

حساب مستويات الطاقة لنظائر البلاتينيوم $^{202-204}\text{Pt}$ باستخدام نموذج القشرة النووي

خالد حسين هاتف العطية¹ و نورس محمد شهيد الدهان² و خالد جبار مطشر¹

¹ جامعة بابل - كلية العلوم - قسم الفيزياء

² جامعة كربلاء - كلية العلوم - قسم الفيزياء

² E-mail: nawrasaldahan@uokerbala.edu.iq

الخلاصة

حسبت طاقة الربط و مستويات الطاقة ذات التناظر الموجب والسالب لنظائر Pt ذات عدد نيوترونات من 124 الى 126 من خلال حسابات نموذج القشرة النووي و باستخدام برنامج OXBASH و عن طريق توظيف التفاعل Pb206BU.int و khhe.int للنيوترونات والبروتونات فجوة، وللنظائر ^{202}Pt و $^{203,204}\text{Pt}$ على التوالي. ان مستويات الطاقة (الطاقات و برم و تناظر) التي تم التنبؤ بها من خلال هذا الانموذج كانت تتفق بشكل جيد مع البيانات التجريبية المتوفرة.

Abstract

Binding energy and energy levels of both positive and negative parities for Platinum isotopes with neutron numbers between 124 and 126 have been calculated through shell model calculations using the shell model code OXBASH for Windows by employing Pb206BU.int and khhe.int interactions of the neutron and proton hole for ^{202}Pt and $^{203,204}\text{Pt}$, respectively. The predicted low-lying levels (energies, spins and parities) results are in good agreement with the available experimental data.

1- مقدمة Introduction :

تعتبر دراسة التركيب النووي للنوى الغنية بالنيوترونات من البحوث المهمة في الفيزياء النووية [2,1] ، حيث ان عدد النوى المستقرة الموجودة في الطبيعة اقل من 300 نوية من مجموع ما يقارب 7000 نوية غير مستقرة موجودة في الطبيعة. 3000 نوية تم توليدها ودراسة تركيبها الداخلي لحد الان [3]. وتعتبر دراسة التركيب الداخلي للنوى الغنية بالنيوترونات من اكثر التحديات التي يواجهها الباحثون لصعوبة توليد هذه النوى من الناحية العملية لانه غالبا ما يكون عمر النصف للنوى الموجودة في هذه المنطقة صغير [4,5].

ان دراسة تغيير الخواص النووية للنوى عند زيادة البروتونات او النيوترونات يعتبر من المجالات البحثية والدراسية المهمة في الفيزياء النووية الحديثة، وان النوى الغنية بالنيوترونات والمحصورة من الاوزميوزم (^{76}Os) الى الرصاص (^{82}Pb) تمثل الجزء الاقل توفرا للمعلومات العملية في جدول النوى [6]. وتعتبر معلومات النوى القريبة من $N=126$ معلومات مهمة في فهم و نشوء التركيب النووي للنوى الثقيلة. اضافة الى ذلك الترابط بين بعض المعلومات المستخلصة من الدراسات التجريبية كأحتمالية الانتقالات (Transitions Probability) وقيم مستويات الطاقة وبين المعلومات المستنتجة من الدراسات النظرية مثل طاقة الجسيمة المنفردة (Single Particle Energy) وطاقة الترابط بين البروتونات والنيوترونات (Binding Energy of Protons and Neutrons) و التفاعل المتبقى للجسيمين (Two-body residual interactions) [6]. نظرا لما تمتلكه نواة البلاتينيوم ^{78}Pt من مميزات عدة من حيث وجودها ضمن منطقة النويات الغنية بالنيوترونات ولامتلاكها عدة نظائر ولقلة المعلومات المتوفرة عنها، لذا فان الهدف من البحث الحالي هو معرفة التركيب النووي لنظائر ^{78}Pt ذات عدد نيوترونات ($N=124$ to 126) من خلال دراسة مستويات الطاقة للنظائر $^{202-204}\text{Pt}$ بتطبيق أنموذج القشرة النووي وباستخدام برنامج (OXBASH) .

2- الجزء النظري Theoretical Part :

ان تطبيق أنموذج القشرة النووي لحساب مستويات الطاقة والزخم لاي نواة يتطلب معرفة بالمنطقة التي تجري فيها الحسابات من حيث معرفة أنموذج الفضاء الذي تتوزع به نيوترونات وبروتونات تلك النواة بالاضافة الى ملفات التفاعل المناسبة لها. ان حسابات أنموذج القشرة تتضمن طاقات الجسيم المنفرد (Single Particle Energies) التي يرمز لها (SPE) والتفاعل بين جسيمين (Two-Body Interaction) من نيوكلونات التكافؤ والتي تعرف بمصفوفة العناصر ثنائية الجسيمة (Two-Body Matrix Element) ويرمز لها (TBME) [7]. اذ ان القشرة المغلقة (القلب الخامل) تعامل كغراغ بسبب ان النيوكلونات لا تتغير في القشرة المغلقة. وعليه فان الهاملتونين الذي يحكم ديناميكية نيوكلونات التكافؤ يتكون من طاقات الجسيم المنفرد والتفاعل بين نيوكلونين ويكتب بالصيغة الاتية

[10-8]:

$$H = \sum_i \varepsilon_i a_i^\dagger + \sum_{ijkl} V_{ijkl} a_i^\dagger a_j^\dagger a_i a_j \quad (1)$$

حيث ان ε_i : يمثل طاقة الجسيمة المنفردة (SPE) للاوربيتال i والتي يمكن ان نجد قيمتها من جوار القشرة المغلقة ذات العدد الكتلي $A = \text{closed core} + 1$
 V_{ijkl} تعرف بمصفوفة العناصر ثنائية الجسيمة (TBME) للتفاعل المؤثر بين نيوكلون - نيوكلون للاوربيتالات (i, j, k, l) ويمكن حسابها من خلال $A = \text{closed core} + 2$.
 $a_i^\dagger, a_j^\dagger$ مؤثرات الخلق (لتوليد زوج من الفيرمونات).
 a_i, a_j مؤثرات الفناء (لفناء زوج من الفيرمونات).
 أن كيفية تنفيذ حسابات في أنموذج القشرة النووي باستخدام برنامج (OXBASH) يتم بأفتراض ان المستويات المملوءة بالبروتونات او النيوترونات تكون كقلب خامل (Inert Core)، وهذه المستويات تعرف بالقشرة المغلقة (Closed Shell) والتي من خلالها استنتجت الاعداد السحرية، اما النيوكلونات التي تكون في القشر التي تلي الاعداد السحرية فتسمى بنيوكلونات التكافؤ (Valence Nucleons) [11]. اذ المدارات بين عددين سحريين تمثل قشرة التكافؤ وتدعى بالقشرة الرئيسية مثل $(1h_{9/2}, 2f_{7/2}, 1h_{9/2}, 2f_{7/2})$ بين العددين السحريين (82) و (126) والتي تسمى بفضاء الجسيمة المنفردة (Single Particle Space) ويرمز لها (SPS).

3- الحسابات والمناقشة : Calculations & Discussion

اجريت حسابات انموذج القشرة النووي لنواة النيون ^{20}Ne لضمان دقة النتائج المستحصلة من البرنامج (OXBASH) وهذه النواة مدروسة سابقا نظريا [12,3] وعمليا [13,3]. نواة $^{20}\text{Ne}_{10}$ زوجية-زوجية، وحسب أنموذج القشرة النووي فإن القشرة المغلقة تكون عند العدد السحري (8)، أي تملأ بثمانى من البروتونات والنيوترونات ($N = P = 8$) في القشرة المغلقة $(1s_{1/2}, 1p_{3/2}, 1p_{1/2})$ [11]، ويبقى لدينا اثنان من البروتونات (2π) واثنان من النيوترونات (2ν) وباعتبارها نيوكلونات التكافؤ ويتم توزيع هذه النيوكلونات ضمن قشرة (sd-Shell) كالآتي :

$$N=P= 1d_{5/2}, 2s_{1/2}, 1d_{3/2} \quad (2)$$

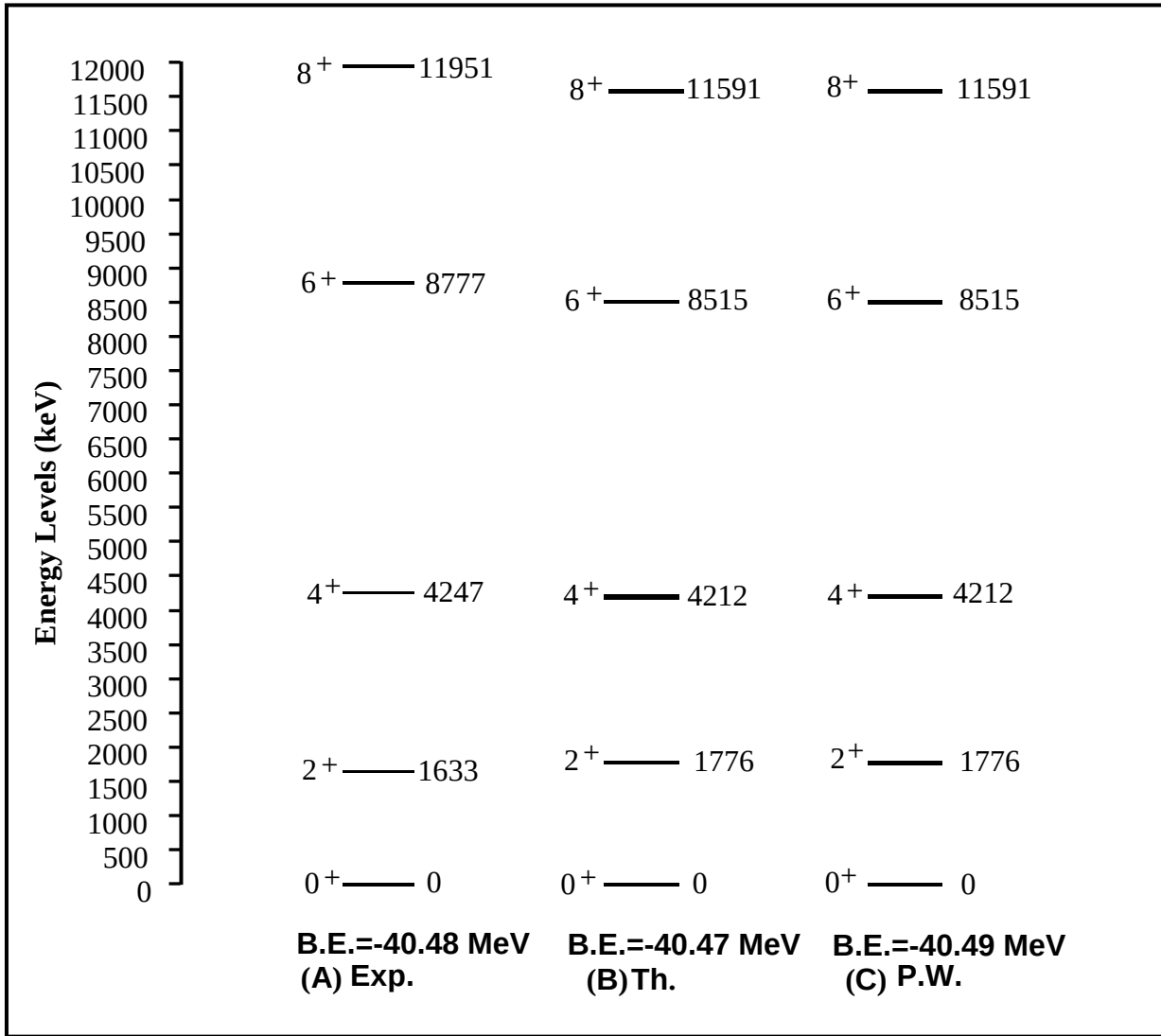
واستخدم ملف التفاعل (W.int) (Wildenthal) [15,14] وذلك لاجل المقارنة مع نتائج نظرية سابقة مستخدمة نفس التفاعل هذا [12,3]، والشكل (1) يوضح مقارنة بين نتائج البحث الحالي (Present Work) باستخدام برنامج (OXBASH) والنتائج النظرية [12,3] والعملية [13,3] لنواة ^{20}Ne . ومن خلال الشكل (1) تبين بان ان النتائج التي حُصل عليها (P.W.) باستخدام برنامج (OXBASH) كانت دقيقة ومتوافقة مع النتائج النظرية (Th.) المحسوبة سابقاً [12,3] ومع النتائج العملية [13,3] لكل من مستويات الطاقة وطاقة الترابط.

تم تطبيق أنموذج القشرة النووي لحساب مستويات الطاقة لنظائر البلاتينيوم $^{202-204}\text{Pt}$ ، التي لها عدد ذري يساوي ($Z=78$) وعدد نيوترونات يتراوح بين ($N=124$ to 126)، وتقع قريبة من منطقة الرصاص ^{208}Pb ثنائية العدد السحري. وحسب التوزيع الآتي :

$$P=1g_{7/2}, 2d_{5/2}, 2d_{3/2}, 3s_{1/2}, 1h_{11/2} \quad (3)$$

$$N=1h_{9/2}, 2f_{7/2}, 2f_{5/2}, 3p_{3/2}, 3p_{1/2}, 1i_{13/2} \quad (4)$$

وحسب أنموذج القشرة النووي فإن القشرة المغلقة تكون عند العدد السحري ($P=50$) و ($N=82$)، ويكون مجموع نيوكلونات التكافؤ للنظائر ^{202}Pt و ^{203}Pt و ^{204}Pt هو 70 و 71 و 72 جسيم خارج القشرة المغلقة على التوالي.
 اما اذا اعتبرت القشرة المغلقة عند العدد السحري ($P=82$) و ($N=126$) وبالاغتماد على ملفات التفاعل المستخدمة في هذا البحث حيث يمكن استخدام الفجوات بدلا من جسيمات التكافؤ، ويبلغ عدد الفجوات للنظائر قيد الدراسة هو 4 و 5 و 6 على التوالي.



الشكل (1) : مقارنة مستويات الطاقة لنواة $^{20}\text{Ne}_{10}$: (A) النتائج العملية (Exp.) [13,3] و (B) النتائج النظرية المحسوبة (Th.) باستخدام برنامج OXBASH سابقا [12] و (C) النتائج المستحصلة من البحث الحالي (P.W.) باستخدام برنامج OXBASH.

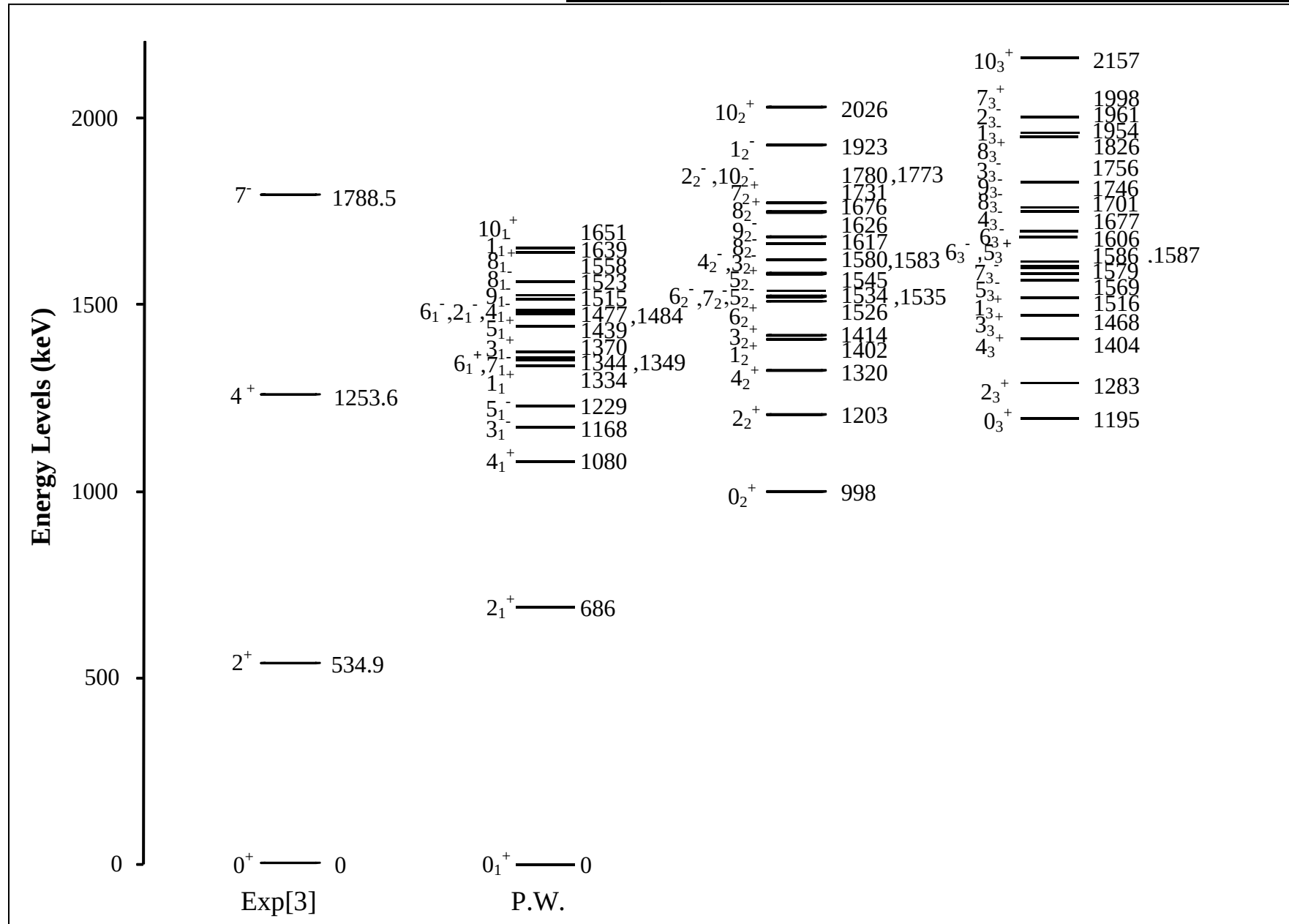
3-1 مستويات الطاقة للنظير ^{202}Pt :

ان نظير البلاتينيوم ^{202}Pt هو نواة زوجية - زوجية ولاجراء الحسابات لهذه النواة ^{202}Pt تم اخذ القشرة المغلقة عند نواة الرصاص $^{208}\text{Pb}_{126}$ أي ان عدد البروتونات (P=82) والنيوترونات (N=126)، اذ يمكن استخدام عدد الفجوات بدلا من عدد جسيمات التكافؤ، وبذلك يصبح عدد النيوكلونات 6 (فجوات) بدلا من (70) جسيم لاغلاق القشرة عند العدد السحري (P=82) و (N=126). في المدار $1h_{11/2}$ يوجد اربعة فجوات بروتونية (4π) في حين عند المدار $1i_{13/2}$ توجد فجوتان نيوترونية (2π). وأستخدم ملف التفاعل (pb206BU.int) [17,12] والذي يتعامل مع نيوكلونات التكافؤ كفجوات فقط وبالتالي يكون عدد الفجوات الكلي (6)، اما ملف (SPS) الذي يضم طاقات الجسيم المنفرد فأستخدم الملف (pb206) [12] وبعد اجراء الحسابات تم الحصول على النتائج الاتية :

1- تم حساب طاقة المستويات الواطئة التهييج (Yrast Band) للنظير ^{202}Pt ومقارنتها مع القيم العملية [13,3] كما في الشكل (1). حيث وجد أن هنالك تطابقاً جيداً في طاقة المستوى الارضي المحددة بالزخم والتماثل 0_1^+ مع القيم العملية 0^+ ، اما باقي المستويات فهناك تطابق مقبول بين القيم العملية والنظرية، الجدول (1) يبين مستويات الطاقة لنظير البلاتينيوم ^{202}Pt للحزمة الرابعة والخامسة والسادسة.

2- كذلك تم الحصول على مستويات جديدة لم يتم مقارنتها مع القيم العملية لعدم توفرها محددة بزخم وتماثل منها (3_1^- , 5_1^- , 6_1^+ , 1_1^+ , 3_1^+ , 5_1^+ , 2_1^- , 4_1^- , 6_1^- , 9_1^- , 8_1^+ , 1_1^+ , 10_1^+) من الحزمة الاولى.

3- تم حساب طاقة الترابط (Binding Energy) للنظير ^{202}Pt والتي تساوي B.E.=42.625 MeV.



الشكل (1) يوضح مقارنة مستويات الطاقة المحسوبة نظرياً لنظير البلاتينيوم ^{202}Pt مع النتائج العملية .

جدول (1) يبين مستويات الطاقة للنظير ^{202}Pt للحزمة الرابعة والخامسة والسادسة.

J_4^π	E(keV)	J_5^π	E(keV)	J_6^π	E(keV)
0_4^+	1266	2_5^+	1341	2_6^+	1372
2_4^+	1308	0_5^+	1412	0_6^+	1494
4_4^+	1462	4_5^+	1484	4_6^+	1504
3_4^+	1481	3_5^+	1532	3_6^+	1561
5_4^+	1613	6_5^+	1654	6_6^+	1687
6_4^+	1621	5_5^+	1709	5_6^+	1748
7_4^-	1627	6_5^-	1728	7_6^-	1809
1_4^+	1646	7_5^-	1733	6_6^-	1849
6_4^-	1662	5_5^-	1744	5_6^-	1855
5_4^-	1687	1_5^+	1802	1_6^+	1860
8_4^-	1750	4_5^-	1875	4_6^-	1923
4_4^-	1805	3_5^-	1890	3_6^-	1930
3_4^-	1848	8_5^-	1959	8_6^-	2053
9_4^-	1977	8_5^+	2036	2_6^-	2061
2_4^-	2014	2_5^-	2040	8_6^+	2105
8_4^+	2015	1_5^-	2047	9_6^-	2127
1_4^-	2020	7_5^+	2103	1_6^-	2131
7_4^+	2083	9_5^-	2120	7_6^+	2166
10_4^-	2212	10_5^-	2235	10_6^-	2308
10_4^+	2293	10_5^+	2349	0_6^-	2370
				10_6^+	2398

2-3 مستويات الطاقة للنظير ^{203}Pt :

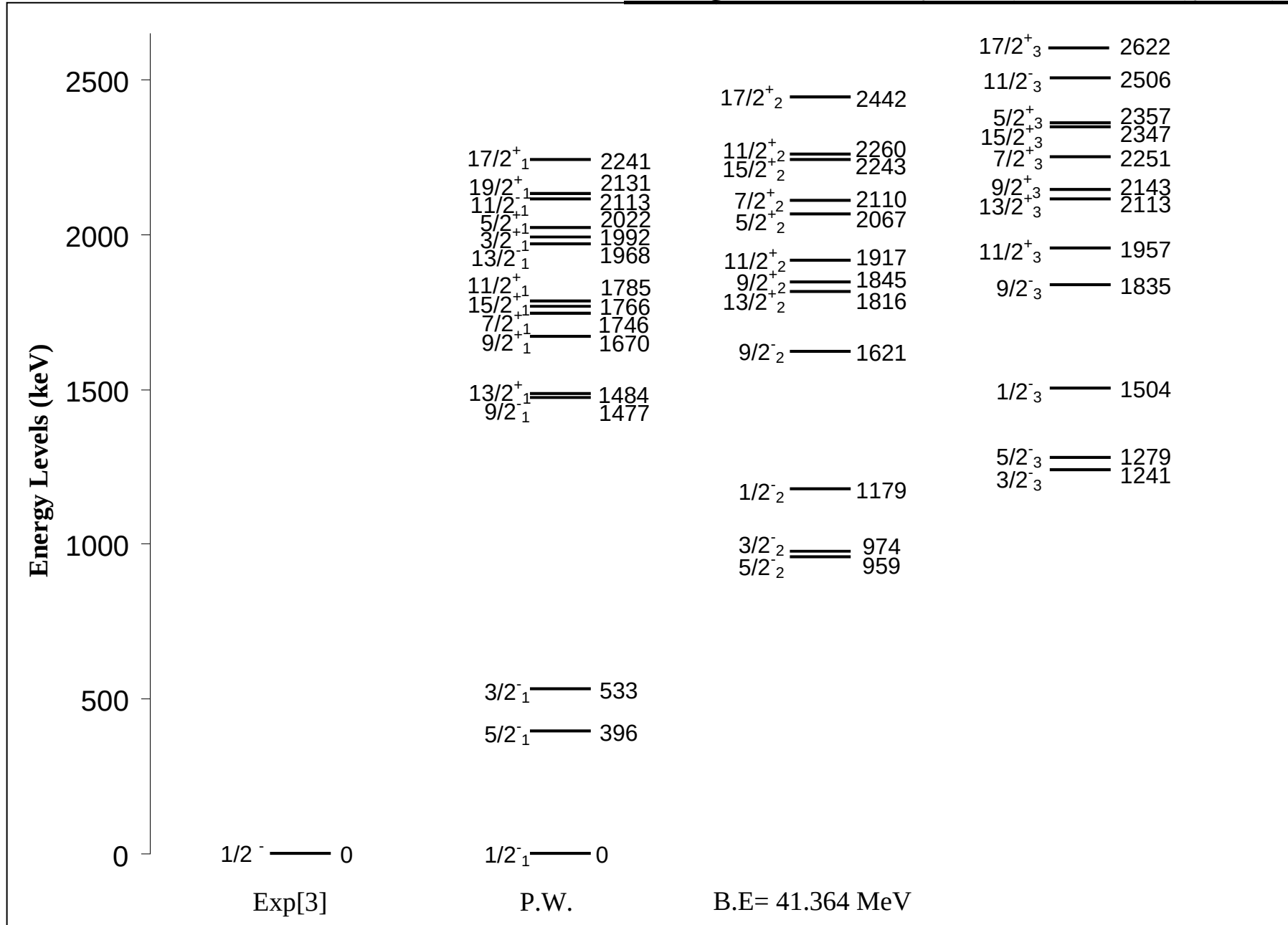
ان نظير البلاتينيوم ^{203}Pt هو نواة زوجية - فردية , ولاجراء الحسابات لهذه النواة ^{203}Pt تم اخذ القشرة المغلقة عند نواة الرصاص $^{208}\text{Pb}_{126}$, اذ يمكن استخدام عدد الفجوات بدلا من عدد جسيمات التكافؤ , حيث يصبح عدد النيوكلونات 5 , حيث توجد في المدار $1h_{11/2}$ اربعة فجوات بروتونية (4π) في حين عند القشرة $1i_{13/2}$ فتوجد فجوة نيوترونية واحدة (1π) , و استخدم ملف التفاعل (khhe.int) [18] والذي يتعامل مع نيوكلونات التكافؤ كفجوات فقط , اما ملف (SPS) الذي يضم طاقات الجسيم المنفرد فاستخدم الملف (KHH) [13] وبعد اجراء الحسابات تم الحصول على النتائج الاتية :

1- تم حساب طاقة المستويات الواطنة التهييج (Yrast Band) للنظير ^{203}Pt ومقارنتها مع القيم العملية [37] كما موضح في الشكل (2) . حيث وجد ان هنالك تطابقاً جيداً في طاقة المستوي الارضي المحددة بالزخم والتماثل $1/2^-$ مع القيم العملية $1/2^-$, وكذلك تم الحصول على مستويات طاقة جديدة لم يتم مقارنتها مع القيم العملية لعدم توفرها محددة بزخم وتماثل منها ($5/2^-$, $3/21^-$, $9/2_1^-$, $13/2_1^+$, $9/2_1^+$, $7/2_1^+$, $15/2_1^+$, $11/2_1^+$, $13/2_1^-$, $3/2_1^+$, $5/2_1^+$, $11/2_1^-$, $19/2_1^+$, $17/2_1^+$) من الحزمة الاولى , جدول (2) يوضح مستويات الطاقة للنظير البلاتينيوم ^{203}Pt للحزمة الرابعة والخامسة والسادسة والمحسوبة باستخدام ملف التفاعل (khhe.int).

2- تم حساب طاقة الترابط للنظير ^{203}Pt فوجدت تساوي (B.E=41.364 MeV) .

جدول (2) يوضح مستويات الطاقة للنظير ^{203}Pt للحزمة الرابعة والخامسة والسادسة.

J_4^π	E(keV)	J_5^π	E(keV)	J_6^π	E(keV)
$3/2^-_4$	1433	$5/2^-_5$	1589	$1/2^-_6$	1714
$5/2^-_4$	1461	$3/2^-_5$	1602	$3/2^-_6$	1748
$1/2^-_4$	1587	$1/2^-_5$	1694	$5/2^-_6$	1758
$9/2^-_4$	2148	$9/2^-_5$	2219	$9/2^-_6$	2238
$13/2^+_4$	2176	$13/2^+_5$	2319	$13/2^+_6$	2370
$11/2^+_4$	2194	$11/2^+_5$	2343	$11/2^+_6$	2380
$9/2^+_4$	2228	$9/2^+_5$	2339	$9/2^+_6$	2457
$7/2^+_4$	2329	$7/2^+_5$	2375	$7/2^+_6$	2481
$5/2^+_4$	2466	$15/2^+_5$	2549	$15/2^+_6$	2626
$15/2^+_4$	2477	$5/2^+_5$	2714	$5/2^+_6$	2764
$11/2^-_4$	2530	$11/2^+_5$	2750	$11/2^-_6$	2796
$17/2^+_4$	2766	$17/2^+_5$	2812	$17/2^+_6$	2946



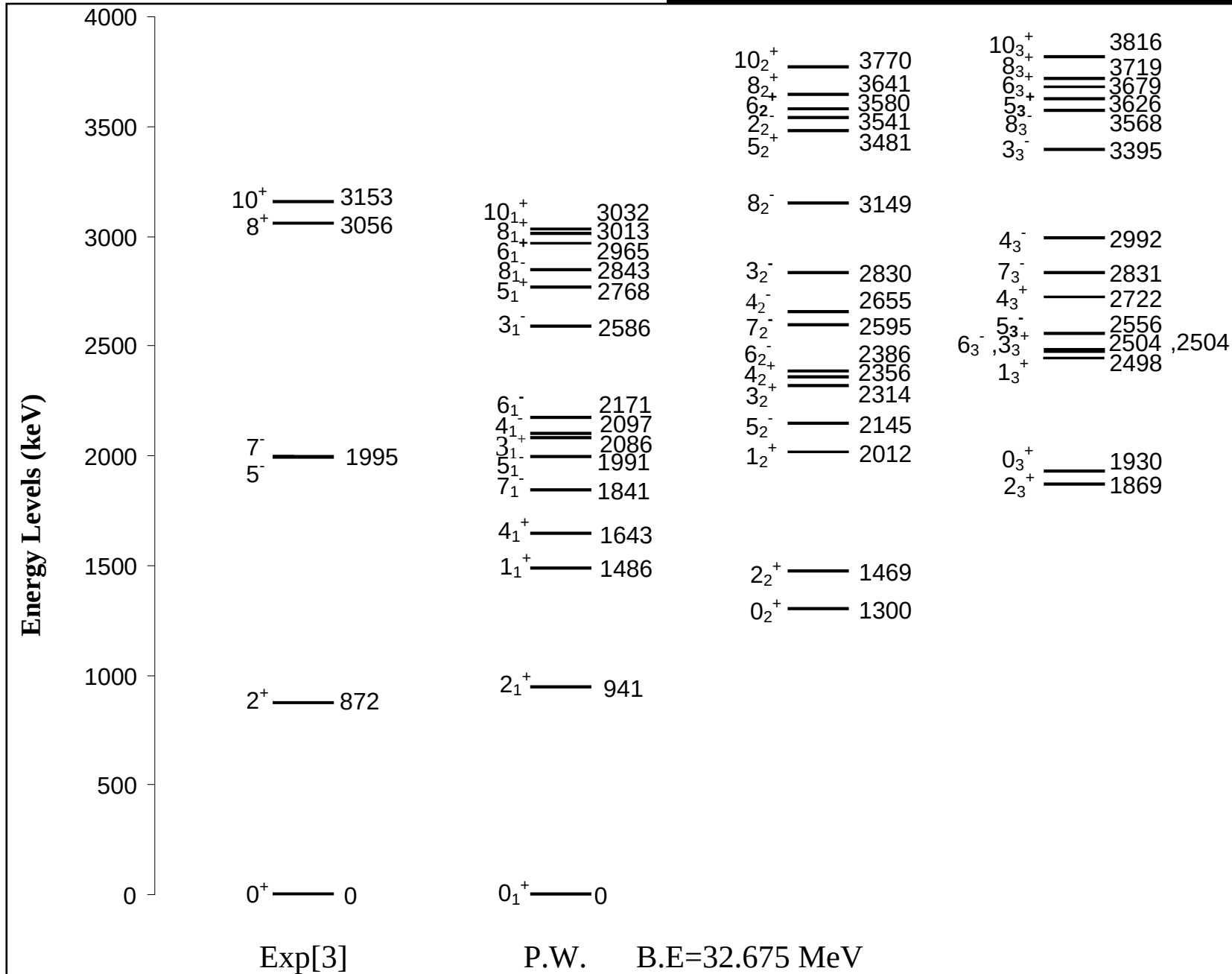
3-3 مستويات الطاقة للنظير ^{204}Pt :

ان نظير البلاتينيوم ^{204}Pt هو نواة زوجية - زوجية , ولاجراء الحسابات لهذه النواة ^{204}Pt تم اخذ القشرة المغلقة عند $^{208}\text{Pb}_{126}$ أي ان عدد البروتونات ($P=82$) والنيوترونات ($N=126$), اذ يمكن استخدام عدد الفجوات بدلاً من عدد جسيمات التكافؤ , حيث يصبح عدد النيوكلونات 4 حيث توجد في المدار $1h_{11/2}$ اربع فجوات بروتونية (4π) في حين لا توجد فجوات نيوترونية لان القشرة ممتلئة عند العدد السحري 126, و استخدم ملف التفاعل (khhe.int) [18] والذي يتعامل مع نيوكلونات التكافؤ كفجوات فقط , اما ملف (SPS) الذي يضم طاقات الجسيم المنفرد فستخدام الملف (KHH) , وبعد اجراء الحسابات تم الحصول على النتائج الاتية :

- 1- تم حساب طاقة المستويات الواطنة التهيج (Yrast Band) للنظير ^{204}Pt باستخدام ملف التفاعل (khhe.int) ومقارنتها مع القيم العملية [3] كما هو موضح في الشكل (3). يلاحظ من خلال هذا الشكل ان هنالك تقارباً جيداً في طاقة المستويات ذات الزخم والتماثل ($0_1^+, 2_1^+, 5_1^-, 7_1^-, 8_1^+, 10_1^+$) مع القيم العملية .
- 2- تم الحصول على مستويات جديدة لم يتم مقارنتها مع القيم العملية لعدم توفرها ذات زخم وتماثل منها ($1_1^+, 4_1^+, 4_1^-, 3_1^+, 6_1^-, 8_1^-, 5_1^+, 6_1^+$) من الحزمة الاولى، والجدول (3) يبين مستويات الطاقة لنظير البلاتينيوم ^{204}Pt للحزمة الرابعة والخامسة والسادسة .
- 3- حسبت طاقة الترابط للنظير ^{204}Pt وكانت تساوي ($B.E=32.675 \text{ MeV}$) .

جدول (3) يوضح مستويات الطاقة للنظير ^{204}Pt للحزمة الرابعة والخامسة والسادسة .

J_4^π	E(keV)	J_5^π	E(keV)	J_6^π	E(keV)
2_4^+	2094	2_5^+	2308	2_6^+	2441
0_4^+	2323	4_5^+	2842	0_6^+	3074
4_4^+	2792	0_5^+	2884	3_6^+	3090
1_4^+	2820	3_5^+	3018	4_6^+	3128
3_4^+	2890	1_5^+	3031	6_6^-	3213
5_4^-	2893	7_5^-	3078	5_6^-	3327
7_4^-	2926	5_5^-	3079	1_6^+	3481
6_4^-	2938	6_5^-	3144	4_6^-	3596
4_4^-	3058	4_5^-	3515	7_6^-	3771
3_4^-	3562	3_5^-	3628	3_6^-	3801
6_4^+	3766	6_5^+	3833	6_6^+	3933
8_4^+	3828	5_5^+	3943	8_6^+	4016
5_4^+	3858	8_5^+	3978	8_6^-	4032
8_4^-	3888	8_5^-	4014	5_6^+	4086
2_4^-	3983	10_5^+	4069	10_6^+	4259
10_4^+	4025				



وايضاً تبين من البحث الحالي بان زيادة عدد النيوترونات في نظائر البلاتنيوم ^{202}Pt و ^{204}Pt يؤدي الى زيادة طاقة المستويات للحزمة الاولى كما مبين في الجدول (4) ادناه :-

جدول (4) زيادة طاقة المستويات للحزمة الاولى مع زيادة عدد النيوترونات لنظائر البلاتنيوم ^{202}Pt و ^{204}Pt .

Levels	^{202}Pt	^{204}Pt
0^+	0	0
2^+	686	941
4^+	1080	1643
3^-	1168	2586
5^-	1229	1991
1^+	1334	1486
6^+	1344	2965
7^-	1349	1841
3^+	1370	2086
5^+	1439	2768
6^-	1477	2171
4^-	1484	2097
8^-	1523	2843
8^+	1558	3013
10^+	1651	3032

4 الاستنتاجات Conclusions :

1. من دراسة التركيب النووي لنظائر البلاتنيوم $^{202-204}\text{Pt}$ بتطبيق أنموذج القشرة النووي وباستخدام برنامج (OXBASH)، ومن نتائج قيم الطاقة والزخم التي تم الحصول عليها لهذه النظائر تبين مايلي:
2. توافق جيد بين النتائج العملية والنظرية في حساب طاقة وزخم مستويات الطاقة وتماتها .
3. أظهر الانموذج مستويات طاقة جديدة لنظائر البلاتنيوم $^{202-204}\text{Pt}$ ولعدة حزم .
4. حساب طاقة الربط لنظائر البلاتنيوم $^{202-204}\text{Pt}$.
5. ان استخدام ملفات التفاعل المستخدمة في البحث الحالي اعطى نتائج متوافقة مع النتائج العملية بشكل جيد.
5. ان زيادة عدد النيوترونات في نظائر البلاتنيوم يؤدي الى زيادة طاقة المستويات للحزمة الاولى.

References:

- 1- G. Audi, A. H. Wapstrab, and C. Thibaulta; "The AME2003 atomic mass evaluation " Nucl. Phys. A **729**, 337 (2003).
- 2- N. Al-Dahan," Isomer and β -delayed gamma-ray spectroscopy for structure studies of heavy, neutron-rich nuclei", Ph.D. Thesis , University of Surrey, UK, 2010.
- 3- <http://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>
Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF), online database,National Nuclear Data Center,(site Visited: September, 2010).
- 4- Zs. Podolyák et. al.; "Proton-hole excitation in the closed shell nucleus ^{205}Au ", Phys. Lett. B **672**, 116 (2009).
- 5- N. Al-Dahan et. al., "Nuclear Structure southeast of ^{208}Pb : Isomeric states in ^{208}Hg and ^{209}Tl " Phys. Rev. C **80**, 061302(R) (2009).
- 6- S. J. Steer et. al., "Single-particle behavior at $N = 126$: Isomeric decays in neutron-rich ^{204}Pt ", Phys. Rev. C **78**, 061302(R) (2008).
- 7- A. De Shalit and I. Talmi; "*Nuclear Shell Theory*", Academic Press, New York, 1963.
- 8- T. Otsuka; "*Shell Structure of Exotic Nuclei*", Lect. Notes Phys. **764**, 25, (2009).
- 9- H. Grawe, "*The Euroschool Lectures on Physics with exotic beams*", Lect. Notes in Phys **651**, 33, (2004).
- 10- M. Honma, B. A. Brown, T. Mizusaki and T. Otsuka;"Full pf-Shell Calculations with a New Effective Interaction" Nucl. Phys. A**704**, 134, (2002).
- 11- K. Krane," *Introductory Nuclear Physics*", John Wiley and Sons, 1988.
- 12- B.A.B, "*Home page of Alex Brown at Michigan state university*",
<http://www.nscl.msu.edu/~brown/resources/SDE.HTM>
- 13- Richard B. Firestone et al., "Table of Isotopes CD-ROM", Eighth Edition, Version 1.0, March 1996.
- 14- J. B. McGrory and B. H. Weldentahel; "Shell-model calculations for $A=18, 19$, and 20 Nuclei with Core excitations Included Explicitly", Phys. Rev. C **7**, 974, (1973).
- 15- B. H. Wildenthal,"Empirical Strengths of Spin Operators in Nuclei" Prog. Part. Nucl. Phys. **11**, 5, (1984).
- 16- K. G. Mutashar; "Study of Nuclear Structure of $^{202-204}\text{Pt}$ Isotopes by Shell Model application using OXBASH Program", M.Sc. Thesis, University of Babylon, Iraq, 2011.
- 17- E.K. Warburton and B.A. Brown; "Appraisal of the Kuo-Herling shell-model interaction and application to $A=210-212$ nuclei" Phys. Rev. C **43**, 602, (1991).
- 18- J. B. McGrory and T.T.S. Kuo; "*Shell model calculations of two to four identical particle systems near ^{208}Pb* ", Nucl. Phys. A**247**, 283, (1975).
- 19 - B. A. Brown; "Status of the nuclear shell model", Ann. Rev. Nucl. Part. Sci **38**, 29, (1988).