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 :

١-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 .

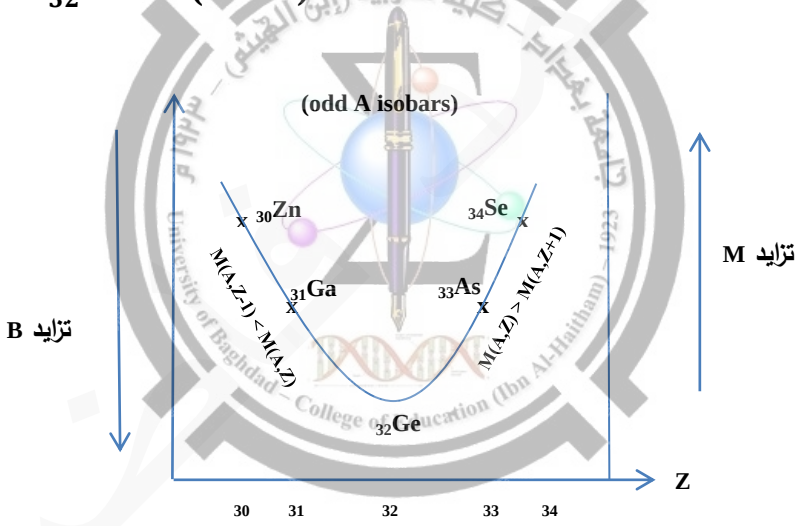
بينما الايزوبارات الاخرى تتحلل عن طريق تحلل β^-, β^+ او الاسر الالكتروني لتنتهي بذلك الى الايزوبار المستقر.

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 :

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

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



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:

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

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

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

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

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

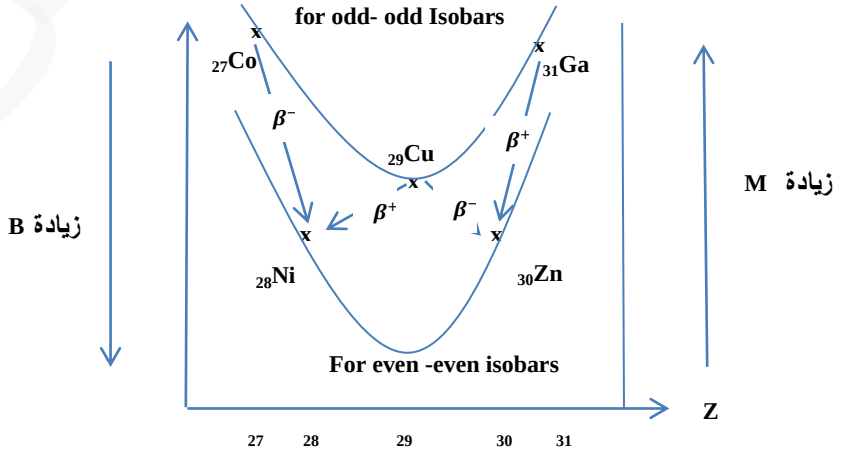
$Z_A= 32.2077 \cong 32$

٢-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 :

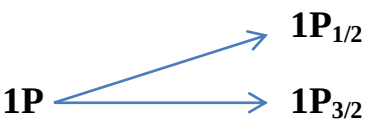
١-ان نموذج القشرة النووي هو احد اهم النماذج في التركيب النووي وقد اظهرت التجارب بان النوى التي لها عدد بروتونات (Z) او عدد نيوترونات (N) يساوي احد الاعداد السحرية فانها تكون مستقرة والاعداد السحرية هي : [2 ,8, 20 ,28 , 50 ,82 ,126] .

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

٢-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.

٣-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 :

١) n : العدد الكمي التوافقي ويأخذ القيم ..... ٤ ، ٣ ، ٢ ، ١

٢) 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

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

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

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

٦) 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 .

نقص صفحة ١٠

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

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

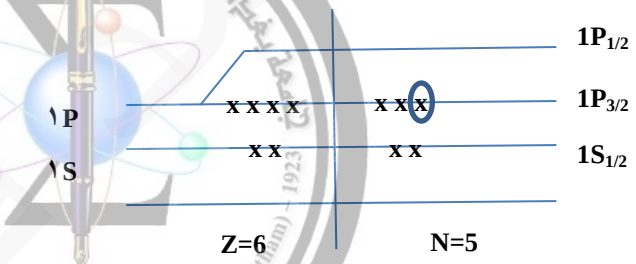
٢-في حالة النوى (زوجية – فردية) او (فردية – زوجية) ، فان الزخم الزاوي الكلي يعتمد على زخم آخر نيوكليون ، اما التماثل فيحسب من المعادلة $\pi = (-1)^{\ell}$ ، حيث ℓ يمثل العدد الكمي المداري لآخر نيوكليون منفرد موجود في النواة.

٣-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 $(J)^{\pi}$ 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 :

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

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