الفصل الثاني

النماذج النووية Nuclear Models :

كما هي الحالة بالنسبة للنماذج الذرية التي اقترحت لتصور التركيب الذري ، فانه وفي حالة النواة فان هناك نظريات او نماذج نووية تقترح لوصف تركيب او حركة النواة . وتبنى هذه النماذج على أسس معينة . وتستخدم النماذج النووية لوصف او تفسير النتائج العملية المختلفة ويقاس مدى نجاح النموذج ورسوخه كنظرية بدرجة كبيرة بقدرته على تفسير النتائج العملية المعينة ، ولحد الان لا توجد نظرية او نموذج نووي واحد شامل ومتكامل لوصف التركيب النووي او القوة النووية .

وسنتطرق هنا بالتفصيل الى نموذجين هما نموذج قطرة السائل ونموذج القشرة ونشير باختصار الى بعض النماذج النووية الاخرى .

اولا: نموذج قطرة السائل liquid drop model :

اقترح العالم بور هذا النموذج عام 1937 لتفسير بعض الظواهر الفيزيائية النووية كالانبعاث النووي Radioactivity ، والانشطار النووي Nuclear fission ، واشتقاق معادلة طاقة الربط النووية ، الا انه لا يصف حركة النيوكليونات داخل النواة ولا كيفية تفاعلها مع بعضها ، ومن تسمية النموذج يتضح ان النواة قد شبهت بقطرة السائل ، وقد تكون مبررات التسمية واسباب اقتراح النموذج واحدة وهي :

1- مثلما تكبر حجما قطرة السائل بزيادة عد جزيئات السائل ، نلاحظ ان النواة تكبر حجما كلما زاد عدد نيوكليوناتها ، اي كلما زاد العدد الكتلي A ، وهذا مستنتج تجريبيا ومن المعادلة :

$$R=R_oA^{1/3} \rightarrow V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi R_o^3 A$$

2- تبخر السائل ، حيث يقابل ظاهرة النشاط الاشعاعي او الانبعاث النووي فهروب قسم من جزيئات السائل من القطرة يقابل انبعاث جسيمات α ، β من النواة.

3- انقسام قطرة السائل الكبيرة الى قطرتين صغيرتين يقابل ظاهرة الانشطار النووي (وهي ظاهرة انقسام نواة ثقيلة غير مستقرة بقصفها نيوترون مثلا ، الى نواتين متقاربتين بالكتلة) .

الفرضيات الاساسية لنموذج قطرة السائل:

ليتمكن هذا النموذج من تفسير ظاهرة النشاط الاشعاعي والانشطار النووي واشتقاق طاقة الربط النووية ، تم فرض الفرضيات الاتية :

1-ان المادة النووية غير قابلة للانضغاط ، كما تدل على ذلك المعادلة التجريبية $R=R_oA^{1/3}$ حيث يزداد حجم النواة بزيادة عددها الكتلي بعبارة اخرى ان كثافة المادة النووية لا تعتمد على حجم النواة ، كما هو الحال بالنسبة لقطرة السائل التي لا تعتمد كثافتها على حجمها :

2- ان القوى النووية لا تعتمد على الشحنة $F_{pp} \cong F_{pn} \cong F_{nn}$

3-ان القوى النووية قابلة للاشباع .

* ان منجزات هذا النموذج هو اشتقاق معادلة تجريبية لطاقة الترابط النووية ، او معادلة الكتلة شبه التجريبية او معادلة وايزكر وعبر عنها بدلالة مجموع عدد من الحدود او التأثيرات التي نفصلها كما يلي :

$$B(A,Z)=T_V+T_s+T_c+T_a+T_p+T_{sh}$$

1-حد الحجم Volume term (T_v) : تأثير الحجم :

استنادا الى الفرضيات الاساسية للنموذج فمن المتوقع ان زيادة عدد النيوكليونات اي زيادة العدد الكتلي A ، وبالتالي زيادة حجم النواة $V=\frac{4}{3}\pi R_o^3 A$ ، تسبب زيادة طاقة الربط الكلية للنواة اي ان :

$T_v \alpha A \rightarrow T_v = a_v A$

وتجريبيا وجد ان $a_v = 14$ Mev/nucleon فعليه ان :

$T_v = 14\ A$

ملاحظة : ان تأثير الحجم على طاقة الربط النووية يقابل تأثير الكتلة m على حرارة تبخر القطرة Q ، فكلما زادت كتلة القطرة كلما زادت الحرارة اللازمة لتبخيرها $Q=Lm$ ، حيث L الحرارة الكامنة للتبخر .

2-حد السطح Surface term (T_s) (تأثير السطح) :

من المعلوم ان قطرة السائل تظهر شداً سطحياً ، فمحصلة القوى على جزيئة داخل القطرة تساوي صفر بينما محصلة القوى على جزيئة واقعة على سطح القطرة لا يساوي صفر وتكون متجهه نحو المركز . وبالمقارنة نجد انه بالنسبة للنواة فان القوى النووية التي تربط اي نيوكليون داخل النواة مع بقية النيوكليونات تكون مشبعة وبالطبع طاقة ربط هذا النيوكليون كبيرة نسبيا .

اما بالنسبة لنيوكليون واقع على سطح النواة فان القوى النووية عليه تكون غير مشبعة وتبعا لذلك تكون طاقة ربطه اقل .

من هذا يمكن القول انه كلما زادت مساحة سطح النواة كلما قلت طاقة ربط النواة وحيث ان مساحة سطح الكرة ($4\pi R^2$) فان :

$T_s \alpha 4\pi R^2 \alpha 4\pi R^2{}_o A^{2/3}$

$T_s = a_s A^{2/3}$

وعمليا وجد ان a_s=-13 MeV فعليه :

فان T_s= -13 $A^{2/3}$ واشارة السالب تعني ان زيادة سطح النواة تسبب نقصان في طاقة ربطها .

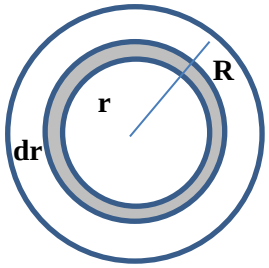
3-الحد الكولومي Coulomb term (T_c) تأثير التنافر الكولومي :

ان التنافر الكولومي بين الشحنات المتشابهة ، وكذلك التجاذب بين الشحنات المختلفة انما يمثل قوة بعيدة المدى وغير قابلة للاشباع والمقصود بالقوة بعيدة المدى هي ان البروتون مثلا ينفر من البروتون الاخر سواء أكان قريبا او بعيدا عنه وهما يتنافران بقوة كبيرة ان كانا متقاربين ويتنافران بقوة صغيرة ان كانا بعيدين عن بعضهما.

اما المقصود بكون القوة الكولومية قوة غير قابلة للاشباع فهذا يعني ان البروتون يمكن ان يتنافر مع اي عدد من البروتونات . فعليه فان اي بروتون في النواة يتنافر مع كل البروتونات الاخرى الموجودة في النواة ، مما يعني ان زيادة عدد البروتونات داخل النواة ، اي زيادة العدد الذري Z ، ستعمل على تقليل طاقة الربط النووية للنواة .

ولاشتقاق الحد الكولومي او تأثير التنافر الكولومي على طاقة ربط النواة التي عددها الذري Z ، وشحنتها Q=+Ze ، وعدد الكتلي A ، ونصف قطرها R ، والكثافة الحجمية لشحنة النواة ρ ، ولنفرض انه في لحظة ما ونحن نجمّع النيوكليونات لتكوين النواة ، اصبحت لدينا كرة نصف قطرها (r) كما في الشكل ادناه فان شحنتها تعطى بالعلاقة :

$$q_r = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$$



فاذا اضيفت طبقة اخرى من الشحنة سمكها (dr) فشحنة هذا الجزء ستكون :

$dq=4\pi r^2 dr\rho$

وبحساب الجهد الكهربائي للنواة وكالاتي :

$$T_c= \int_0^R \frac{kq_r dq}{r} = \int_0^R \frac{1}{4\pi\epsilon_o}.\frac{4}{3}\pi r^3\rho.4\pi r^2 dr\rho.\frac{1}{r}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_o}.\frac{16\pi^2}{3}\rho^2\int_0^R \frac{r^5}{r}dr$$

$$= \frac{4\pi^2\rho^2}{3\epsilon_o}\left[\frac{r^5}{5}\right]_0^R = \frac{4\pi\rho^2}{15\epsilon_o}R^5$$

$$but\ \rho = \frac{Q}{V} = \frac{Z_e}{\frac{4}{3}\pi R^3}$$

$$\therefore T_C = \frac{4\pi\times 9\times Z^2e^2R^5}{15\epsilon_o\times 16\pi^2R^6} = \frac{1}{4\pi\epsilon_o}.\frac{3}{5}\frac{Z^e e^2}{R}$$

ولكن البروتون لا يمكن ان يتنافر مع نفسه انما يتنافر مع بقية البروتونات فقط ، اي انه يتنافر مع (Z-1) بروتون ، لذلك وجب طرح الحد $\frac{3Ke^2Z}{5R}$ من المعادلة الاخيرة :

$$T_c = \frac{3KZ^2e^2}{5R} - \frac{3Ke^2}{5R}Z$$

$$\therefore T_C = \frac{3Ke^2Z(Z-1)}{5R}$$

But $R=R_oA^{1/3} \rightarrow T_c= -a_c\frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}}$

$a_c= \frac{3ke^2}{5R_o}$

قد تم ادخال الاشارة السالبة للاشارة الى ان التنافر الكولومي يسبب نقصان طاقة الربط النووية الكلية .

4-حد عدم التناظر Asymmetry term (T_a) (تأثير عدم التناظر) :

يقصد بالتناظر هو مدى تناظر عدد البروتونات والنيوترونات ، فمن خلال منحنى الاستقرار يتضح ان النظائر الخفيفة يتساوى فيها عدد البروتونات والنيوترونات (ابتداء من الهيدروجين حتى الكالسيوم $({}^{40}_{20}Ca)$ ، ابتداءاً من الكالسيوم يتزايد عدد النيوترونات عن عدد البروتونات حتى تتكافئ القوة النووية قصيرة المدى مع قوة التنافر بين البروتونات (طويلة المدى) .

لذلك فانه في العناصر الخفيفة فان (N-Z=0) ، وبالتالي فان هذا الحد لا يشارك في اضعاف القوة النووية (طاقة الترابط النووية الكلية) ، ولكن مع زيادة النسبة بين النيوترونات الى البروتونات اصبح هذا الحد ذو تأثير وتأثيره هو انه يعمل على انقاص طاقة الترابط النووية الكلية ومن ثم زيادة قيمة هذا الحد عن الصفر يؤثر سلبا على تماسك النواة وميلها الى الاستقرار ، ولهذا توضع اشارة سالبة لهذا الحد . يعطى هذا الحد بالمعادلة الاتية :

$$T_a=-a_a\frac{(N-Z)^2}{A}$$

5-حد الازدواج Pairing term (T_p) (تأثير الازدواج) :

لقد وجد عمليا ان الترابط بين نيوكليونين من النوع نفسه (n,n , p,p) يكون اعظم ما يمكن عندما يكون الزخم الزاوي لكل منهما اعظم ما يمكن ويساوي بالمقدار ويعاكس بالاتجاه للاخر . وهذا التأثير يجعل النوى الزوجية – زوجية اكثر وفرة واستقرارا من النوى الزوجية – الفردية او النوى الفردية – الزوجية وهذه اكثر وفرة واستقرارا من النوى الفردية – الفردية .

فاذا رمزنا لحد الازدواج بالرمز δ فيكون :

للنوى زوجية – زوجية $+\delta$

للنوى زوجية – فردية او فردية – زوجية 0

للنوى فردية – فردية $-\delta$

6–حد القشرة Shell term , T_{sh} (تأثير امتلاء القشرة) :–

لقد وجد عملياً ان النوى التي فيها N=Z ويساوي عدد سحري حيث (الاعداد السحرية 2,8,20,28,50,82,126) تكون مستقرة وذات طاقة ربط عالية وبشكل ملحوظ ، كما تكون وفرة النوى التي فيها Zor/and N يساوي عدد سحري ملحوظة بسبب استقرارها ، فعليه يمكن القول ان اقتراب Z او N او كليهما من اعداد سحرية يسبب زيادة طاقة الربط النووية وتمثل هذه الخاصية بحد في معادلة طاقة الترابط النووية ويرمز له بالرمز (η)، وقد وجد عمليات ان T_{sh}=1 → 3MeV.

Ex./ T_{sh}= 3 MeV for $^{4}_{2}He$, $^{16}_{8}O$

T_{sh}= 2 MeV for $^{15}_{8}O_{7}$, $^{15}_{7}N_{8}$

T_{sh} = 1 MeV for $^{18}_{8}O_{10}$

فعليه فطاقة الربط النووية وفقا لنموذج قطرة السائل ستتمثل بالمعادلة الاتية :

$B(A,Z) = T_v+T_s+T_c+T_a+T_p+T_{sh}$

$$B(A,Z) = a_vA - a_sA^{2/3} - a_c\frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - a_a\frac{(N-Z)^2}{A} \pm \frac{\delta}{o} + \eta(1-3)MeV$$

ملاحظة : ان الثوابت في المعادلة الاخيرة يمكن ايجاداها بالمقارنة مع النتائج العملية المتوفرة ، وهناك اختلاف معين بين مجاميع الثوابت التي يمكن ايجادها ونعطي هنا قيما لمجموعتين من الثوابت :–

a_v	a_s	a_c	a_a	δ
14	13	0.6	19	$34/A^{3/4}$
16	18	0.72	23.5	$11/A^{1/2}$

قطع مكافئ الكتلة mass parabola :-

بسبب العلاقة A=Z+N يمكن كتابة طاقة الربط النووية ، وفق نموذج قطرة السائل ، بدلالة متغيرين Z , A مثلا او بدلالة N , A او بدلالة Z , N وليس بدلالة ثلاثة متغيرات N , Z , A ، فعليه وبالتعبير عن B بدلالة Z , A فانها ستصبح كالاتي :

$$B(A,Z) = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - a_a \frac{(A-2Z)^2}{A} \pm \delta + \eta \quad \ldots\ldots (1)$$

ومن صيغة طاقة الربط النووية بدلالة الكتل يمكن التعبير عن الكتلة النووية كالاتي:-

$$M_N(A,Z) = Zm_p + Nm_n - \frac{B(A,Z)}{C^2}$$

وبالتعويض عن B(A,Z) في المعادلة السابقة يمكن التعبير عن M_N بدلالة Z , A:

$$M_N(A,Z) = Zm_p + Nm_n - \left[a_v A - a_s A^{\frac{2}{3}} - a_c \frac{Z(Z-1)}{A^{\frac{1}{3}}} - a_a \frac{(A-2Z)^2}{A} \pm \delta + \eta \right] / C^2 \ldots.(2)$$

وهذه المعادلة تسمى المعادلة شبه التجريبية للكتلة Semi empirical mass formula او معادلة وايزكر Weizcher formula .

من الواضح انه لقيمة معينة لـ (A) فان كل من المعادلتين 1 ، 2 سيصبح بشكل قطع مكافئ parabola أي $f(z)=a+bz+cz^2$ حيث f تمثل M او B ، حيث c,b,a ثوابت تعتمد قيمها على A .

بعبارة اخرى ، عند رسم كتل او طاقات ربط الآيزوبارات التي اعدادها الكتلية A ، كدالة لـ Z سنحصل على منحني بشكل قطع مكافئ . وستكون هناك حالتين :

1-عندما يكون A فرديا ، سيكون هناك قطع مكافئ واحد ، وستكون للمنحني نهاية صغرى عند قيمة صحيحة لـ Z (integer) ، والتي تمثل العدد الذري للآيزوبار المستقر والاكثر ارتباطا والاقل كتلة .

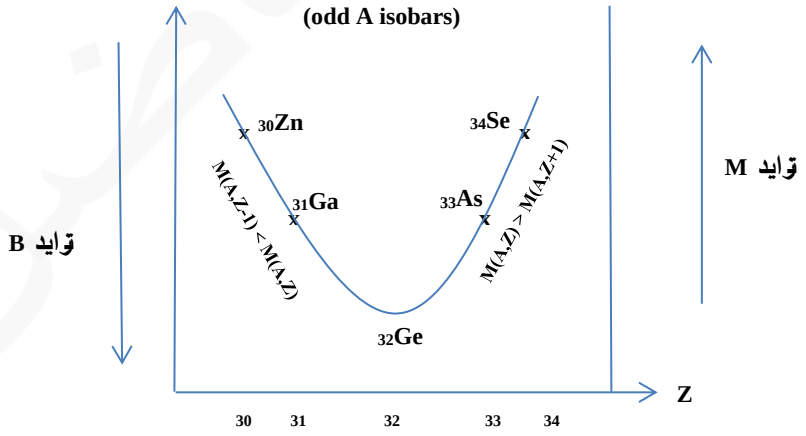
بينما الايزوبارات الاخرى تتحلل عن طريق تحلل β^-, β^+ او الاسر الالكتروني لتنتهي بذلك الى الايزوبار المستقر.

فمثلا هناك خمسة آيزوبارات ذات العدد الكتلي الفردي A=73 هي :

الزنك $^{73}_{30}Zn$ ، والكاليوم $^{73}_{31}Ga$ (وهما يتحللان ببعث β^-) ، والسيلينوم $^{73}_{34}Se$ (ويتحلل ببعث β^+) ، والآرسينك $^{73}_{33}As$ (ويتحلل بتأسير الكترون) ، والايزوبار المستقر هو الجرمانيوم $^{73}_{32}Ge$ ، وهذا موضح بالشكل الاتي ، والمعادلات الآتية :

$$^{73}_{30}Zn \xrightarrow{\beta^-} {}^{73}_{31}Ga \xrightarrow{\beta^-} {}^{73}_{32}Ge \quad \textbf{(stable)}$$

$$^{73}_{34}Se \xrightarrow{\beta^+} {}^{73}_{33}As \rightarrow {}^{73}_{32}Ge \quad \textbf{(stable)}$$



ولتأكيد دقة تعبير وصياغة طاقة الربط ، وفق نموذج قطرة السائل ، يمكن استخراج القيمة النظرية للعدد الذري للآيزوبار الاكثر استقرار وذلك بأخذ مشتقة B بالنسبة لـ Z ومساواتها بالصفر ، ومن ثم حساب وتحديد قيمة Z وكالاتي:

$$B(A,Z)= a_vA-a_sA^{2/3}-a_c\frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - a_a\frac{(A-2Z)^2}{A} \begin{matrix}+\\0\\-\end{matrix} \delta +\eta$$

$$\frac{\partial B}{\partial Z} = 0 - 0 - \frac{2a_cZ}{A^{\frac{1}{3}}} + \frac{a_c}{A^{\frac{1}{3}}} + 4a_a\frac{A}{A} - 8a_a\frac{Z}{A} = 0$$

$$Z= \frac{4a_a}{2a_cA^{-1/3}+8a_aA^{-1}} \qquad \times \frac{A}{8a_a}$$

$$\therefore Z_A = \frac{\frac{A}{2}}{1+\frac{a_c}{4a_a}A^{2/3}}$$

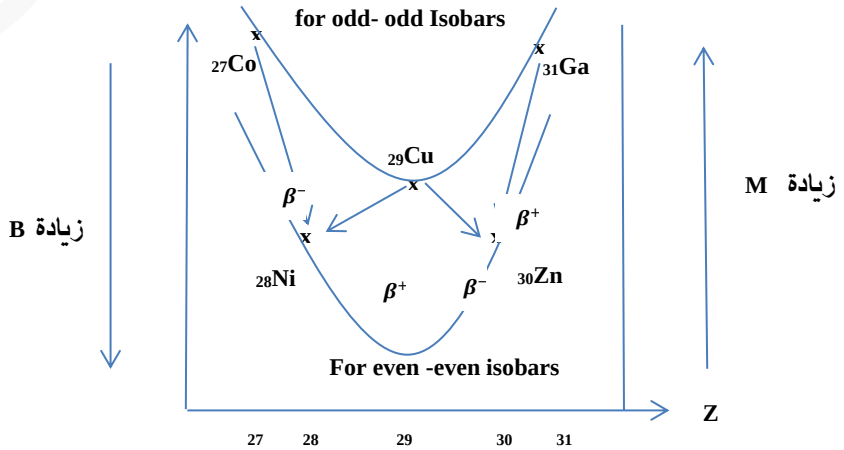
$$Z_A= \frac{\frac{A}{2}}{1+\frac{a_c}{4a_a}A^{\frac{2}{3}}} = \frac{\frac{73}{2}}{1+\frac{0.6}{4\times19}(73)^{\frac{2}{3}}} = 32.2077 \cong 32$$

2-عندما يكون A للايزوبارات زوجيا ، سيكون هناك ايزوبارات فردية – فردية وآيزوبارات زوجية – زوجية وبالطبع فان تأثير الازدواج سيجعل الايزوبارات الزوجية – الزوجية اكثر استقرارا بزيادة طاقة ربطها بمقدار $+\frac{33}{A^{3/4}}$ ، بينما تكون الايزوبارات الفردية – الفردية اقل استقرارا وقلقة حيث طاقات ربطها قلت بمقدار $-\frac{33}{A^{3/4}}$، وعلى هذا الاساس فهناك قطعان مكافئان :

الاول للآيزوبارات الزوجية – الزوجية

والثاني للآيرزوبارات الفردية – الفردية

فمثلا للعدد الكتلي A=64 هناك آيزوباران زوجية – زوجية هما الزنك $^{64}_{30}Zn$ والنيكل $^{64}_{28}Ni$ وثلاثة ايزوبارات فردية –فردية هي الكاليوم $^{64}_{31}Ga$ والكوبلت $^{64}_{27}Co$ والنحاس $^{64}_{29}Cu$ وكما موضح بالشكل ادناه :



نموذج القشرة النووي Shell Model :

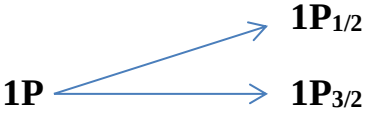
1- ان نموذج القشرة النووي هو احد اهم النماذج في التركيب النووي وقد اظهرت التجارب بان النوى التي لها عدد بروتونات (Z) او عدد نيوترونات (N) يساوي احد الاعداد السحرية فانها تكون مستقرة والاعداد السحرية هي : [2 ,8, 20 ,28 , 50 ,82 ,126] .

وتشكل الاعداد السحرية للبروتونات والنيوترونات قشرات مغلقة (Closed Shell) شبيهة بالقشرات الالكترونية للذرات وتكون قشرات النيوترونات وقشرات البروتونات مستقلة عن بعضها البعض .

2- اوضح هذا النموذج بان المجال المركزي للنيوكليونات في النواة هو التأثير المتبادل بين الحركة البرمية والحركة المدارية لها ، وكذلك تأثير الازدواج النيوكليوني (وفق مبدأ الانفراد لباولي) بالاضافة الى التأثير الكولومي .

ان تأثيرات الحركة البرمية نتيجة دوران كل نيوكليون حول نفسه يولد عزما مغناطيسيا مقداره (S) ويساوي ($\pm\frac{1}{2}\hbar$) ، واما تأثير الحركة الدورانية الناتج من دوران النيوكليون حول مركز النواة يولد عزما مقداره ℓ ويساوي الزخم الزاوي المداري.

3- يفترض هذا النموذج وجوب وجود تفاعل قوي بين الزخم الزاوي المداري وبين الزخم الذاتي لكل نيوكليون ، فبوجود هذا التفاعل فان مستويات الطاقة ذات القيمة الاكبر للزخم الزاوي الكلي j تقع دائما تحت المستويات التي تكون لها القيمة الاصغر. فمثلا في حالة المستوى 1P يكون الانقسام كالاتي :



هناك رموز معينة تحدد كل مستوى من مستويات الطاقة النووية وهذه الرموز هي :

1) n : العدد الكمي التوافقي ويأخذ القيم ..... 4 ، 3 ، 2 ، 1

2) l : العدد الكمي المداري حيث يقابل كل رقم رمز معين وحسب الجدول الاتي :

ℓ	0	1	2	3	4	5	6
الرمز	s	p	D	f	G	h	I

3) J : الزخم الزاوي للمستوي النووي حيث : $J=\ell \pm S = \ell \pm \frac{1}{2}$

4) عدد الاحتواء للمستوي الثانوي $(2J+1)$

5) عدد الاحتواء في المستوى الرئيسي $2(2\ell+1)$

6) التماثل النووي (π) parity :

وهو اما ان يكون موجبا (زوجيا) او فرديا (سالبا)

ملاحظة : تتجمع مستويات الطاقة بشكل مجاميع وبفواصل كبيرة بين المجموعة والاخرى، وتسمى مستويات الطاقة لكل مجموعة والمتقاربة مع بعضها بالقشرة Shell ، وعندما تغلق القشرة فانها تغلق بعدد سحري من النيوكليونات . والمخطط الاتي يوضح كيفية توزيع مستويات الطاقة .

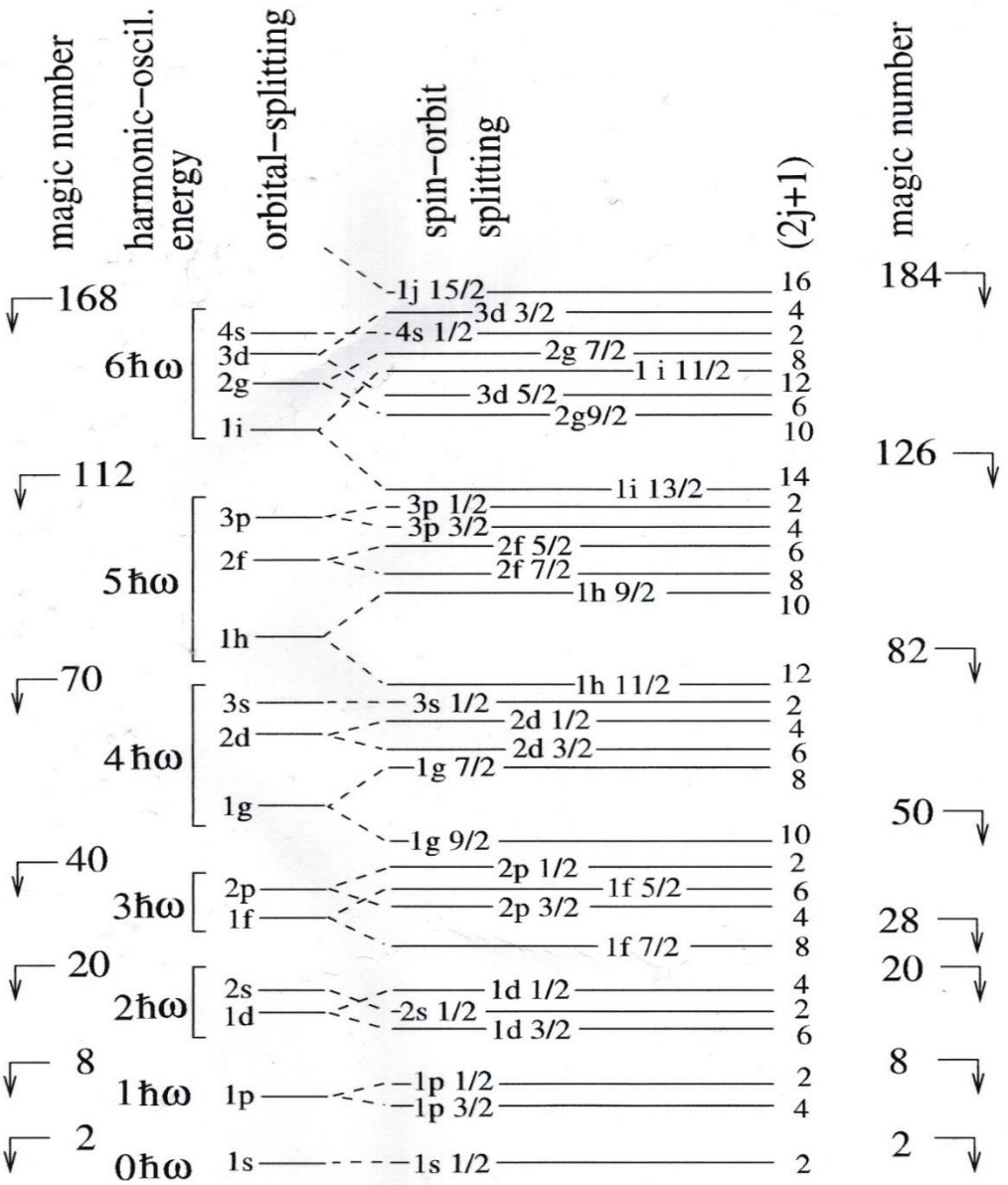


Fig. 2.10. Nucleon orbitals in a model with a spin-orbit interaction. The two leftmost columns show the magic numbers and energies for a pure harmonic potential. The splitting of different values of the orbital angular momentum l can be arranged by modifying the central potential. Finally, the spin-orbit coupling splits the levels so that they depend on the relative orientation of the spin and orbital angular momentum. The number of nucleons per level $(2j + 1)$ and the resulting magic numbers are shown on the right.

ملاحظة : نستطيع ان نحدد قيم البرم النووي والتماثل النووي لاي نواة في المستوى الارضي لها (ground state) بالاعتماد على القواعد الاتية :

1-في حالة النوى (زوجية – زوجية) فان الزخم الزاوي الكلي لها يكون مساويا للصفر ($J=0$) والتماثل موجبا $\pi=+$ اي ان $J^{\pi}=0^{+}$.

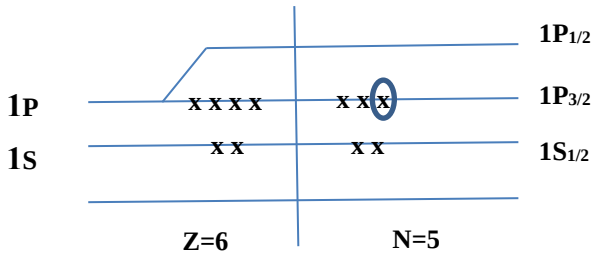
2-في حالة النوى (زوجية – فردية) او (فردية – زوجية) ، فان الزخم الزاوي الكلي يعتمد على زخم آخر نيوكليون ، اما التماثل فيحسب من المعادلة $\pi = (-1)^{\ell}$ ، حيث ℓ يمثل العدد الكمي المداري لآخر نيوكليون منفرد موجود في النواة.

3-في حالة النوى (فردية – فردية) فان الزخم الزاوي الكلي للنواة يحسب من زخم آخر نيوترون وبروتون منفرد وله قيمة محصورة بين :

$$J_{total}=|J_p-J_n| \rightarrow |J_p+J_n|$$

اما التماثل فيمكن حسابه من المعادلة $\pi = (-1)^{\ell_p + \ell_n}$

مثال : أوجد J^{π} لنواة $^{11}_{6}C$ ؟



$$J_{total}=\frac{3}{2}$$

$$\pi=(-1)^{l}=(-1)^{1}=-$$

$$J^{\pi}=\left(\frac{3}{2}\right)^{-}$$

ملاحظة : هناك حالات شاذة يحصل فيها عدم تطابق مع النتائج العملية وذلك يعود الى حالة الازدواج النووي والذي يحصل عند تحقق الشرطين التاليين :

1-ان المستوى الذي له قيمة (ℓ) اكبر فانه يميل الى الازدواج قبل المستوى الذي (ℓ) صغير.

2-ان المستويين متقاربين (لا يحدث انتقال من قشرة مغلقة بعدد سحري) فعند توفر الشرطين فيحصل انتقال نيوكليوني الى المستوى الذي له (ℓ) كبيرة .

خصائص النوى السحرية :

1-انغلاق كامل القشرة (إمتلاء القشرة النووية) .

2-عدد الايزوتونات والايزوتوبات والايزوبارات عالية جدا .

3-طاقة فصل النيوترونات فيها عالية جدا .

4-بسبب طاقة الارتباط العالية فانها تحتاج الى طاقات كبيرة من اجل تهيجها .

5-احتمالية حدوث تفاعل نووي لهذه النوى قليل جدا لان الفواصل بين مستويات الطاقة كبيرة .

6-تكون هذه النوى ذات استقرارية عالية ووفرة كبيرة جدا .

مثال1 / جد الزخم الزاوي الكلي للنواة $^{14}_{7}N_{7}$

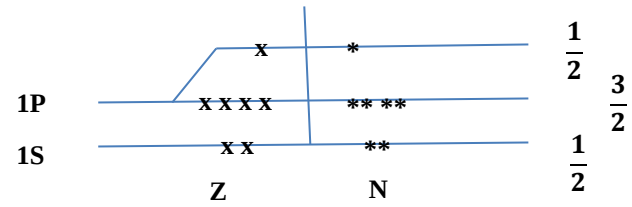
الحل / النواة لها N=7 , P=7 فيكون توزيعها كالاتي :

$J_p = \frac{1}{2}$, $J_N = \frac{1}{2}$

$J_{total} = |\frac{1}{2} - \frac{1}{2}| \rightarrow \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$

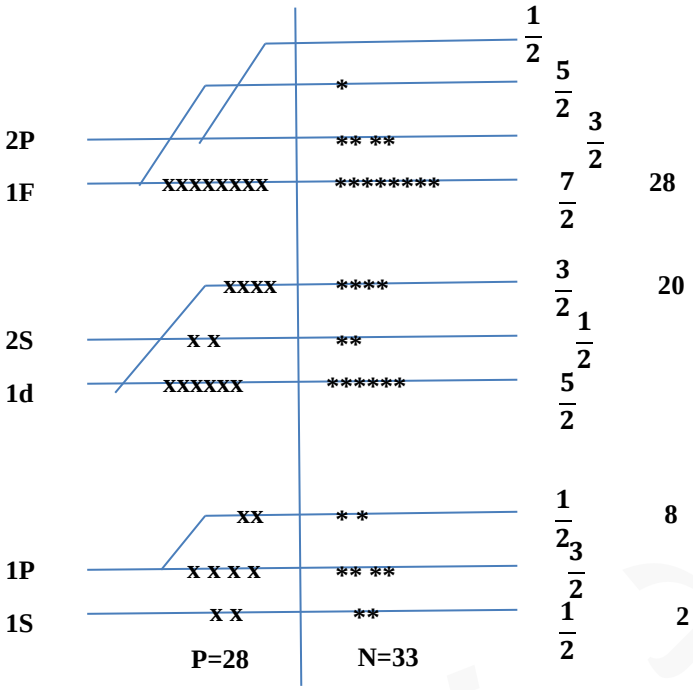
$J_{total} = 0 \rightarrow 1$

$J_{total} = 0,1$



مثال 2/ جد قيمة $(J)^{\pi}$ للنواة $^{61}_{28}Ni$ ؟

الحل/ نواة النيكل لها *P=28 , N=33*



$J_p=0$

في هذا المثال يحدث انتقال نيوترون من المستوى $2P_{3/2}$ الى المستوى $1F_{5/2}$ وذلك لان قيمة (ℓ) للمستوى $(1F)$ *اكبر من قيمة* (ℓ) للمستوى *2P* وأيضاً ان المستويين متقاربين ، فيحصل ازدواج نووي فيبقى هنا النيوترون المنفرد في المستوى $2P_{3/2}$.

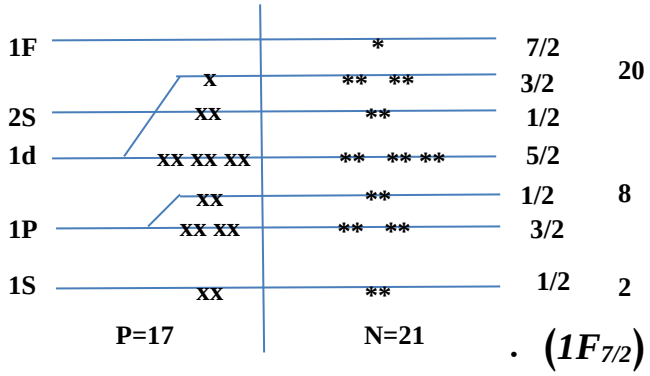
$J_N=\frac{3}{2} \rightarrow J_{total}=\frac{3}{2} \rightarrow (J)^{\pi}=(\frac{3}{2})^{-}$

مثال3/ على اساس نموذج القشرة ذات النيوكليون الواحد وباعتبار شد البرم بالمدار ، ما هي التسمية الطيفية لنواة $^{38}_{17}Cl$؟

الحل/

For $^{38}_{17}Cl$: P=17 , N=21

فتكون التسمية الطيفية كالاتي :



آخر نيوترون له $J_N=\frac{7}{2}$ ويقع في المستوى $(1F_{7/2})$.

اما آخر برتون منفرد فيكون في المستوى $1d_{3/2}$ الذي قيمة (ℓ) له اعلى من قيمة (ℓ) للمستوى $2S_{1/2}$ فيحصل انتقال من $2s$ الى $1d$ لتحقيق شرط الازدواج بين المستويين المتقاربين.

اذن آخر بروتون منفرد يقع في المستوى $2S_{1/2}$

$$J_{tot}=|\frac{1}{2}-\frac{7}{2}| \rightarrow \frac{1}{2}+\frac{7}{2}$$

$$= |-3| \rightarrow 4 \quad \rightarrow J_{tot}=3\,,4$$

<u>تنبؤات نموذج القشرة :</u>

1- ان تنبؤات نموذج القشرة للزخم الزاوي الكلي للنوى تتفق بشكل جيد جدا مع النتائج العملية ، حيث ان الزخم الزاوي لنيوكليونين يساوي صفرا ولقشرة مغلقة يساوي صفرا أيضاً . الزخم الزاوي الكلي للنواة سيساوي الزخم الزاوي الكلي للنيوكليونات خارج القشرات المغلقة .

2- يتنبأ نموذج القشرة بوجود حالات شبه مستقرة في النوى التي فيها قشرات غير ممتلئة ، اي النوى ذات Z , N او كلاهما قريبا من عدد سحري .

3- يتوقع نموذج القشرة ان يكون عزم رباعي الاقطاب (عزم رباعي الاقطاب هو مقياس لانحراف النواة عن الشكل الكروي) صفراً او قريباً من الصفر للاعداد السحرية.

نماذج نووية اخرى :

1-نموذج الحركة الجماعية Collective motion model :

ان النوى التي تكون بعيدة عن الاعداد السحرية هي ليست كروية ولكن تبدي لان تكون متطاولة باتجاه القطبين (رأسياً) او متطاولة باتجاه الاستواء (أفقياً) . في هذه النوى المشوهة فان المحور الرئيسي يدور في الفضاء وينتج عن ذلك حركة جماعية والتي يشارك فيها كل النيوكليونات .

2-النموذج الاحصائي Statistical Model :

يفترض هذا النموذج ان هناك ترابطاً نووياً قوياً بين النيوكليونات بحيث لا يمكن دراستها انفرادياً وانما يمكن معاملتها احصائيا . هذا النموذج يعطي معدلات للكميات الفيزيائية لكل نيوكليون . ان النتيجة الجيدة لهذا النموذج هي تفسيره لطاقة الترابط النووية.

3-النموذج العنقودي Cluster Model :

ويسمى نموذج جسيم α . يفترض ان جسيم α هو وحدة بناء النواة ، اي ان النوى تتكون من عدد صحيح من العدد الكتلي لجسيم α (اي مضاعفات 4) . يطبق هذا النموذج في النوى ذات (A=4n) مثل :

$$^{12}_{6}C \cong 3 \propto , \; ^{16}_{8}O = 4 \propto$$