

## التغير في خصائص نظائر الموليبدنيوم $^{100-108}Mo$ الزوجية-الزوجية عند حالات الطاقة المختلفة

رؤى مزاحم النعمة

خريجة قسم الفيزياء / كلية التربية  
جامعة الموصل

عماد ممدوح احمد

قسم الفيزياء / كلية التربية  
جامعة الموصل

القبول

٢٠١٠ / ١١ / ٠٣

الاستلام

٢٠١٠ / ٠٥ / ٠٤

### ABSTRACTS

The properties of the different states of  $^{100-108}Mo$  even-even isotopes have been established. The examination of the energy of  $2_1^+$  state and the ratio  $E_{4_1^+}/E_{2_1^+}$  for these isotopes show that the  $^{100}Mo$  isotope has a vibration property but the others have  $\gamma$ -unstable property as  $^{106}Mo$  approached from the rotation property. Drawing  $E_\gamma/I$  as a function of  $I$  for these isotopes showed a variation of their property, and to confirm these variation the suitable equations for each limit have been used to calculate the energy of different states of these isotopes. The interacting boson model  $IBM - 1$  has been applied to calculate the energy of different states and a comparison with the experimental data showed good agreements.

### الملخص

تم في هذا البحث التعرف على خصائص الحالات المختلفة ل نظائر الموليبدنيوم  $^{100-108}Mo$  الزوجية- الزوجية . ملاحظة مواقع طاقات حالات التهيح الأولى  $E_{2_1^+}$  والنسبة  $E_{4_1^+}/E_{2_1^+}$  تبين ان النظير  $^{100}Mo$  يملك خصائص النوى الاهتزازية في حين ان النظائر الأخرى تمتلك خصائص نوى كما غير المستقرة مع اقتراب النظير  $^{106}Mo$  من خصائص النوى الدورانية. وعند رسم منحنى طاقة كما مقسومة على الزخم الزاوي  $E_\gamma/I$  دالة للزخم الزاوي لهذه النظائر تبين ان هناك تغير في خصائصها النووية وللتأكد من هذا التغير تم تطبيق المعادلات الخاصة بالتحديدات المختلفة لحساب طاقة الحالات المختلفة وأكدت النتائج هذا التغير . وبعد

التعرف على هذه الخصائص تم تطبيق نموذج البوزونات المتفاعلة IBM-1 لحساب طاقة حالاتها المختلفة ومقارنتها مع القيم العملية وكانت النتائج متوافقة.

### المقدمة

تعد مواقع حالات التهيج الأولى للنوى الزوجية- الزوجية  $E2_1^+$  و النسبة  $R = E4_1^+ / E2_1^+$  من المعلمات المهمة في تحديد خصائص النوى المختلفة، حيث يكون موقع حالة التهيج الأولى عند القيمة (100keV) و (300keV) و (500keV) والنسبة  $R$  هي (3.3 <  $R$  < 3) و (2.4 <  $R$  < 3) و (2 ≤  $R$  ≤ 2.4) للنوى الدورانية وكما غير المستقرة و الاهتزازية على التوالي [Krane,1987].

قدم ريغان وزملاؤه [Regan,2003]، طريقة جديدة للتعرف على التغير الذي يحصل في خصائص النوى عند حالات الطاقة المختلفة، حيث يتم في هذه الطريقة رسم منحنى طاقة كما مقسومة على الزخم الزاوي  $E_\gamma / I$  دالة للزخم الزاوي  $I$  ويرمز لهذه الطريقة بالرمز (E-GOS)، اذ خلال هذا المنحنى يظهر التحديد الذي تنتمي اليه النواة عند حالات الطاقة المختلفة. لقد قدم ريغان وزملاؤه رسماً تخطيطياً لمنحنى E-GOS للعديد من النوى بالمنطقة  $A \approx 110$  للنظائر Mo, Ru, Pd, Cd. وقد قدم كاستن تقريراً حول التغير الطوري في التناظرات الداينمكية لمجموعة من النظائر (Ba, Ce, Nd, Sm and Gd) وضح فيه خصائص هذه النوى عند حالات الطاقة المختلفة [Casten,2005]. كما قدم ايجو دليلا على صنف جديد من التناظرات الداينمكية عند وصفه اطيافاً نووية عند المنطقة الانتقالية [Iachello, F.,2000] U(5)-O(6). يعد نموذج البوزونات المتفاعلة (IBM-1) المقدم من قبل اريما و ايجي لو [Arema & Iachello,1974] من الانموذجات الناجحة في حساب طاقة الحالات المختلفة للنوى الزوجية-الزوجية و حسب التحديدات التي تنتمي اليها النوى ففي هذا الأنموذج يتم اعتبار كل زوج من نكليونات التكافؤ بوزونا تتفاعل مع بعض ها البعض بأشكال مختلفة من التفاعلات. ولم يزل الكثير من الباحثين يعتمدون على هذا الأنموذج في حساباتهم [Atalay, et al.,2005], [Yu - Xin, et al.,2006] [Li, Z., et al.,2010]. وتعد حزمة حالات زخوم الطاقات الأدنى (yrast-band) مهمة جدا في التعرف على الخصائص النووية حيث تزداد طاقة كل مستوي بنسبة معينة عن المستوي الذي يسبقه [Johnson, et al.,1971] وقد يحدث بعض الانحراف في هذه الزيادة بتغير خصائص النواة عند حالات طاقة معينة.

وفي هذا البحث درست خصائص نظائر الموليبدنيوم  $^{100-108}Mo$  الزوجية-الزوجية حيث تم التعرف على مواقع طاقات حالات التهيج الأولى  $E2_1^+$  والنسبة  $R$  لهذه النظائر، و أعيد رسم منحنى E-GOS للتعرف على التغير الذي قد يحصل في خصائص هذه النظائر و كذلك

اعيد تطبيق نموذج البوزونات المتفاعلة لحساب طاقات الحالات المختلفة لهذه النظائر كل حسب التحديد الذي تنتمي إليه.

### النظرية

تعد طريقة  $E-GOS$  التي قدمها ريغ ان و زملاؤه [Re gan, et.al.,2003] من الطرائق المهمة والتي استخدمت حديثا في التعرف على خصائص النوى عند حالات الطاقة المختلفة . ففي هذه الطريقة يتم رسم منحنى  $E_{\gamma}/I$  دالة لـ  $I$  وملاحظة خصائص المنحني الناتج لكل نظير قيد الدراسة فاذا كانت النسبة  $E_{\gamma}/I$  تهبط بسرعة من اعلى قيمة لها ( $250keV/\hbar$ ) عند ( $I=2$ ) الى الصفر عند ( $I \rightarrow \infty$ ) فان للنواة خصائص اهتزازية اما اذا هبطت النسبة ببطئ من اعلى قيمة لها ( $150keV/\hbar$ ) عند ( $I=2$ ) الى ادنى قيمة لها ( $75keV/\hbar$ ) عند ( $I \rightarrow \infty$ ) فان للنواة خصائص كما غير المستقرة في حين انه عند صعود النسبة ببطئ من ادنى قيمة لها ( $50keV/\hbar$ ) عند ( $I=2$ ) الى اعلى قيمة لها ( $66.666keV/\hbar$ ) عند ( $I \rightarrow \infty$ ) فان للنواة خصائص دورانية.

تمتلك النواة انماط حركة مختلفة بالاعتماد على خصائصها ، حيث توصف حركة النوى الاهتزازية بمعادلة المهتر التوافقي لحالات زخومها المختلفة بالمعادلة: [Scharff \_Goldhaber &Weneser,1955]

$$E_I = n\hbar\omega \quad (1)$$

اذ ان  $n = I/2$

وتوصف حركة النوى الدورانية بمعادلة الدوار المتناظر [Bohr &Mottelson,1953]:

$$E_I = (\hbar^2 / 2\mathcal{I})I(I+1) \quad (2)$$

حيث ان  $\mathcal{I}$  هو عزم القصور الذاتي للنواة.

اما النوى التي تقع ضمن التحديد كما غي ر المستقرة فتوصف حركتها من خلال العلاقة بين طاقة كما المنبعثة  $E_{\gamma}$  بين  $I$  و  $I-2$  والزخم الزاوي  $I$  وكما يأتي [Re gan,2003]:

$$E_{\gamma} = E_2^+ / 4(I+2) \quad (3)$$

خضعت النوى بنظائرها المخ تلفة الى العديد من الدراسات باستخدام انموذجات مختلفة وحسب ما يتفق وخصائص النواة، و يعد أنموذج البوزونات المتفاعلة  $IBM-1$  [Arima &Iachello,1974] من الانموذجات الناجحة في حساب حالات الطاقة المختلفة للنوى الزوجية-الزوجية، في هذا الأنموذج اذ يعد كل زوج من بروتونات و نيوترونات التكافؤ بوزونا بزخم  $L=0$  وتسمى البوزونات  $S$  او بزخم زاوي  $L=2$  وتسمى بوزونات  $d$

[Scholton, et al., 1978]، اما بنية النكليونات فتشكل القلب لها مد للنواة. تتفاعل هذه البوزونات مع بعض بطرائق مختلفة و يعطى هملتون التفاعل بصيغة المتعدد القطبية بالشكل  
: [Iachello, 1980]

$$H = \varepsilon \hat{n}_d + a_0 \hat{P} \cdot \hat{P} + a_1 \hat{L} \cdot \hat{L} + a_2 \hat{Q} \cdot \hat{Q} + a_3 \hat{T}_3 \cdot \hat{T}_3 + a_4 \hat{T}_4 \cdot \hat{T}_4 \quad (4)$$

اذ ان  $\varepsilon = \varepsilon_d - \varepsilon_s$  هي طاقة البوزون الذاتية . ويمكن للسهولة اعتبار  $\varepsilon = \varepsilon_d$  و  $n_d$  انما يمثلان عدد البوزونات من نوع  $d$  و المعاملات  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4$  تمثل على التوالي قوى التفاعل الازدواجي و الزخم الزاوي ورباعي القطب و ثماني القطب والقطب سداسي العشر بين البوزونات [Casten & Warner, 1988]. و مهما يكن فانه يمكن اختصاره الى ملتون المعني بانموذج البوزونات المتفاعلة الى صيغ ايسر بالاعتماد على التحديد الذي تنتمي اليه النواة، فحسب نظرية الزمر توصف البوزونات بالزمرة الوحدوية  $U(6)$ ، وتجزأ الى ثلاث زمر وكما يأتي [Iachello & Arima, 1987]:

$$VIBRATOR: \quad U(6) \supset SU(5) \supset O(5) \supset O(3) \supset O(2) \quad (5)$$

$$ROTOR: \quad U(6) \supset SU(3) \supset O(3) \supset O(2) \quad (6)$$

$$\gamma - UNSTABLE \quad U(6) \supset O(6) \supset O(5) \supset O(3) \supset O(2) \quad (7)$$

و عليه يجب إعطاء قيم الطاقات المميزة للتحديد الاهتزازي  $SU(5)$ ، حيث تكون طاقة البوزون الذاتية  $\varepsilon$  هي الفعالة، كما يأتي [NSDD, 2005]:

$$E(n_d, \nu, L) = \varepsilon n_d + K_1 n_d (n_d + 4) + K_4 \nu (\nu + 3) + K_5 L (L + 1) \quad (8)$$

حيث ان  $\nu$  هي عدد بوزونات  $d$  غير المرتبطة الى زخم زاوي صفر و  $L$  هو الزخم الزاوي الكلي لحالة النواة ، اما  $K_1, K_4, K_5$  فتمثل معاملات قوة تفاعل كل حد . وأيضاً يجب اعطاء قيم الطاقات المميزة للتحديد الدوراني  $SU(3)$ ، حيث تكون الطاقة الذاتية للبوزونات ضعيفة، كما يأتي [NSDD, 2005]:

$$E(\lambda, \mu, L) = K_2 (\lambda^2 + \mu^2 + 3(\lambda + \mu) + \lambda\mu) + K_5 L (L + 1) \quad (9)$$

اذ ان  $\lambda$  تمثل الزخم الزاوي للبوزونات و  $\mu$  هي مركبة الزخم الزاوي على محور التناظر ، و  $K_2, K_5$  هما قوة تفاعل كل حد.

اما قيم الطاقات المميزة للتحديد كما غير المستقرة  $O(6)$ ، حيث تكون الطاقة الذاتية للبوزونات ضعيفة، و حسب المعادلة [Iachello & Arima, 1987]:

$$E(\sigma, \tau, L) = K_3[N(N+4) - \sigma(\sigma+4)] + K_4\tau(\tau+3) + K_5L(L+1) \quad (10)$$

اذ يمثل  $N$  تمثل عدد البوزونات الكلية ، و  $\sigma$  عدد كمي يرتبط بعدد البوزونات و يعطى بالمعادلة.

$$\sigma = N, N-2, \dots, 0 \text{ or } 1 \quad (N = \text{even or odd}) \quad (11)$$

و  $K_3$  معامل قوة تفاعل الحد الاول في المعادلة (10) و  $\tau$  يمثل عدد البوزونات غير المرتبطة الى زخم زاوي صفر ولحالة زخوم ادنى الطاقات (*yrast-levels*) وحيث ان ( $N = \sigma$ ) يمكن اختزال المعادلة (10) الى:

$$E(\tau, L) = K_4\tau(\tau+3) + K_5L(L+1) \quad (12)$$

ان معظم النوى تمتلك خصائص مشتركة بين تحديدين او اكثر . اذ تعطى حالات زخوم ادنى الطاقات للنوى ذات الخصائص الانتقالية بين التحديدين الاهتزازي و الدوراني ، و التحديدين الاهتزازي و كما غير المستقرة ، و التحديدين الدوراني و كما غير المستقرة على التوالي بالمعادلات [Casten & Warner,1988] :

$$E(n_d, \lambda, L) = \varepsilon n_d + K_2(\lambda^2 + 3\lambda) + K_5L(L+1) \quad (13)$$

$$E(\tau, L) = \varepsilon n_d + K_4\tau(\tau+3) + K_5L(L+1) \quad (14)$$

$$E(\lambda, L) = K_2(\lambda^2 + 3\lambda) + K_5L(L+1) \quad (15)$$

وهذه المعادلة مشابهة للمعادلة (9) الخاصة بالتحديد  $SU(3)$  بسبب عدم تأثير الحد الأول الخاص بالتحديد  $O(6)$  في المعادلة (10) في منطقة ال *yrast* حيث  $N = \sigma$ .

### الحسابات و النتائج

تمتلك نظائر الموليبدنيوم 42 بروتونا و 58 نيوترونا للنظير  $^{100}Mo$  و تصل الى 66 نيوترونا للنظير  $^{108}Mo$  ، ويكون عدد البوزونات (8-12) لهذه النظائر على التوالي . و لتكوين فكرة اولية عن خصائص هذه النظائر تم ملاحظة القيم العملية لطاقات حالات التهيج الأولى  $E_2^+$  والنسبة  $E_4^+/E_2^+$  و الجدول (1) يبين هذه القيم . وللتأكد من خصائص هذه النظائر تم رسم منحني  $E-GOS$  لها و مقارنتها مع شكل المنحني القياسي للتحديدات الثلاثة كما موضح في الشكل (1). و قد تم حساب طاقات الحالات المختلفة لهذه النظائر باستخدام المعادلات (1-3) وعرضت في الجداول (3-6) و بعد التعرف و التأكد من التحديدات التي تنتمي اليها هذه النظائر استخدم نموذج البوزونات المتفاعلة ( $IBM-1$ ) لحساب المعاملات

الخاصة بكل تحديد من خلال حل المعادلات (15) و (14) و (12)، الجدول (2) يبين هذه القيم. ثم ادخلت المعاملات الخاصة لكل نظير في المعادلات ذاتها لحساب طاقة الحالات المختلفة وعرضت في الجداول (3-6).

جدول (1): طاقات حالات التهيج الأولى  $E2_1^+$  والنسبة  $E4_1^+ / E2_1^+$  لنظائر  $^{100-108}Mo$

Isotopes	$E2_1^+ (keV)$	$E4_1^+ / E2_1^+$
$^{100}Mo$	535.5	2.1
$^{102}Mo$	296.6	2.5
$^{104}Mo$	192.3	2.9
$^{106}Mo$	171	3.0
$^{108}Mo$	193	2.9

جدول (2): المعاملات الخاصة بانموذج البوزونات المتفاعلة لنظائر  $^{100-108}Mo$

Isotopes	$\varepsilon(keV)$	$K2(keV)$	$K4(keV)$	$K5(keV)$
$^{100}Mo$	300	0.0	77.214	-12.226
$^{102}Mo$	0.0	0.0	81.592	-4.961
$^{104}Mo$	0.0	0.145	0.0	20.865
$^{106}Mo$	0.0	0.0602	0.0	22.985
$^{108}Mo$	0.0	0.079	0.0	23.636

جدول (3): قيم الطاقات العملية و المحسوبة بوحدات (keV) لنظير  $^{100}Mo$

$I^\pi$	$E_{exp.}$	$E_\gamma$	$E_{cal.} 1^*$	$E_{cal.} 2^{**}$	$E_{cal.} 3^{***}$	$\Delta^{****} \%$
$2_1^+$	535.5	535.5	535.5	535	535.5	0.0
$4_1^+$	1136.1	600.6	1071	1338	1127.6	0.75
$6_1^+$	1846.9	710.8	1606.5	2207	1776.4	3.8
$8_1^+$	2626.5	779.6	2142	3185	2481.7	5.5
$10_1^+$	3365.9	739.4	2677.5	4233	3243.7	3.6
$12_1^+$	4062.3	696.4	3213	5240	4062.3	0.0

\*: Using eqn.(1)

\*\* : Using eqn.(3)

\*\*\*: Using eqn.(14)

$$****: \Delta = \frac{E_{exp.} - E_{cal.} 3}{E_{exp.}} \times 100\%$$

جدول (4): قيم الطاقات العملية و المحسوبة بوحدات (keV) لنظير  $^{102}\text{Mo}$

$I^\pi$	$E_{\text{exp.}}$	$E_\gamma$	$E_{\text{cal.1}}^*$	$E_{\text{cal.2}}^{**}$	$\Delta^{***} \%$
$2_1^+$	296.6	296.6	296.6	296.6	0.0
$4_1^+$	743.7	447.1	741.5	716.7	3.6
$6_1^+$	1327.9	584.2	1336.9	1260.3	5.0
$8_1^+$	2018.8	690.9	2069.5	1927.4	4.5
$10_1^+$	2790.2	771.4	2907.8	2717.9	2.5
$12_1^+$	3632.2	842	3828	3632.2	0.0

\*: Using eqn.(3)

\*\* : Using eqn.(12)

$$***: \Delta = \frac{E_{\text{exp.}} - E_{\text{cal.2}}}{E_{\text{exp.}}} \times 100\%$$

جدول (5): قيم الطاقات العملية و المحسوبة بوحدات (keV) لنظير  $^{104}\text{Mo}$

$I^\pi$	$E_{\text{exp.}}$	$E_\gamma$	$E_{\text{cal.1}}^*$	$E_{\text{cal.2}}^{**}$	$E_{\text{cal.3}}^{***}$	$\Delta^{****} \%$
$2_1^+$	192.3	192.3	192.3	192.3	205.4	-6.8
$4_1^+$	560.6	368.3	480.0	641	497.5	11.2
$6_1^+$	1079.8	519.2	945.2	1346.1	956.6	11.4
$8_1^+$	1721.8	642.0	1560.5	2307.6	1582.5	8.0
$10_1^+$	2455.6	734.8	2298.7	3525.5	2375.4	3.2
$12_1^+$	3255	799.4	3128.6	4999.8	3335.2	-2.4

\*: Using eqn.(3)

\*\* : Using eqn.(2)

\*\*\*: Using eqn.(15)

$$****: \Delta = \frac{E_{\text{exp.}} - E_{\text{cal.3}}}{E_{\text{exp.}}} \times 100\%$$

جدول (6): قيم الطاقات العملية و المحسوبة بوحدات (keV) لنظير  $^{106}\text{Mo}$

$I^\pi$	$E_{\text{exp.}}$	$E_\gamma$	$E_{\text{cal.1}}^*$	$E_{\text{cal.2}}^{**}$	$E_{\text{cal.3}}^{***}$	$\Delta^{****} \%$
$2_1^+$	171.5	171.5	171.5	171.5	171.5	0.0
$4_1^+$	522.3	350.8	427.5	570.0	492.8	5.6
$6_1^+$	1033.7	511.4	864.0	1197.0	998.5	3.4
$8_1^+$	1688.0	654.3	1461.5	2052.0	1688.0	0.0
$10_1^+$	2472.5	784.5	2201.0	3135.0	2561.0	-3.5

\*: Using eqn.(3)

\*\* : Using eqn.(2)

\*\*\*: Using eqn.(15)

$$****: \Delta = \frac{E_{\text{exp.}} - E_{\text{cal.3}}}{E_{\text{exp.}}} \times 100\%$$

جدول (7): قيم الطاقات العملية و المحسوبة بوحدات (keV) لنظير  $^{108}Mo$

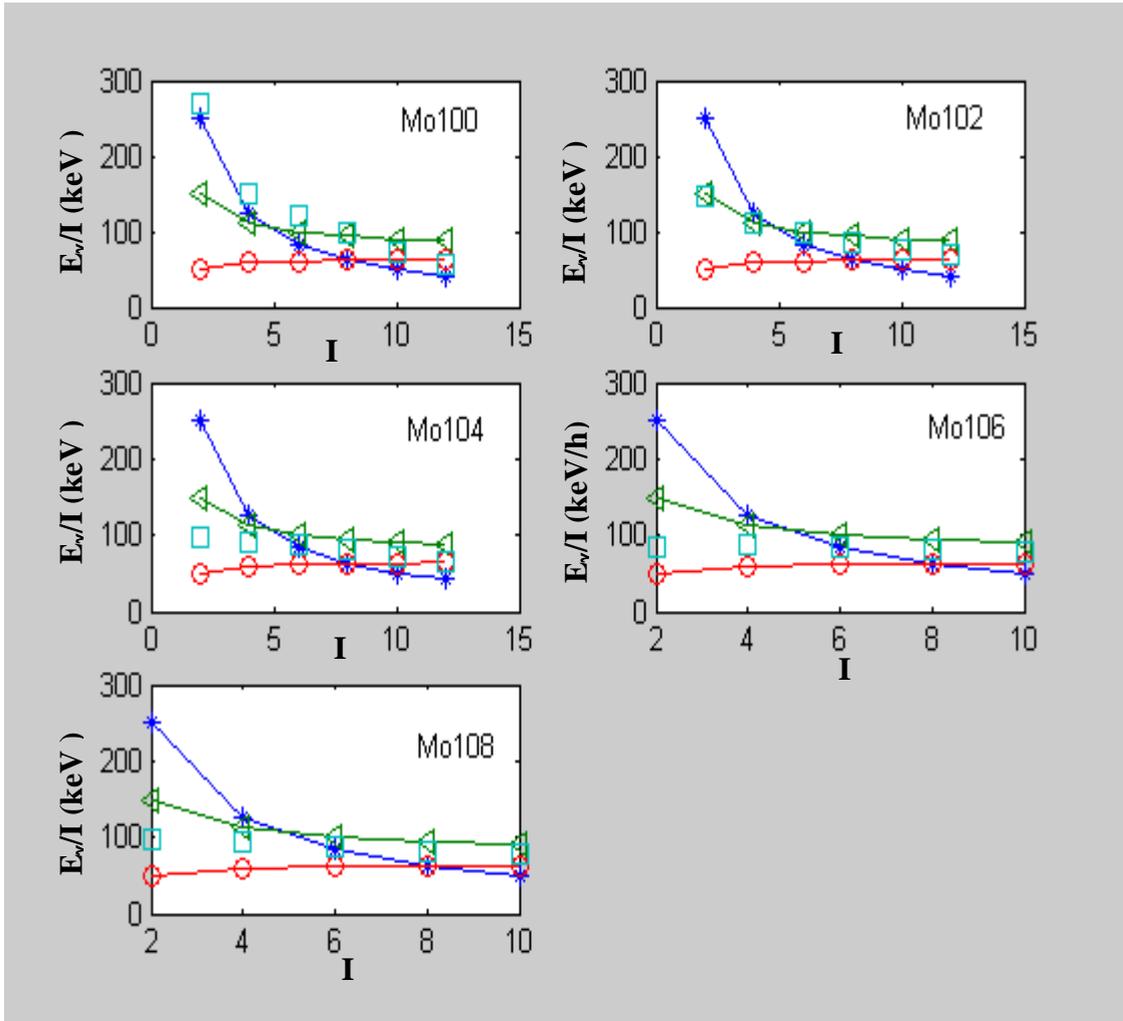
$I^\pi$	$E_{exp.}$	$E_\gamma$	$E_{cal.1}^*$	$E_{cal.2}^{**}$	$E_{cal.3}^{***}$	$\Delta^{****} \%$
$2_1^+$	192.9	192.9	192.9	192.9	192.9	0.0
$4_1^+$	563.8	370.9	482.5	644.0	523.9	7.0
$6_1^+$	1090.0	526.2	950.0	1352.0	1043.9	4.2
$8_1^+$	1752.7	662.7	1138.0	2318.0	1752.7	0.0
$10_1^+$	2529.4	776.7	2332.0	3542.0	2651.2	-4.8

\*: Using eqn.(3)

\*\* : Using eqn.(2)

\*\*\*: Using eqn.(15)

$$****: \Delta = \frac{E_{exp.} - E_{cal.3}}{E_{exp.}} \times 100\%$$



الشكل (1): منحنى  $E-GOS$  لنظائر  $^{100-108}Mo$  الزوجية-الزوجية.

## المناقشة

من ملاحظة الجدول (1) يتضح ان النظير  $^{100}Mo$  له خصائص النوى الاهتزازية و ذلك من خلال موقع طاقة حالة التهيج الاولى  $2_1^+$  التي تساوي  $535.5keV$  و النسبة  $E4_1^+ / E2_1^+$  و التي تساوي 2.1 في حين ان النظائر الاخرى  $^{102-108}Mo$  لها خصائص كما غير المستقرة مع تاثر النظائر  $^{104-108}Mo$  بالخصائص الدورانية و ذلك، لكون مواقع طاقة حالات التهيج الاولى لها بين موقعي النوى الدورانية و كما غير المستقرة حيث ان قيم هذه الطاقات قريبة من الـ  $200keV$  وان النسبة  $E4_1^+ / E2_1^+$  عند غاية نوى كما غير المستقرة و مقتربة من خصائص النوى الدورانية حيث ان قيم هذه النسب  $2.9 \& 3.0$ .

و للتأكد من خصائص النظائر المدروسة تم رسم منحنى  $E-GOS$  لها و كما مبين في الشكل (1) يتضح من شكل المنحني الخاص بالنظير  $^{100}Mo$  ان له خصائص النوى الاهتزازية عند حالة التهيج الاولى ثم يتأثر بخصائص كما غير المستقرة عند حالات التهيج الاخرى ، وان المنحنى الخاص بالنظير  $^{102}Mo$  يتفق مع المنحنى القياسي للنوى ذات خصائص كما غير المستقرة. اما المنحنى الخاص بالنظائر  $^{104-108}Mo$  فموقعه بين المنحنيين القياسيين لنوى كما غير المستقرة والنوى الدورانية.

تم حساب حالات الطاقات الادنى ( $yrast-levels$ ) للزخوم المختلفة للنظائر المدروسة بأستخدام المعادلات المناسبة لكل نظير ، حيث اسخدمت المعادلتين (1&3) الخاصتين بالنوى الاهتزازية و كما غير المستقرة للنظير  $^{100}Mo$  و عرضت في الجدول (3) الذي يتضح منه ان المواقع الحقيقية (القيم العملية) لطاقات هذا النظير تقع بين القيمتين المحسوبتين مما يدعم فكرة ان هذا النظير له خصائص بين الاهتزازية و كما غير المستقرة . وأستخدمت المعادلة (3) الخاصة بالتحديد كما غير المستقرة للنظير  $^{102}Mo$  و أظهرت قيم الطاقات المحسوبة توافقا جيدا مع القيم العملية و الجدول (4) يبين ذلك مما يدعم كون النظير له خصائص كما غير المستقرة . وأستخدمت المعادلتين (2&3) الخاصتين بالتحديد الدوراني و كما غير المستقرة لحساب طاقات النظير  $^{104-108}Mo$  و عرضت في الجداول (5-7) التي تبين ان القيم العملية لمستويات الطاقة تقع بين القيمتين المحسوبتين للحالتين الدورانية و كما غير المستقرة و بأوزان مختلفة مما يدعم ان لهذه النظائر خصائص انتقالية بين التحديدين المذكورين.

تم استخدام نموذج البوزونات المتفاعلة ( $IBM-1$ ) لاعادة حساب طاقات الحالات المختلفة للنظائر قيد الدراسة وذلك باستخدام المعادلات المناسبة لهذا الغرض فقد استخدمت المعادلة (14) لحساب المعاملات الخاصة بالحالة الانتقالية بين التحديدين  $SU(5)-O(6)$  للنظير  $^{100}Mo$ . واستخدمت المعادلة (12) لحساب المعاملات الخاصة بالتحديد  $O(6)$  للنظير  $^{102}Mo$ . واستخدمت المعادلة (15) لحساب المعاملات الخاصة بالحالة الانتقالية بين التحديدين  $O(6)-SU(3)$  للنظائر  $^{104-108}Mo$ . والجدول (2) يبين هذه القيم، و يتضح من هذا

الجدول ان المعامل  $\varepsilon$  له القيمة  $300keV$  و فقط للنظير  $^{100}Mo$  مما يؤكد خصائصه الاهتزازية في حين ان النظائر الاخرى ليس لها قيمة لهذا المعامل. و يلاحظ من الجدول نفسه ان لا قيمة للمعامل  $k_2$  للنظيرين  $^{100,102}Mo$  مما يعني عدم تاثر هذين النظيرين بالخصائص الدورانية خلافا للنظائر  $^{104-108}Mo$  حيث يلاحظ ان قيمة هذا المعامل تزداد بزيادة عدد النيوترونات مما يشير الى زيادة الخصائص الدورانية. و يلاحظ من الجدول ان للنظيرين  $^{100-102}Mo$  قيمة للمعامل  $K_4$  وهذه القيمة للنظير  $^{102}Mo$  اكبر منها للنظير  $^{100}Mo$  وهذا يعمل على النوى كما غير المستقرة والنوى الانتقالية بين التحديدين الاهتزازي و كما غير المستقرة خلافا للنظائر الاخرى و ان زيادة قيمته تعني زيادة التاثر بخصائص كما غير المستقرة. ويلاحظ ان هناك قيم للمعامل  $k_4$  عندما لا يكون هناك قيمة لـ  $K_2$ . و يلاحظ ان للمعامل  $K_5$  قيمة سالبة عندما تكون النواة ذات خصائص اهتزازية كما غير المستقرة او ان تكون ذات خصائص كما غير المستقرة و قيمته تكون سالبة عندما يكون للنواة قيمة لـ  $K_4$  وتكون له قيمة موجبة عندما لا يكون للنواة قيمة لـ  $K_4$  كما ان قيمته تزداد بزيادة عدد النيوترونات للنظائر المدروسة.

بعد التعرف على خصائص النظائر قيد الدراسة استخدمت المعادلات المناسبة في أنموذج البوزونات المتفاعلة (14) للنظير  $^{100}Mo$  و (12) للنظير  $^{102}Mo$  و (15) للنظائر الاخرى لحساب طاقة حالاتها المختلفة و عرضت في الجداول (7,6,5,4,3) حيث كانت النتائج متفقة ولا تتجاوز نسب الخطا فيها القيمة %11.4 للحالة  $6_1$  في النظير  $^{104}Mo$ .

### الاستنتاجات

- (1) تضيف طريقة  $E-GOS$  معلومات مهمة عن خصائص النواة عند حالاتها المختلفة.
- (2) توفر المعادلات التقليدية (1,2,3) معلومات إضافية عن خصائص النواة بمقارنة قيم الطاقات المحسوبة مع القيم العملية.
- (3) للمعامل  $\varepsilon$  قيمة للنوى التي لها الخصائص الاهتزازية لذا امتك النظير  $^{100}Mo$  هذه القيمة، و لا نجد قيمة للمعامل  $K_2$  للنظيرين  $^{100,102}Mo$  لعدم تاثرهما بالخصائص الدورانية و تزداد قيمة هذا المعامل بزيادة عدد النيوترونات للنظائر  $^{104-108}Mo$  مما يدل على زيادة التاثير الدوراني عليها. يمتلك النظيران  $^{100,102}Mo$  قيمة للمعامل  $K_4$  وهذا خاص بالنوى التي تمتلك خصائص  $SU(5)-O(6)$  او  $O(6)$ ، للمعامل  $K_5$  قيمة سالبة عندما تمتلك النواة قيمة للمعامل  $K_4$  ويمتلك قيمة موجبة عندما لا تمتلك النواة قيمة للمعامل  $K_4$  و تزداد قيمة المعامل  $K_5$  بزيادة عدد النيوترونات.
- (4) اتفقت قيم الطاقات المحسوبة بشكل كبير مع القيم العملية لحسن اختيار التحديد الذي تنتمي اليه النواة و دقة حساب المعاملات الخاصة بكل تحديد.

## References

- 1) Arima, A. and Iachello, F., "Bosons symmetries in vibrational nuclei", Phys. Lett. B, Vol.53, 304, (1974)
- 2) Atalay Küçük bursa and Kaan Manisa, (2005), "IBM-1 calculations on the eve- even  $^{122-128}Te$  isotopes. "Mathematical and computational applications", Vol.10, No.1,9-17.
- 3) Bohr, A. & Mottelson, B., (1953), "Mat. Fys. Medd.", K. Dan. Vidensk, Selsk. 27, No.16
- 4) Casten, R.F., and Warner, D.D., (1988), "Interacting boson approximation", Rev. Mod. Phys.60,389
- 5) Casten, R.F., (2005), "Simplicity and complexity in nuclear structure", Romanian reports physics,57, No.4, 515-526.
- 6) Iachello, F., (1980), "An introduction to the interacting boson model", Plenum Press.
- 7) Iachello, F. & Arima, A., (1987), "The interacting boson model", Cambridge university Press.
- 8) Iachello, F., (2000), "Dynamic symmetries at the critical point", Phys. Rev. Lett., 85,17,3580-3583
- 9) Johnson A, Ryde H and Sztarkier J, (1971), "Evidence for a Singularity in the Nucleare Rotational Bands Structure". Phys. Lett. B, 43(7):605-608.
- 10) Krane, K.S.(1987), "Introductory nuclear physics", John Wiley and Sons, L. Li, Z., Niksic. T., Vretener, D. and Meng, J. (22 Mar 2010), "Microscopic description of spherical to  $\gamma$ -soft shape transitions in Ba and Xe nuclei", arXiv: 1003.4109v1 [nucl-th] NSDD Workshop, Triste, (2005).
- 11) Regan P.H., Beausang C.W., Zamfir R.F., Casten R.F., Zhang Jineye, Yamamoto. A.D., Caprio M.A., (2003), "Signature for vibrational to rotational evolution along the yrast line", Phys. Rev. Lettes.90, 1525021-4.
- 12) Scharff\_Goldhaber, G., & Weneser, J., (1955), Phys.Rev.98,212.
- 13) Scholton, O., Iachello, F., Arima, A., (1978), "A phonological study of even-even nuclei in interacting boson in nuclear physics", Ann. Phys.115, 321.
- 14) Yu-Xin liu, Liang-Zhu Mu, and Haigng Wei, (2006), Phys. Lett. B,633:49-53.