الفصل الثاني التركيب النووي Nuclear Stracture

كل الخواص النووية التي تم التطرق لها في الفصل الاول والمتعلقة بمستويات الطاقة المتهيجة للنواة والعزوم الثنائية المغناطيسية والرباعية الكهربائية والبرم والتماثل ونمط تحلل المستويات المتهيجة كل هذه الخواص المقاسة عمليا تعطينا صورة عن التركيب النووي ولاجل بحث وحساب هذه الخواص النووية نظريا ادى بالعلماء الى البحث عن نماذج نووية تفصح عن التركيب النووي للانوية المختلفة.

طاقة الربط النووية Nuclear Binding Energy

ان من بين الكميات المهمة جدا التي تتركز حولها الكثير من الدراسات هي الكتلة النووية nuclear mass . وان الفرق بين كتلة النواة M(Z,N) ومجموع كتل مكوناتها بصورة طليقة يطلق عليها بطاقة الربط الكلية للنواة total binding energy ويرمز لها $B_{TOTAL}(A,Z)$ والتي تمثل مقدار الشغل اللازم بذلة لتفكك النواة الى مكوناتها او الطاقة المتحررة عند جمع النويات لبناء النواة. ويعب عنها رياضيا:

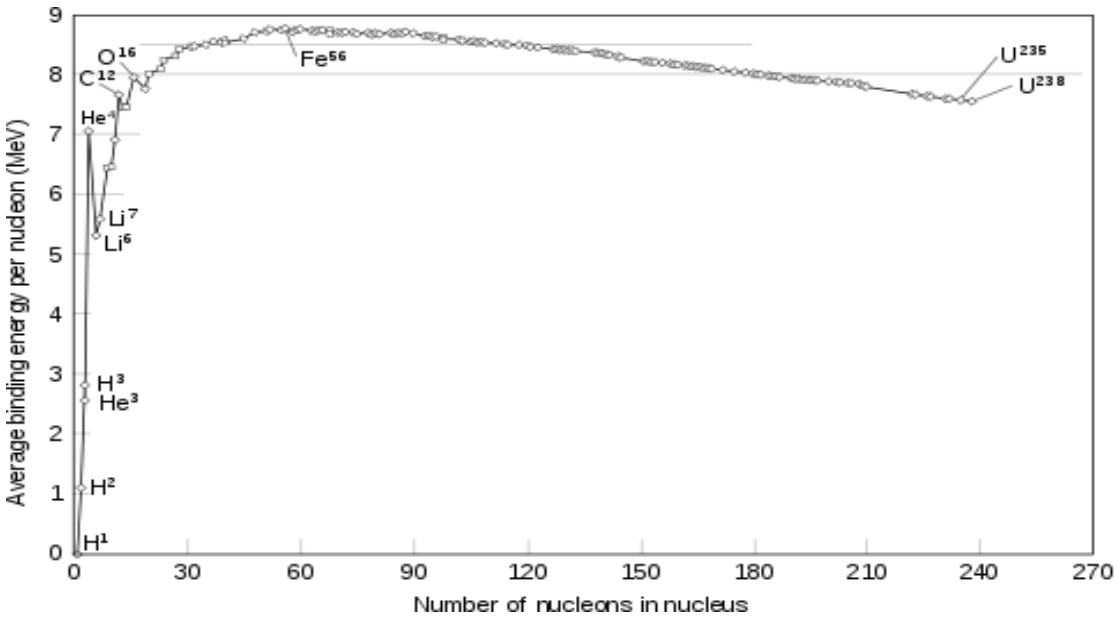
$$B_{TOTAL}(A,Z)=[Zm_p+Nm_n-M(A,Z)]C^2 \quad \text{----------1}$$

حيث وجد ان طاقة الربط الكلية تعتمد مباشرة على كل من Z,A وهذا يعني بان قيمتها تتغير من نواة الى اخرى .

اما معدل طاقة الربط النووية B_{AVERGE} فيمكن ان نعرفها بأنها: الشغل اللازم لفصل بروتون او نيترون واحد كمن النواة ويعبر عنها رياضيا:

$$B_{AVERGE}= B_{TOTAL}(A,Z)/A\text{----------2}$$

لقد وجد بأن معدل طاقة الربط النووية هي اقل تغيرا من طاقة الربط الكلية ,اما العلاقة بين معدل طاقة الربط النووية والعدد الكتلي للنوى ,فقد تم دراستها عمليا لعدد من النوى ووجد انه تتغير كما في الشكل ادناة



من خلال الشكل اعلاه نلاحظ مايلي:

1-منحني العلاقة ثابت تقريبا ماعدى الانوية الخفيفة.

2-معدل طاقة الربط لكل نوية يساوي 8 Mev

3-اقصى قيمه يصل اليها المنحني عند العدد الكتلي 60 حيث تكون النواة محكمة الريط وبالاخص نواة الحديد والتي تساوي 8.8 Mev .

4-من النوى ذات العدد الكتلي الاقل من 60 يمكن تحرير طاقة نووية بعملية الاندماج النووي .

5-من النوى ذات العددالكتلي الاكبر من 60 يمكن تحرير طاقة بطريقة الانشطار النووي

ملاحظة :ان الثبوت التقريبي لمنحنى طاقة الربط ,يدل على ان النوية في النواة غير مرتبطة بالتساوي بالنويات الاخرى .او بالاحرى القوة النووية بين النويات لاتتعدى في تاثيرها النويات المجاورة .وهذا يعني ان القوة النووية هي قوة قصيرة المدى ومشبعة والمقصود بذلك ان طاقة الربط بين واحدة من النويات وبقية مكونات النواة تصل قيمتها النهائية عندما يتوفر عدد معين من النويات في النواة .كما ان التناقص الملاحظ في قيمة معدل طاقة الربط للنوى الثقيلة A>140 تاتي من زيادة تاثير قوة التنافر الكولومي داخل النواة

مثال :احسب معدل طاقة الربط النووية لنواة الكاربون $_{6}C^{14}$ اذا علمت ان الكتلة الذرية الكاربون هي 14.00324U وكتلة البروتون 1.0078 U واللنيترون 1.0087 U .

الحل:

$A=Z+N \quad N=8$

الان نستخرج مجموع كتل مكونات النواة على انفراد كالاتي:

$M_P=6X1.0078=6.0468\ U \quad .M_N=8X1.0087\ U$

$M_P+M_N=14.1164\ U$

$B(A>Z)=14.11-14.00324)C^2=0.11316X1.66X10^{-27}Kgm\ x(3x10^8)^2=1.6906\ j$

$B_{AVRAGE}=1.6906X10^{-11}/14=1.208\ X10^{-12}\ J$

طاقة الفصل النووية Nuclear Separation energy

وهي الطاقة اللازمة لفصل بروتون او تيترون واحد اوجسيم الفا من النواة الذرية. ويمكن التعبير عنها رياضيا بدلالة الكتل او بدلالة طاقة الربط الكلية كما يلي:

$S_N=[M(A-1,Z) + M_N - M(A.Z)]C^2$

$S_P=[M(A-1,Z-1) + M_P - M(A.Z]C^2$ طاقة الفصل بدلالة الكتل

$S\alpha=[M(A-4.Z-2) + M\alpha - M(A,Z)]C^2$

$S_N=B_{TOTAL}(A,Z)- B_{TOTAL}(A-1,Z)$

$S_P=B_{TOTAL}(A,Z)-B_{TOTAL}(A-1,Z-1)$ طاقة الفصل بدلالة طاقة الربط

$S\alpha=B_{TOTAL}(A,Z)-B_{TOTAL}(A-4,Z-2)-B_{TOTAL}(4.2)$

النماذج النووية : Nuclear model

الخواص النووية المقاسة عمليا والتي تطرقنا لها في الفصل الاول تطبق عليها نماذج نووية لمعرفة تلك الخواص وقيمها نظريا ويذلك فأن النموذج النووي يعطي توقعات لهذه الخواص من خلال نظرة مبسطة وتقريبية الى داخل تركيب النواة تقارن توقعات النموذج النووي النظرية مع المقياس عمليا وبالتالي حسب هذه المقارنة يكون النموذج النووي عند توقعه الخواص توقعا ملائما.ومن هذه النماذج هي:

1 - نموذج قطرة السائل ومعادلة الكتله السبه تجريبية.

تم اقتراح هذا النموذج من قبل العالم وايسكر 1935 .تعتبر توقعات النموذج النظرية محددة ولم يتمكن من اعطاء تفسيرات لمعضكم الخواص النووية الا ان العالم وايسكر استخدمه لتفسير العلاقة بين طاقة الربط النووية الكلية والعدد الكتلي A حسب هذا النموذج فلقد اعتبر طاقة الربط بين نويات النواة مشابهة الى الربط بين جزيئات السائل ففي حالة السائل تكون طاقة الربط الكلية متناسبة مع كتلة السائل فاذا كان كثافة السائل ثابته نجد ان طاقة الربط الكلية بالسائل تتناسب مع حجمه.

معادلة الكتلة سبه التجريبية:

هي اسلوب شبه تجريبي قام به العالم وايسكر للوصول الى معادلة الطاقة الرابطة الكلية نظريا ولتفسير منحني طاقة الربط لكل نوية وذلك عن طريق استخدام نموذج قطرة السائل. معادلة الكتلة شبه التجريبية تحتوي على عدة عوامل لوصف تغير الطاقة الرابطة الكلية مع العدد الكتلي A هي:

1-العامل الحجمي ويرمز له a_v : Volume term

من اكبر العوامل التي يتضمنها معدل تغير طاقة الربط B/A هو العامل الحجمي.لان الطاقة الرابطة تتناسب طرديا مع A ~ B وذلك فأن مساهمة العامل الحجمي للطاقة الرابطة هو مساهمة ايجابية($+a_v A$) تلاحظ ان اعتماد الطاقة الرابطة على A وليس على $A(A-I)\approx A^2$ وهذا يدل على ان النيوكلون المنفرد لايتفاعل مع جميع النيكلونات الاخرى وانما يتفاعل مع النيكلونات المحيطة به فقط.

2-العامل السطحي (a_s) Surface term.

النيكلونات عند سطح النواة لها عدد فليل جدا من النيكلونات المجاورة لها مقارنة بنيكلونات مركز النواة لذا فان العامل الحجمي يعطي لها (نيكلونات السطح) وهذا يسبب نقصان في طاقة الربط للنويات التي على السطح لذ فان العامل اسطحي يساهم مساهمة سلبية في الطاقة الرابطة والتي تساوي:

$$B_S \propto R^2 = R_O A^{2/3} = -a_s A^{2/3}$$

3-العامل الكولومي a_c Coulomb term

ان معادلة طاقة الربط يجب ان تتضمكن تاثير عامل يصف التنافر الكولومي للبروتونات الذي يجعل النواة اقل ارتباطا .وبمان كل بروتون يتنافر مع البروتونات الاخرى فان العامل الكولومي يتناسب مع $z(z-1)$.على افتراض ان الجسم الكروي يحمل شحنة منتظمة نحصل على:

$$-\frac{z(z-$$

$$4\pi\varepsilon$$

حيث ان a_c مقدار ثابت ويساو $-\frac{3}{5}\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0}$

5-عامل التناظر a_{sym} symmetry term

في وصف طاقة الربط للقوى النووية المستقرة يجب ان ياخذ بنظر الاعتبار تاثير التناظر .عامل التناظر هذا يعتمد على عداد البروتونات والنيترونات داخل النواة .ففي الانوية الخفيفة عامل التناظر مهم جدا حيث يكون فيها z=n .اما في الانوية الثقيلة فان لهذا التاثير يكون قليل الاهمية لان الزيادة المضطردة في عامل التناظر الكولومي يتطلب نيترونات اضافية لكي تستقر النواة .ان صفة التناظر *z=A/2* تتناقص مع العدد *A* لذا فأن تاثير عامل التناظر للطاقة الرابطة يكون بالشكل التالي:

$$-a_{sym}(A-2z)2/A$$

6-عامل الازدواج δ PAIRING TERM

في حسابات الطاقة الرابطة يجب اخذ ميول النيكلونات المتشابهة للازدواج بنظر الاعتبار ..فالنيوكلونات التي هي من نفس النوع تميل لتكوين زوج(*PP,NN*) وهذا يفسر وجود عدد كبير من النوى المستقرة يكون فيها عدد النيكلونات زوجي (*N* زوجي و *P* زوجي).وايضا لماذا تكون النوى المستقرة التي يكون فيها العدد الذري *Z*زوجي وعدد النيترونات فردى تكون اعدادها قليلة .عامل الازدواج الذي يؤثر في طاقة الربط يمكن التعبير عنه بالعلاقة التالية:

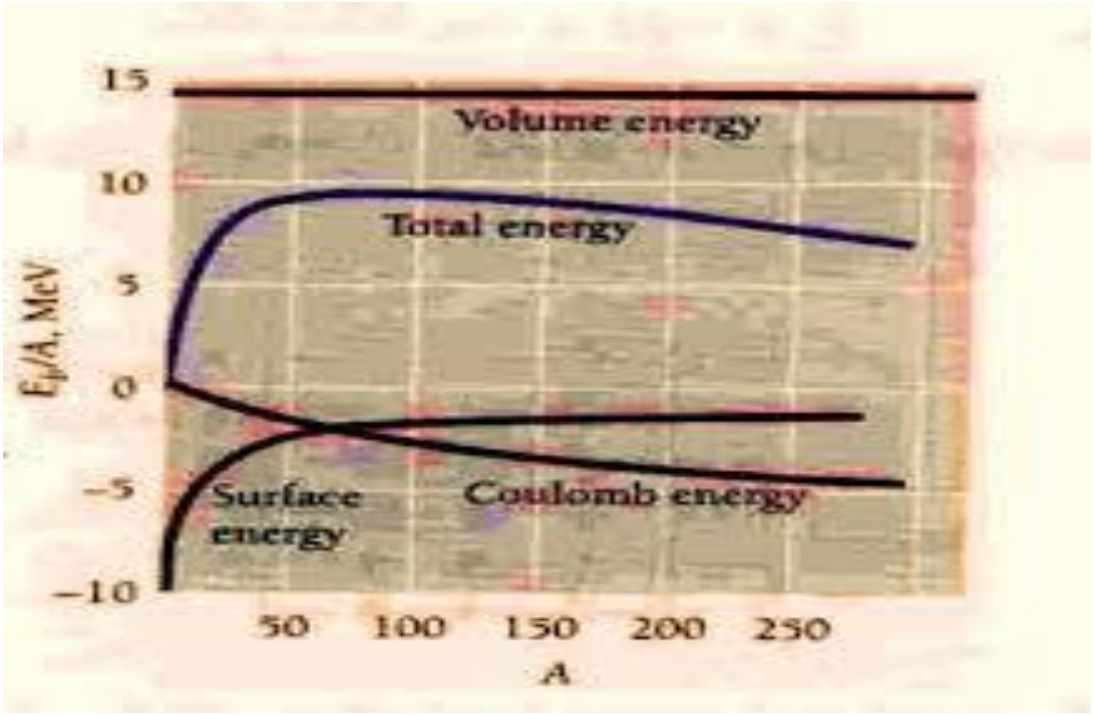
$$\delta = -\delta$$

عند ربط جميع هذه العوامل المشار اليها اعلاه يمكن كتابة الطاقة الرابطة للنواة كمايلي:

$$B(A,Z) =$$

تم اعطاء قيم للثوابت اعلاة بحيث يحصل تطابق مع منحني العملي في معدل طاقة الربط لكل نوية

a_v=15.5 Mev , a_s=16.8 Mev , a_c=0.72 Mev , a_{sym}=23 Mev , a_p=34 Mev



الشكل اعلاه يمثل تاثير مختلف العوامل الخمسة في طاقة الربط لكل نيكلون

بعد الوصول الى الصيغة لطاقة الربط فأن الكتله الشبه التجريبية يمكن حسابها من العلاقة التالية:

$$=Z\,M_P+(A-Z)M_N - B(A,Z)/C^2$$

فأذا كان بالامكان حساب طاقة الربط نظريا حسب العلاقة انفة الذكر فمن الممكن حساب كتلة النواة A تعتبر اهمية صيغة الكتلة شبه التجريبية جاءت من كونها كانت المحاولة الاولى لتطبيق النماذج النووية لفهم خواص النواة المتمثلة بمستويات الطاقة المتهيجة والبرم والتماثل.وعزم ثنائي القطب المغناطيسي وعزم رباعي القطب الكهربائي والتي تم الاشارة اليها .

نموذج القشرة :SHELL MODLE

دراسة الخواص النووية بينت ان نويات النواة الذرية مرتبطة على شكل مدارات شبيه بمدارات الالكترونات الذرية .فكرة القشرة النووية تقدم بها العالم ايلساسر 1934 وبعدها ايده العام ماير بعرض حقائق تجريبية تؤيد فكرة القشرة النووية المغلفة .الحقائق بينت ان النواة تكون في استقرارية عالية عندما يكون عدد النيترونات والبروتونات مساويا الى 2,8,20,28,50,82,126 والتي تسمى بالاعداد السحرية حيث ان هذه الاعداد تكون قشرة مغلقة وان هذه الاعداد تكون مقابلة للتركيب الذري للعناصر الخاملة وهي2,10,18,36.54=Z والمناظرة للعناصر الخاملة He, Ne, Ar, Kr , Ze

الادلة العملية لوجود التركيب القشري للنواة:

1-تكون الطاقة اللازمة لفصل نيكلون من النواة عالية جدا في الانوية ذات الاعداد السحرية.

2-عند نفس الاعداد السحرية حيث تكون طاقة الفصل عالية يحدث هبوط مفاجئ في طاقة الفصل يمكن تفسير ذالك كما هو الحال في الالكترونات الذرية ناتج من عملية الاملاء للقشرة الرئيسية والانتقال الى قشرة اخرى ..