 +
2	−38.58	1/2 −	42	−13	5/2 −	82	−1.19	1/2 −
3	−37.92	3/2 −	43	−12.8	3/2 −	83	−1	5/2 +
4	−37.54	1/2 −	44	−12.33	1/2 −	84	−0.97	1/2 +
5	−34.12	3/2 +	45	−11.79	7/2 −	85	−0.67	9/2 +
6	−33.94	1/2 +	46	−11.71	3/2 −	86	−0.45	1/2 +
7	−32.66	5/2 +	47	−11.42	5/2 −	87	0.69	5/2 −
8	−32.63	1/2 +	48	−11.04	1/2 −	88	0.9	5/2 +
9	−31.54	3/2 +	49	−10.43	7/2 +	89	1.11	7/2 −
10	−30.58	1/2 +	50	−10.27	9/2 +	90	1.17	3/2 −
11	−28.78	3/2 −	51	−9.93	5/2 +	91	1.38	1/2 +
12	−28.77	5/2 −	52	−9.48	1/2 −	92	1.4	1/2 −
13	−28.38	1/2 −	53	−9.46	3/2 −	93	1.6	11/2 +
14	−27.05	3/2 −	54	−9.14	3/2 +	94	1.98	3/2 +
15	−26.7	7/2 −	55	−9.04	11/2 +	95	2.01	15/2 −
16	−26.32	1/2 −	56	−8.62	1/2 −	96	2.13	3/2 −
17	−25.46	1/2 −	57	−8.55	1/2 +	97	2.36	1/2 −
18	−24.45	5/2 −	58	−8.14	7/2 −	98	2.63	9/2 −
19	−23.29	3/2 −	59	−7.64	9/2 −	99	2.7	7/2 +
20	−23.19	5/2 +	60	−5.93	3/2 −	100	3.08	1/2 −
21	−22.8	3/2 +	61	−5.93	5/2 +	101	3.25	5/2 −
22	−22.72	7/2 +	62	−5.77	3/2 +	102	3.66	9/2 +
23	−22.56	1/2 −	63	−5.74	13/2 +	103	3.86	11/2 +
24	−22.19	1/2 +	64	−5.37	5/2 −	104	3.92	3/2 −
25	−20.17	9/2 +	65	−5.24	1/2 +	105	4	7/2 −
26	−20.01	3/2 +	66	−5.12	1/2 −	106	4.12	1/2 −
27	−19.91	5/2 +	67	−5.09	7/2 +	107	4.19	7/2 +

5/2 −	4.26	108	5/2 +	−4.19	68	1/2 +	−19.67	28
13/2 +	4.43	109	7/2 +	−3.59	69	3/2 +	−19.01	29
3/2 −	4.5	110	9/2 −	−3.53	70	1/2 +	−18.23	30
1/2 −	4.76	111	1/2 +	−3.33	71	1/2 +	−17.16	31
9/2 −	4.76	112	7/2 −	−3.31	72	7/2 −	−17	32
5/2 +	4.97	113	3/2 +	−3.16	73	5/2 −	−16.84	33
7/2 −	5.06	114	11/2 −	−3.1	74	7/2 +	−16.42	34
11/2 −	5.56	115	3/2 +	−2.98	75	3/2 −	−16.2	35
5/2 −	5.63	116	9/2 +	−2.95	76	9/2 −	−16.12	36
3/2 −	5.68	117	5/2 −	−2.57	77	5/2 +	−15.76	37
3/2 +	5.69	118	1/2 +	−2.26	78	1/2 −	−15.58	38
1/2 +	5.8	119	3/2 −	−1.77	79	3/2 +	−14.03	39
1/2 +	6.01	120	13/2 −	−1.57	80	1/2 +	−13.96	40

الجدول(2)يبين قيم طاقة النيوكليون المفرد(البروتونات) في بئر كمون (وودز− ساكسون)

السوية	الطاقة	الرقم	السوية	الطاقة	الرقم	السوية	الطاقة	الرقم
3/2 +	6.79	81	11/2 −	−5.01	41	1/2 +	−33.6	1
1/2 −	8	82	5/2 −	−4.9	42	1/2 −	−30.56	2
5/2 +	8.25	83	3/2 −	−4.67	43	3/2 −	−29.8	3
1/2 +	8.35	84	1/2 −	−4.14	44	1/2 −	−29.27	4
9/2 +	8.61	85	7/2 −	−3.8	45	3/2 +	−26.62	5
1/2 +	9.23	86	3/2 −	−3.47	46	1/2 +	−26.35	6
5/2 −	9.32	87	5/2 −	−3.44	47	5/2 +	−24.9	7
5/2 +	9.49	88	1/2 −	−3.41	48	1/2 +	−24.49	8
7/2 −	9.54	89	7/2 +	−3.23	49	3/2 +	−23.44	9
3/2 −	9.81	90	9/2 +	−2.84	50	1/2 +	−22.03	10
1/2 +	9.85	91	5/2 +	−2.45	51	3/2 −	−21.58	11
1/2 −	10.24	92	1/2 −	−2.15	52	5/2 −	−21.47	12
11/2 +	10.87	93	3/2 −	−1.83	53	1/2 −	−20.9	13
3/2 +	10.97	94	3/2 +	−1.06	54	3/2 −	−19.27	14
15/2 −	11.21	95	11/2 +	−0.72	55	7/2 −	−19.17	15
3/2 −	11.28	96	1/2 −	−0.68	56	1/2 −	−18.26	16

1/2 −	11.43	97	1/2 +	0.45	57	1/2 −	−17.16	17
9/2 −	11.8	98	7/2 −	0.54	58	5/2 −	−16.33	18
7/2 +	11.81	99	9/2 −	0.87	59	3/2 −	−16.11	19
1/2 −	11.88	100	3/2 −	1.63	60	5/2 +	−15.72	20
5/2 −	12.24	101	5/2 +	2.23	61	3/2 +	−15.59	21
9/2 +	12.49	102	3/2 +	2.49	62	7/2 +	−14.8	22
11/2 +	12.5	103	13/2 +	3.06	63	1/2 −	−14.75	23
3/2 −	12.88	104	5/2 −	3.09	64	1/2 +	−13.84	24
7/2 −	12.9	105	1/2 +	3.5	65	9/2 +	−12.77	25
1/2 −	13.07	106	1/2 −	3.53	66	3/2 +	−12.12	26
7/2 +	13.12	107	7/2 +	3.76	67	5/2 +	−12.03	27
5/2 −	13.32	108	5/2 +	3.77	68	1/2 +	−11.49	28
13/2 +	13.55	109	7/2 +	3.77	69	3/2 +	−10.9	29
3/2 −	13.58	110	9/2 −	4.29	70	1/2 +	−10.07	30
1/2 −	13.64	111	1/2 +	4.53	71	1/2 +	−10	31
9/2 −	14.04	112	7/2 −	4.86	72	7/2 −	−9.81	32
5/2 +	14.17	113	3/2 +	4.96	73	5/2 −	−9.21	33
7/2 −	14.54	114	11/2 −	5.37	74	7/2 +	−9.01	34
11/2 −	14.72	115	3/2 +	5.38	75	3/2 −	−8.49	35
5/2 −	14.9	116	9/2 +	5.7	76	9/2 −	−8.17	36
3/2 −	15.28	117	5/2 −	5.7	77	5/2 +	−8.14	37
3/2 +	15.41	118	1/2 +	5.9	78	1/2 −	−7.2	38
1/2 +	15.42	119	3/2 −	6	79	3/2 +	−5.82	39
1/2 +	15.67	120	13/2 −	6.52	80	1/2 +	−5.09	40

باستخدام طاقة الجسيم المفرد بكمون وودز ساكسون يمكننا حساب $\tilde{g}(\varepsilon,\beta)$ من العلاقة (11)، و حساب $g(\varepsilon,\beta)$ من (12–b)، وحساب التصحيح الطبقي بالعلاقة(13).

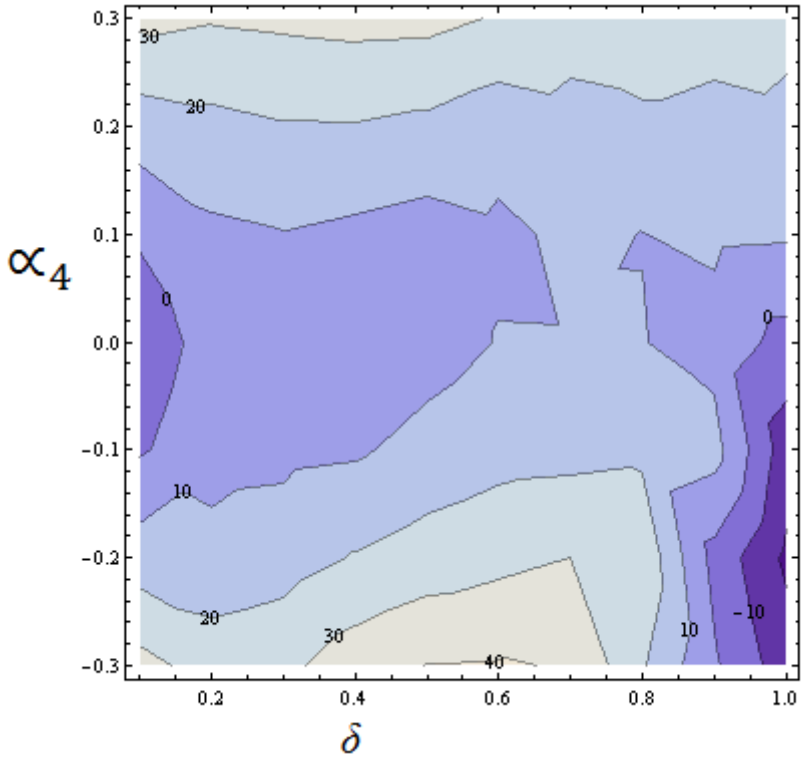
نحسب تصحيح الازدواج من العلاقة (14) ،ويتّكون حساب طاقة أنموذج القطرة السائلةE_{LDM} من :

$$E_{LDM}(N,Z,\beta) = \{[B_s(\beta)-1] + 2\mu[B_c(\beta)-1]E_s^{(0)} \quad (31)$$

حيث [4]:

$$\mu = 0.01965\frac{Z^2}{A}\frac{1}{(1-1.7826(\frac{N-Z}{N+Z})^2)} \quad (32)$$

ونطبق $E = E_{LDM} + \sum_{p,n}(\delta U + \delta P)$



الشكل(1) يوضح خطوط تساوي قيمة الكمون السطحي E لنواة ^{201}Tl بتغير كل من δ و α_4

δ و α_4 معاملات التشوه المفترض للنواة

قيمة معامل الانشطار من العلاقة (32) تساوي 0.687[11] للنواة المدروسة، وهي بحسب الدراسات التجريبية 0.675 ∓ 0.013.

الجدول(3) يبين معاملات الشكل لأقرب قيم معامل انشطار للقيمة التجريبية 0.675[11]

μ	Bc	Bs	α_4	δ
0.662	0.987	1.03	−0.1	0.3
0.670	0.963	1.072	−0.1	0.5
0.678	0.943	1.105	−0.1	0.6
0.695	0.789	1.267	−0.1	1
0.667	0.954	1.079	0	0.6
0.652	0.984	1.034	0.1	0.4
0.666	0.973	1.066	0.2	0.5
0.660	0.978	1.083	0.3	0.3

يظهر من الجدول(3) أنّ معاملات الشكل لأقرب قيمة لمعامل الانشطار من القيمة التجريبية ، هي من أجل $\delta = 0.6$ و $\alpha_4 = -0.1$

الاستنتاجات والتوصيات:

نلاحظ أن أ نموذج القطرة السائلة للنواة مع التصحيح الطبقيّ يستطيع إعطاء معلومات أكثر عن شكل النواة وطاقتها الكامنة السطحية ، وهو يصلح لتفسير الانشطار أكثر من أنموذج القطرة السائلة من دون التصحيح الطبقي، ويمكن استخدامه لدراسة تغيّر شكل النواة في أثناء الانشطار.

المراجع:

[1] RING, P. ; SCHUCK, P. *The Nuclear Many-Body Problem*, Springer Verlag, 1980, 716.

[2] PASHKEVICH, V. V. *On The Asymmetric Deformation of Fissioning Nuclei*, Nuclear Physics A, Vol. 169 , 1971, 275-293;

[3] GUO, S. , Spontaneous *Fission Barriers Based on a Generalized Liquid Drop Model*, Commun. Theor. Phys. Vol. 61, 2014, 629-635.

[4] NILSSON, S.G. ; RAGNARSSON,I. , Shapes and Shells in Nuclear Structure, Cambridge University Press, 1995,408.

[5] GARCIAA, F. , *calculation of fission barriers*, Comput. Phys. Commun Vol.120 , 1999, 57-70.

[6] BOHR , A.; MOTTELSON, B.R. , *Nuclear Structure*, Vol. II, Benjamin, New York (1975).

[7] NILSSON, S.G., *On the nuclear structure and stability of heavy and superheavy elements*, Nuclear Physics A,Vol. 131, No 1, 1969,1-66 .

[8] http://jblevins.org/mirror/amiller (15-12-2014)

[9] GARROTE, E. etall., *Single-particle calculations in an axially deformed Woods-Saxon potential with Cassinian ovals parametrization of the shape deformation*, Comput. Phys. Commun. Vol. 92,1995,267.

[10] PAULI, H. C., *Asymmetry in Nuclear Fission*, Phys. Lett. 34B, ,1971, 264.

[11] BURNETT,D.S. etall.,Fission Barrier of Thallium 201,Physical Review Vol. 134 No.58, 1964,952-963.