# التناقضات في النقص الكتلي وطاقة الربط النووية

**هـدى قنداقجي - فاطمة ينبعاوي - فاطمة مباركي - مروج المدني - ألاء محمود**

**قسم الفيزياء – كلية العلوم التطبيقية – جامعة أم القرى – مكة المكرمة – المملكة العربية السعودية**

**الكلمات المفتاحية:** طاقة الربط -النقص الكتلي -القوى النووية – كسر التكاثف – النواة – الكتل

## الملخص

طاقة الربط من المفاهيم العلمية المجردة الصعبة الأدراك وهدفنا رفع التناقضات حول النقص الكتلي وطاقة الربط. سنقدم في هذا البحث علاقات جديدة وحسابات دقيقة لكسر التكاثف ثم سنتطرق لطاقة الربط وعلاقتها بكثر التكاثف وسنقترح قاعدة جديدة لحساب طاقة الربط النووية

## 1- المقدمة:

هناك فرق بين مجموع كتل البروتونات والنيوترونات، هذه الكتل مرتبطة ببعضها داخل النواه، وجد العلماء ان كتله النواه اقل بكثير من كتل مكوناتها (البروتونات والنيوترونات)، رغم ذلك ف النواه هي نظام مترابط ومتماسك ومستقر. فما سر هذا الاستقرار؟

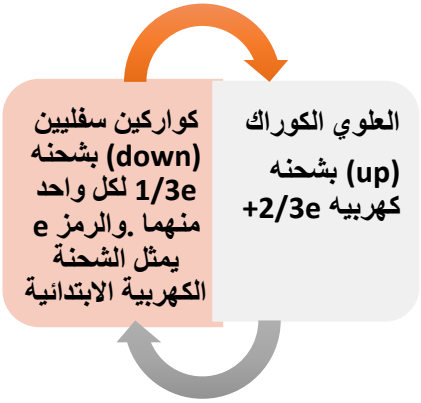
ذره النواه في منتهى الصغر يتراوح قطرها لذرات الخفيفة مثل الدوتريوم 1fm ولذرات الثقيلة مثل الأورانيوم 15fm [1]، كما نعلم ان البروتونات موجبه الشحنة والنيوترونات يقال انها عديمة الشحنة. وحسب قانون كولوم الذي ينص على (ان قوه التجاذب او التنافر بين الشحنتين في الفراغ تتناسب طرديا مع القيمة المطلقة لحاصل ضرب شحنتيهما، وعكسيا مع مربع المسافة بينهما). إذا كانت الشحنتان متشابهتان في النوع فتكون القوة المتبادلة بينهما قوه تنافر، وإذا كانت الشحنتان غير مشابهتان في النوع تكون القوة تجاذب. إذا فان من المتوقع قوه تنافر شديده بين البروتونات موجبة الشحنة داخل النواه مما سيؤدي الى انهيار النواه! ولكن ذلك لا يحدث اطلاقا ؟؟ فما الذي يجعل البروتونات موجبه الشحنة تتجمع داخل النواه دون ان تتنافر؟

افترض العلماء ان هناك قوه ربط نووية تجمع البروتونات داخل النواه دون ان تتنافر. ووجود النواه يدل على ان هناك قوه جديده للجذب النووي. وتكون اقوى من الجاذبية المألوفة وتسمى (بالقوة النووية) وهي قوه متبادلة بين نيوكلونين او أكثر وهي مسؤوله عن ربط البروتونات والنيوترونات في النواه الذرية، وهي القوة التي تحافظ على استقراريه النواه بصوره عامه.

توصل العلم الحديث الى ان النيوترون له مغزل (spin) يشبه مغزل البروتون يدور حول نفسه وله عزم مغناطيسي لا يستهان به ولهذا فانه يتأثر بالحقل هذا من جهة، ومن جهة اخر فأن معلومة ان النيوترون عديم الشحنة تبقى صحيحه من منظور الشحنة الإجمالية لنيوترون حر كنظام فيزيائي منعزل. قد أثبتت الدراسات ان البروتون يتكون من جسيمات أصغر وتسمى الكوراك (quarks) وتصنف هذه الجزيئات الى:

تركيب البروتون: يتكون البروتون من 3 اجزاء وهي كالتالي:

النيوترون يعد جسيم متعادل الشحنة بمعنى ان شحنته الإجمالية تساوى صفر يتكون من جزئيين رئيسين.




ولهذا فان النيوكلونات تنجذب مع بعضها فيؤدي ذلك الى ترابطها وبالتالي يتكون البنيان الصغير جدا والعظيم المترابط المعروف باسم النواه. ووجود النواه له تفسير واحد وهو ان القوة النووية هي أعظم من قوه التنافر الكولومية بين البروتونات، بحيث يجب ان تكون قوه تنافر بين النويات عند مسافات قصيره جدا فتعمل هذه القوة بصوره او اخرى للحيلولة دون تصادم النويات وتمركزها عند نقطه واحده كجسيم وواحد. ومدى القوة النووية بين أي نواتين صغير جدا واليها يعزى تماسك النواه في الذرة.

عند تشكيل نواة أي ذرة فأن كل نيكلون من نيوكلوناتها تفقد جزء من طاقتها، الأمر الذي يؤدي الى استقرارها وتماسكها وترابطها بعد تشكيلها تماما، مثل العامل الذي يبذل جهد يتعب ويخلد للراحة والاستقرار.

يمكن تعريف هذه الطاقة بأنها الشغل الذي يجب ان تبذله القوى النووية لنقل النيوكلونات من اماكن بعيده لا يوجد بينها تأثير حتى تصل الى الأماكن التي تشغلها حاليا داخل النواة، هذه الطاقة التي استعملت لا نجاز الشغل تكون دائما سالبه بالنسبة للنواة [2].

من خلال تجربة رذرفورد (رقاقة الذهب) وهي تجربه تعتمد على تسليط اشعه من جسيمات الفا على رقاقه الذهب، وجد ان بعض الأشعة تنعكس والبعض ينكسر، ومعظمها ينفذ. وهذا يدل على وجود مساحات فارغه في الذرة. استنتج ان معظم حجم الذرة فراغ، وأنه يوجد بالذرة جزء ذو كثافة عالية ويشغل حيزاً صغيراً جداً وتتركز فيه كتلة الذرة وهو الجزء الذي انعكس عن مساره، وأن نفاذ الأشعة يعني أن معظم حجم الذرة فراغ وانحراف الأشعة يعني أنها اقتربت من جسم مشحون بشحنة مشابهة (موجبة) لذلك تنافرت معها، أي أن شحنة النواة موجبة. وجد ان الذرة فيها فراغ كبير. والفكرة التي بدأ الاجماع عليها ان الفضاء الذي تشغله النواه بالمماثلة مع الفضاء الذي تشغله الذرة او النظام الشمسي او المجرات او الكون بأسره، معظمه فراغ [3].

**2 – نظرية البحث:**

طاقة ربط الأنظمة الفيزيائية تكون سالبة لان كل مكون من مكوناتها خسر جزءا ضئيلا من كتلته او طاقته خلال تشكيلها وهي الان "تعاني" من النقص الكتلي وفي حاجه ماسه الى الكتلة والطاقة التي ضاعت منها لكي تكتمل. لذا "ترتبط" كل واحده بالأخريات لكي تعوض عن النقص الكتلي او الطاقي المهول الذي لحق بها. اما فيما يخص الكيفية التي تفقد بها النيوكليونات كتلتها، فهي لا تزال لحد الان مجهولة. وبصفه عامه، عندما تكون مكونات نظام فيزيائي معين في حاله ارتباط تكون طاقة الربط مقدار فيزيائي سالب. ان العلاقة النصف تجريبيه للكتلة التي وضعها بيته-فايز يكر [4] والتي تصف طاقه الارتباط في نواة الذرة تبعا لنموذج قطره السائل ,بحيث يمكن اعتبار طاقه الارتباط بين البروتونات والنيوترونات الموجودة في النواه الذرية انها طاقه الوضع في الفيزياء التقليدية وفي نموذج القطرة للنواه الذرية يمكن اعتبار النيوكلونات فيها كالجزيئات قطره السائل غير قابله للانضغاط .

وبناء على ذلك ان هذه العلاقة لا تؤدي الا الى القيمة المطلقة لطاقه الربط للنواه. ويرمز لهذا المقدار بالرمز B(A,Z) او Eb(Z,A) وهنا يجب الانتباه حتى لا يقع الخلط بين الاشياء : بين القيم الموجبة (أي بإشارة الزائد)التي يتم حسابها بهذه العلاقة والقيم الحقيقة لطاقه الربط النووية

**1-2 نموذج قطرة السائل والمعادلة شبه العملية:**

افترضه العالم نيلس بور وهو من أقدم النماذج النووية فكرته ان النويات داخل النواة تسلك سلوك الجزيئات داخل السائل وتتفاعل مع بعضها البعض بصورة قريبة ومباشرة. بعض الخواص النووية تعتمد على عدد النيكلونات مثل قوة التماسك في قطرة السائل التبخر في السوائل يكافئ الانحلال الاشعاعي والطاقة اللازمة للتبخر تكافئ الطاقة اللازمة لتفكك النواة والتكثف في السوائل يكافئ الاندماج النووي وكثافة السائل ثابته وايضا الكثافة النووية ثابته.

**الفرض الاساسي لهذا النموذج:**

ان القوى النووية بين البروتونات والنيوترونات تساوي الكتلة النووية بين البروتونات تساوي الكتل النووية بين النيوترونات. القوى النووية لا تعتمد على الشحنة والقوى النووية قوى قصيرة المدى مداها يساوي 2F أكثر من ذلك ليس لها تأثير

**معادلة نموذج قطرة السائل "المعادلة الشبه عملية":**

$$E_B = a_V A - a_S A^{2/3} - a_C \frac{Z^2}{A^{1/3}} - a_A \frac{(A-2Z)^2}{A} \pm \delta(A,Z)$$

**الحد الأول:** حد الحجم ويعتمد على الحجم

**الحد الثاني:** حد السطح

**الحد الثالث:** يمثل هذا الحد التأثير التنافري بين البروتونات لان لديها شحنة حيث يؤدي الي نقص في طاقة الربط وهذه القوة تزداد بزيادة Z

**الحد الرابع:** حد التماثل ويمثل هذا الحد العلاقة بين عدد البروتونات وعدد النيوترونات داخل الثانوية.

(بإشارة السالب) الممثلة احيانا على منحنى أستون [7 -5] لكن نظريه "القوة النووية" بقيت لحد الان غامضه وهذه القوة النووية التي تجمع بين النيوكليونات لازالت مجهولة رغم ان العلماء يتحدثون عنها هذه العقود الأخيرة بكثره. ويوجد ما هو أخطر من هذا وهو ان بعضهم ذهبوا بعيدا وذلك بحديثهم على القوى بين الكواركات داخل النيوكليونات والقوى النووية بين هذه الأخيرة لا تزال طبيعتها لم تحدد. عزم الباحثون على وضع نظريه علميه متطورة ودقيقه تحدد بكيفية منطقيه يقبلها العقل والمنطق طبيعة هذه القوة النووية. اما نظريه "القوة النووية" على الشكل الذي نراه اليوم فسيكون مالها لا محاله مال نظريه "مركزيه الارض" التي قضت عليها نظريه مركزية الشمس لكيبلر تلميذ تاكو براهي.

ونيكولاس كوبرن كوس الذي قدم في نظريته (أن حركة الأجسام السماوية يمكن تفسيرها بطريقة أفضل وأبسط إذا تركنا فكرة وجود الأرض في مركز الكون. وقدم تعاليمه بأن الشمس تمثل مركز الكون وتدور حولها الكواكب في مدارات دائرية. والحركات المرصودة للأجرام السماوية عبارة عن حركات ظاهرية تأتى من ناحية حركة الأرض والكواكب الأخرى في مداراتها ومن ناحية أخرى فهى ناشئة من دوران الأرض حول محورها).

ومن بعدهم سنه 1543م كوبيرنيك، ونظريه "الفلوجستون" (تنص على أن المواد التي تحتوي على فلوجستون ودي فلوجستون عند احتراقه). التي اطاحت بها نظريه الذرة لأحوزييه (الطبيعة نظام مغلق فلا تفنى الماده ولا تستحدث من العدم بل تتحول من شكل الى اخر) ونظريه "الأثير" التي اطاحت بها النظرية النسبية لألبرت اينشتاين وذلك لعدم ارتكازها على فرضيات علميه منطقيه.

فها هو الباحث الفرنسي سشايفرSchaeffer يطرح السنة المنصرمة في المجلة العليمة الأمريكية للفيزياء العصرية نظريه جديده لشرح أصل القوى النووية. ونسب التماسك النيوكلونات الى وجود قوى كهرومغناطيسية بين النيوكلونات. والنموذج الذي اقترحه مكنه من الحصول على نتائج جدا مشجعه بحيث حصل على طاقة الربط المتوسطة لنويه

- ✓ 1, 11Mev- لنواة الدوتريوم.
- ✓ 1Mev , 7- لنواة الهليوم [8-10]
- ✓ ولأول مرة يحصل فيها باحث على نتائج بنظريه تبدو أكثر واقعيه ومعقولة.

النواه عندما تستقبل مقدارا معينا من الطاقة فأما ان تكون في حاله اثاره إذا كان هذا المقدار غير كافي لفصل نوياتها واما ان تتفكك وتنفصل نيوكليوناتها إذا كان هذا المقدار من الطاقة الذي استقبلته يفوق القيمة المطلقة لطاقة الربط [11-14]. وهنا نرى مدى اهميه تحديد النظام الفيزيائي قبل الشروع في أي عمل علمي [15]. ان الأنظمة الفيزيائية التي تحررت منها الطاقة فيما مضى مثل نوى الذرات الموجودة حاليا هي انظمه مستقرة في درجات متفاوتة من الاستقرار لان مكوناتها في ارتباط متبادل .والطاقة التي تحررت منها خلال تكوينها فهي تعد طاقه مفقودة بالنسبة لهذه الأنظمة لان نيوكليوناتها قد اشتغلت واستهلكت والطاقة التي استقبلتها تعد طاقه مكتسبه بالنسبة لها .لذا يجب التمييز بين داخل النظام المستقبل للطاقة وبين محيطه الخارجي .ومن بعد تحديد الفضاء الذي يشغله النظام الفيزيائي , فان كل شئ خارج النظام يسمى الوسط المحيط وعند الدرس والتحليل يتم تجاهله عدا تأثيره على النظام .

من اين تأتي هذه الطاقة؟

لقد جاءت الإجابة عن هذا السؤال من خلال اختراع مطياف الكتلة وهو جهاز عملي بتقنية تحليلية لتحديد العناصر المكونة لمادة أو جزيء ما. ويستخدم أيضا لتوضيح البنى الكيميائية للجزيئات ويعتمد على مبدأ تبديد الأيونات ويليه قياس نسبه كتلتها الى شحنتها. [5,17-19] .

**2-2 كسر التكاثف النووي لأستون f**

يعد طومسون واستون من العلماء الأوائل الذين اخترعوا مطياف الكتلة يعتمد مبدأ عمل مطياف الكتلة على تشريد المركبات الكيميائيه لتوليد جزيئات مشحونة وقياس نسبة كتلتها إلى شحنتها-تجرى العملية في مطياف الكتلة بوضع العينة في الجهاز، حيث تأين المركبات بطرق مختلفة (مثلا بنسفها بحزمة إلكترونية)، مما يشكل الأيونات المشحونة. تحسب نسبة الكتلة للشحنة لهذه الجزيئات من حركة هذه الأيونات ضمن حقول كهرومغناطيسية. واستعملوه بكثره لقياس الكتل المتوسطة للنيوكليونات لحساب الكتل الذرية. ففي ثلاثينيات القرن الماض، بادر استون الى وضع قاعد العدد السليم (the whole rule number) والتي تنص على اعتبار كتلة الأكسجين عدداً صحيحاً (وهو 16)، وعندها سنجد أن كل النظائر الأخرى ستكون كتلتها عبارة عن أعداد قريبة جداً من أن تكون أعداداً صحيحة أيضاً. بالنسبة لنوى الذرات وذلك بالمماثلة مع الفرضيات التي وضعها دالتون وأفوكادو بالنسبة لنظريه الذرة بداية القرن التاسع عشر للميلاد [12-16]. وكان استون بدون معرفه وجود النيوترون الذي لم يتم اكتشافه الا الى حدود سنه 1932 من طرف شادوك. وحاز بجائزه نوبل للكيمياء سنه 1922لاكتشافه مجموعات النظائر لعدد كبير من العناصر الكيميائية [5-17]. كما وضع سنه 1927كسر التكاثف واختار له رمز f وهو مقدار فيزيائي اساسي في قاعده حساب كتل الذرات ونظائرها [7-5].

ويطلق اسم النوكليدات (nuclides) على أنواع ذرية تتميّز عن بعضها بواسطة بنية النواة المحددة لها، أي عن طريق عدد البروتونات Z أو عدد النيوترونات N أو حالة الطاقة النووية الخاصة بها. ويطلق ايضا مجموعه نوى كافة النظائر للعناصر الكيميائيه. إن مجموعة من النويدات ذات عدد مماثل من البروتونات (عدد ذري)، أي أنها تنتمي للعنصر الكيميائي نفسه، ولكن عدد مختلف من النيوترونات فإنها تدعى نظائر العنصر. النويدات عبارة عن مصطلح عام يشمل النظائر. بأسلوب مماثل، فإن نويدات لها عدد كتلة A مساوي ولكن أعداد ذرية مختلفة فإنها تدعى متساوية الكتل (Isobars)، كذلك فإن نويدات لها عدد مساوي من النيوترونات ولكن عدد مختلف من البروتونات فإنها تدعى متساوية النيوترونات (Isotone).

**عرف كسر التكاثف النووي لأستون: هو** مقدار فيزيائي اساسي في قاعدة حساب كتل نظائر الذرات التي وضعها استون لحساب الكتلة الذرية للعناصر الكيميائية بداية من قياسه للنقص الكتلي للنواة وهو يمثل النقص الكتلي المتوسط لنوية نواة واحدة

**ولحساب مقدار كسر التكاثف النووي وضع استون مرحلتين**

**المرحلة الاولى** حساب الفائض الكتلي أو الناقص الكتلي بالعلاقة

$$\Delta = m - A$$

حيث أن:m:الكتلة الذرية

A: مجموع كتل النويات ولإلكترونات

**المرحلة الثانية : حساب الفائض الكتلي المتوسط بالعلاقة**

$$f = \Delta \div A$$

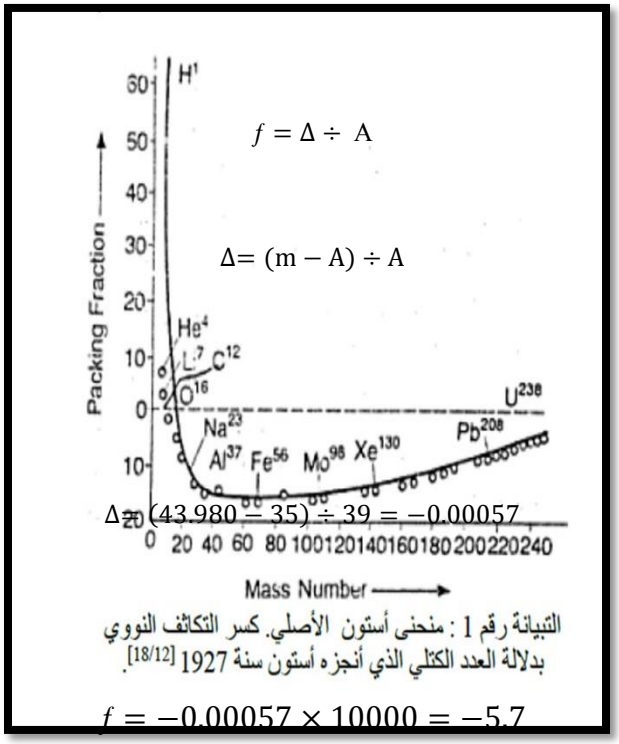
وبعد التعويض عن Δ نحصل على

$$\Delta = (m - A) \div A$$

ومن هنا نوضح ان قيم كسر التكاثف التي حصل عليها استون قيم سالبة. ففي سنه 1927 حصل على الكتلة الذرية لعنصر الكلور قام بتوظيف كسر التكاثف النووي 3هي

$$A = 35 \text{ ،} m = 34.980$$

ولكي نحصل على نفس النتائج التي حصل عليها استون بوحدة الكتلة الذرية الجاري العمل بها آنذاك (1/16من الكتلة الذرية للأكسجين 16)لابد نضرب القيمة في



التبيانة رقم 1 : منحنى أستون الأصلي. كسر التكاثف النووي بدلالة العدد الكتلي الذي أنجزه أستون سنة 1927 [18/12].

$$\Delta = (43.980 - 35) \div 39 = -0.00057$$

$$f = -0.00057 \times 10000 = -5.7$$

## 3-2 الفرق بين العدد الكتلي والكتلة الذرية حقيقة !!

العدد الكتلي: هو عدد صحيح

الكتلة الذرية: -هي عدد غير صحيح لنفس الذرة

ولكن هما قريبا من بعض ونستطيع استخدام ذلك التقريب فقط في اذهننا عندما نقوم بحسابات سريعة لكن في طبيعة كسر التكاثف النووي $f$ نحتاج الى كتلة النواة الحقيقة أي نستخدم الكتلة الذرية بدل العدد الكتلي وفي كسر التكاثف النووي $f$ نعتقد ان A وm مقادير متجانسة لكن بعد التدقيق في نتائج استون نستنتج ان A في البسط

$$\therefore f = \frac{\Delta m}{A}$$

تختلف عن A في المقام حيث ان

مجموع كتل النيوكليونات والالكترونات منفصلة بوحدة الكتل الذرية

يمثل عدد الكتلة وهو مجموعه من الاعداد الطبيعية ويمثل عدد البروتونات والنيوترونات الموجودة في النواة حيث ان وحدتها u & kg

*(إذا كسر التكاثف لأستون$f$ يمثل النقص الكتلي فقط) رياضيا المتوسط لنيوكلونة نواة واحدة

$$\Delta = M - A$$

وبعد التعويض في الفائض الكتلي Δ بالناقص الكتلي Δm

$$\Delta m = mx - Z(me + mp) - (A - Z)mn \quad (2)$$

وبعد التعويض في الفائض Δ بالناقص الكتلي نجد ان ....

**بصفه عامة**

$$f = \frac{\Delta m}{A} \qquad (3)$$

$$f = \frac{mx - Z(me + mp) - (A - Z)mn}{A}$$

حيث أن:

mx هي الكتلة الذرية وme هي كتلة الالكترون و m هي كتلة البروتون و mn وهي كتلة النيوترون العدد الذري Z و A العدد الكتلي.

$f$ ولكن يجب ضربه في (5.931) لتحويله من وحدة (الكتل الذرية u) الى وحدة $\left(\frac{mev}{c^2}\right)$ وبتوظيف قانون تكافؤ الكتلة والطاقة لألبرت اينشتاين $E = mc^2$ وربطها بطاقة الربط المتوسط

$$\xi_\ell = E_\ell \div A = f \times c^2 \qquad (4)$$

كسر التكاثف النووي لأستون $f$ يعتبر مقدار فيزيائياً مهما جدا لأنه يعد مقياس مباشر للاستقرار النووي وقيمته تتغير من نواة الى اخرة وعند حسابنا قيمة كسر التكاثف النووي لأستون $f$ حصلنا على قيم سالبة لجميع العناصر الكيميائية ونظائرها باستثناء ذرة الهيدروجين والقيم السالبة لـ$f$ تعني ان الكتلة الذرية أصغر من مجموع كتل النويات التي تتشكل منها ذرة منفصلة والقيم السالبة لـ$f$ يمكن تفسيرها بالاستقرار الكبير الذي يعد من الخصائص الاساسية للاستقرار النووي. ومن هنا نقر ان في نفس الوقت بأن كمية الكتلة تتحول الى طاقة بعض النظر ان اغلبية الأنوية المستقرة الموجودة في الكون قد تكونت في ظروف لا يعلمها الا الله سبحانه وتعالى ويمكن تفكيك النواة من القيمة المطلقة لهذا المقدار من الطاقة.

كلما كان كسر التكاثف النووي لأستون $f$ لذرة صغير كانت النواة لهذة الذرة مستقرة والقيم لدينا في كسر التكاثف النووي لأستون $f$ تتناسب الاشد استقرار ومنها الحديد والهليوم والأكسجين والكالسيوم والغازات النادرة وغيرها من الغازات ونواة كل هذه الذرات تستقر في قعر وادي اللاستقرار لتي حصلنا عليها من الوكالة الدوليه للطاقة الذرية ولائحة النوى المستقرة تقف عند الرصاص ام النوى الثقيلة التي توجد على صفاف وادي الاستقرار فرغم وجودها في الطبيعة والكون فانها غير مستقرة وغالبا ماتكون اشعاعية النشاط وتتحرك نحو قمة الوادي وذلك إما

1) بانبعاث دقائق α

2) التجول النووي التلقائي β

$$A)\ {}_0^1n \rightarrow {}_1^1P + {}_{-1}^0e + \upsilon^-$$

$$B)\ {}_1^1P \rightarrow {}_0^1n + {}_1^0e^{(J)} + \upsilon$$

حيث ان سرعة الموجه المغنطيسية في الفراغ هي

$$c = 2.997245 \times 10^8$$

لكن بالنسبة لطاقة الربط النواة غالبا (Mev)

حيث أن

$$1mev = 1.602 \times 10^{-6} J$$

والعكس صحيح حتى تصبح أكثر استقرار.

علي الرغم من ان كسر التكاثف النووي لأستون $f$ لجميع النوى اكبر من كسر تكاثف الحديد لا يحق لنا ان نقارن استقرار النوى على هذا المنوال لان كل نواة توجد محبوسة في (قعر بئر طاقة الوضع النووية)الخاص بها ولكل عنصر كيميائي وفارة طبيعية وعمر نصف الذي يتميز به عن باقي العناصر وكلما كان عمر النصف طويلا كلما كانت النواة مستقرة ومتوفرة في الطبيعة بالمقارنة مع نظائرها وعلى سبيل المثال فان نوى الديتريوم والهليوم والليثيوم تعتبر من الأنوية الاشد استقرار وربما ستبقى حتى يفنى الوجود رغم ان كسر تكاثفها اكبر من كسر تكاثف الحديد. والهيدروجين يعتبر ايضا من بين العناصر الكيميائية الشديد الاستقرار رغم ان قيمة كسر تكاثفه موجبة وبدونه لا يمكن للماء ان يوجد على الكرة الارضية والماء هو سر الحياة فمن دونه لا حياة ولا وجود.

حسب نموذج القشور النووية فأن النوى الاكثر استقرار هي التي تكون من الاعداد السحرية (Z&N)

وهي (2,8,20,28,50,82,126) ويرجح (184) ان يكون عدد سحري ومنها مايسمى بالثنائية السحرية لان عدد البروتونات والنيوترونات تعبرمن الاعداد السحرية مثل الهليوم 4 يحتوي على 2 بروتون و2نيوترون ونواة الرصاص 208 يحتوي النظير الاثقل المستقر والمتوفر في الطبيعةوالذي يتميز بوجود 82بروتون و126 نيوترون وكلاهما من الاعداد السحرية .

فيما يخص تعريف النقص الكتلي نعتبر نقطة الانطلاقة هي المعادلة النووية منفصلة في البداية وفق المعادلة النووية التالية :

ولنعتبر ايضا بان النظام الفيزيائي هو مجموعة الكتلة والطاقة التي تتغير بدلالة الزمن حيث ان طاقة الربط E تمثل الطاقة التي تحررت خلال تشكيل النواة. ولابد لهذا النظام الفيزيائي الذي يتحول ان يخضع لقانون حفظ المادة وهو قانون ينص على "عند حدوث أي تفاعل كيميائي فان كتل المواد المتفاعلة تساوي كتل المواد الناتجة من التفاعل" وفق العلاقة التالية

$$m(\text{المتفاعلات}) + E(\text{المتفاعلات}) = m(\text{النواتج}) + E(\text{النواتج}) \quad (6)$$

إذا قمنا بوزن مجموعة النيوكليونات الاصلية منفصلة عند لحظة البداية $t1$ قبل بداية التحول النووي وحرر الطاقة فحصلنا على كتلة $m(t1)$ ثم عند لحظة النهاية $t2$ أي مباشرة بعد انتهاء تشكيل النواة قمنا بوزن النواة التي تكونت فحصلنا على كتلة $m(t2)$ ولنتصور ايضا اننا قمنا بوضع $m(t1)$ على كفة ميزان و$m(t2)$ على الكفة الاخرة لنفس الميزان لمقارنتهما فوجدنا بأن الكتلة $m(t2)$ من الكتلة $m(t1)$ نستنتج اذا بان مجموع كتل النيوكليونات المنفصيلة اكبر من كتلة النواة .

ويعد ماكس بلانك اول من وصل الى هذه الحقيقة العلمية سنه 1913 بحيث توصل الى ان كتلة كل نظام فيزيائي في حالة ارتباط تكون أصغر من مجموع كتل مكوناته المنفصلة، إذا بما ان النيوكليونات الاصلية قد تحرر منها مقدار معنا من الطاقة فان هذا المقدار هو الذي تحول الى الكتلة التالية:

$$\Delta m = m(t2) - m(t1) \quad (7)$$

اذا حصلنا على التغير الكتلي السالب التالي $\Delta m < 0$ والذي لا يمكن تفسيره الا بطريقة وحدة وهي تحول جزءمن كتلة النيوكليونات الى طاقة خلال عملية الارتباط النووي فيما بينها لتشكيل النواة وهذه الطاقة تتحرر من النظام الفيزيائي الذي تشكلة النيوكليونات الاصلية خلا التحول النووي، ونستنتج ان مقدار من الكتلة الذي منحته النيوكليونات للوسط الخارجي يعادل الطاقة المتحررة ولكي تستوي كفتي الميزان يعني عند الحظة النهاية $t2$ وضعنا المقدار المفقود من الكتلة $\Delta m$ على الكف التي وضعنا عليها النيوكليونات واستواء الميزان يعني بان قانون المادة قد تحقق وبناء على معادلة التحول النووي (6) وكذلك قانون حفظ المادة (7) وحصلنا على العلاقة التالية :-

$$Z(mp + me) + (A - Z)mn \rightarrow X + \Delta m \quad (8)$$

وبعزل المقدار$\Delta m$ حصلنا على تعبير التغير الكتلي التالي:

$$\Delta m = mx - Z(mp + me) - (A - Z)mn \quad (9)$$

وهذا هو تعبير الناقص الكتلي الحقيقي , وكما نلاحظ حصلنا بطريقة سلسة الى ان النقص الكتلي $\Delta m$ يخضع للقاعدة الفيزيائية العامة التالية :-

$$\Delta m = m(\text{النواتج}) - m(\text{المتفاعلات}) \quad (10)$$

ومن بعد كتابة معادلة التحول النووي رقم (5) لعنصر كيميائي معين، نطبق عليها العلاقة (9) بكل سهولة لحساب النقص الكتلي.

**3 ـطاقة الربط:**

$\Delta m = m_x - Z(m_p + m_e) - (A - Z)m_n$

قوية تربط الجسيمات النووية في النواة بعضها ببعض وهي ذات مدى قصير حيث لا يبدأ الجسيمين بالتجاذب بين بعضهما إلا بعد أن يكونا على بعد ( $4 \times 10^{-15}$ أنجستروم) $4 \times 10^{-5}$ متراً

$E_\ell = [m_x - Z(m_p + m_e) - (A - Z)m_n] \times c^2$

التكافؤ بين الكتلة والطاقة:

$E\ell = \Delta m \times c^2$ ونعوض عن $\Delta m$ (النقص الكتلي) من العلاقة:

49402823 Mev, 1 u = 931

نجد:

لنوية المتوسطة الربط طاقة حساب :الرابعة المرحلة

$\xi_\ell = E_\ell \div A = f \times c^2$ (11)

حيث أن هذه العلاقة هي التي تستخدم لحساب طاقة الربط لأستون وكذلك طاقة الربط المتوسطة لنوية والعلاقة (12) لطاقة ربط النواة كالتالي:

$-9\ Mev < E\ell\ \xi\ell < 0Mev$ (12)

$\xi_\ell = E_\ell \div A = f \times c^2$ :

- $\xi\ell$ : طاقة الربط المتوسطة
- $E\ell$: طاقة الربط
- A: العدد الكتلي
- $f$: كسر التكاثف

إن طاقة الربط تعتبر نوع من أنواع الطاقات المتحررة وهي خاصية الأنظمة الفيزيائية والكيميائية التي تكون مكوناتها في حالة ربط. وبما أن النقص الكتلي مقدار فيزيائي سالب فان طاقة الربط للنواة تكون سالبة بالنسبة لجميع نوى الذرات المرتبة في الجدول الدوري ونظائرها باستثناء الهيدروجينية. لحساب طاقة ربط النواة سنستخدم طريقة مبسطة مكونة من خمسة مراحل:

المرحلة الاولى: كتابة معادلة التحول النووي للذرة المعينة.

المرحلة الثانية: حساب النقص الكتلي.(13)

كتلة الذرة $m_x$

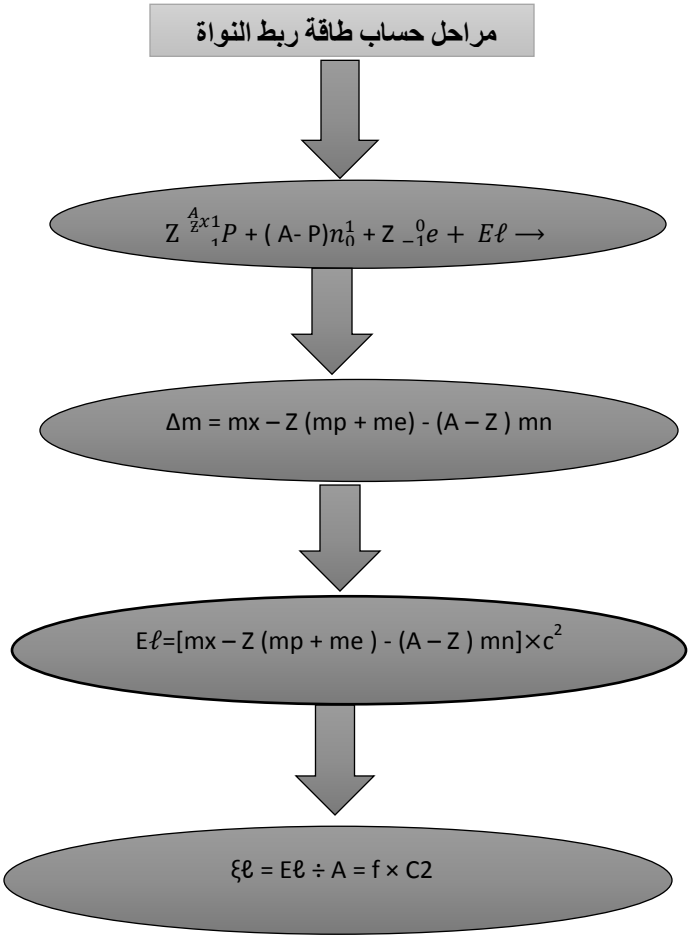
المرحلة الثالثة: حساب طاقة الربط.

في هذه المرحلة، يجب استحضار معامل تحول الكتلة الى الطاقة التالي:

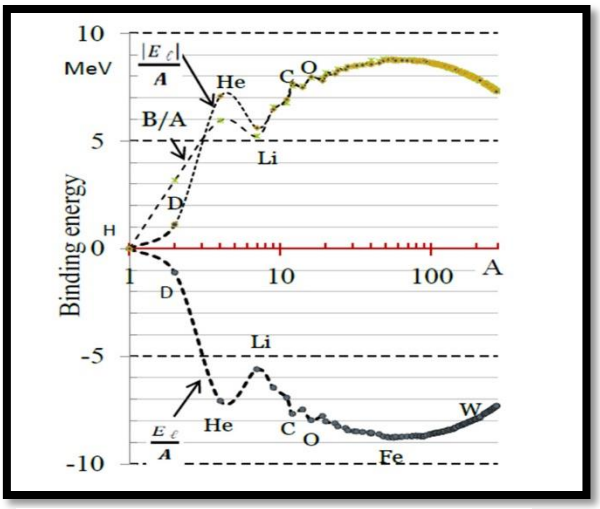
$\Delta m = m_x - Z(m_p + m_e) - (A - Z)m_n$

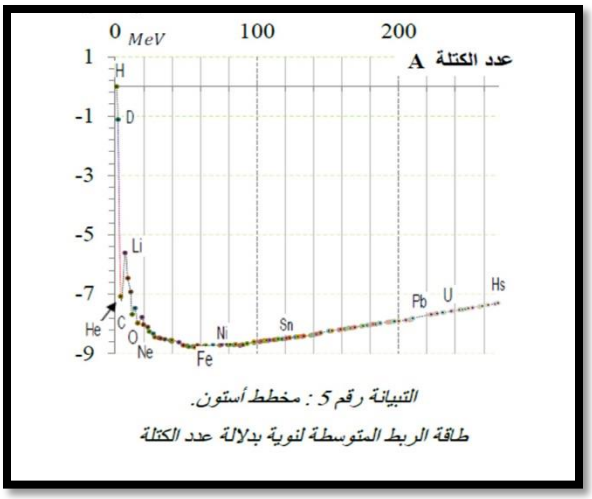
$E_\ell = [m_x - Z(m_p + m_e) - (A - Z)m_n] \times c^2$

المرحلة الخامسة: مراقبة تحقق شرط الانحصار التالي:



التبيانة رقم 4: منحنى الكماشة" طاقه الربط النووية




التبيانة رقم 5 : مخطط أستون.

طاقة الربط المتوسطة لنوية بدلالة عدد الكتلة

$$27(\,{}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e) + 33\,{}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{60}_{27}co$$

$f \times c^2$, طاقة التفكك النووية $|\varepsilon_l|$ وطاقة بيته – فايزاكر B بدلاله الزمن. حسبنا مقدار B بالعلاقة (1). المعطيات التي انجزنا بها هذا المنحنى حصلنا عليها من الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) مشكورة.

**مثال تطبيقي**(المفاعلات)$m$ – (النواتج)$m = \Delta m$

$$\Delta m = m\Delta_x - Z(m_p + m_e) - (A - Z)m_n$$

نواة ذرة الكوبالت 60.

وفيما يلي المعطيات الضرورية لإنجاز العمليات الحسابية.

$m = -0.56334861\ u$

الكتلة الذرية: $M_A = 59.93381717 g/mol$

كتلة البروتون: $m_p = 1.00727547u$

كتلة النوترون: $E_\ell = -0.56334761\ u \times c^2$ .

كتلة الالكترون: $m_e = 0.00054858\ u$

معامل التكافؤ: $1u = 931.49402823\ Mev/$

$E_\ell = -0.563346 \times 931.5(Mev \div c^2) \times c^2$

ومنحنى أستون.

$E_\ell = -524.8Mev$

الجواب:

المرحلة الاولى :معادلة التحول النووي

$\xi_\ell = E_\ell \div A$

$$\xi_\ell = E_\ell \div A = f \times c^2$$

المرحلة الثانية: حساب النقص الكتلي.

$$\Delta m = m_{co} - 27m_e - 27m_p\ - 33m_n$$

المرحلة الثالثة: طاقة الربط للنواة.

$$E_\ell = \Delta m \times c^2 \qquad (11)$$

معامل تحول الكتلة الى الطاقة:

$1u=931.494Mev/c^2$

المرحلة الرابعة: طاقة الربط المتوسطة لنيوكليونة.

المرحلة الخامسة:

$$-9Mev < -8.75Mev < 0$$

إذن تحقق شرط الانحصار وبإمكاننا ترتيب هذه القيمة على محور الأراتيب لمنحني أستون التبيانة رقم 5

**1-3 طاقة التفكك:**

**"طاقة التفكك" نقيض "طاقة الربط"**

بصفة عامة طاقة الربط هي الطاقة المتحررة من نواة نظام فيزيائي خلال تشكيله. اذن طاقة الربط تعتبر طاقة مفقودة بالنسبة لهذا النظام الفيزيائي. و"طاقة التفكك" هي الطاقة الضرورية للنواة لكي تنفصل نوياتها. بالنسبة لإشارة الناقص التي تظهر أمام قيم طاقة الربط فهي ظاهرة عامة لجميع الأنظمة الفيزيائية التي تكون مكوناتها في حالة ارتباط لأن الأجسام التي فقدت جزءا من طاقتها أو كتلتها خلال فترة تكوين النظام الفيزيائي تكون في حاجة إلى الكتلة أو الطاقة التي فقدها فإنها ترتبط فيما بينها وتتحد لتغطية على هذا النقصان. وبالتالي، فإننا ندفع بالفرضية التالية وهي: "كل نظام فيزيائي في الوجود لابد للمكونات التي يتكون منها أن تكون في حالة ارتباط بسبب فقدانها لمقدار من الكتلة أو الطاقة خلال مرحلة تكوين هذا النظام". فالقمر مثلا فقد شيئا من طاقته فيما مضى لما اشتغلت قوة الجاذبية لدفعه من مكان بعيد جدا في الكون الى النقطة التي يشغلها حاليا وهو الأن في حالة ارتباط مع كوكب الأرض ولهذا فان القمر يتبع الكرة الأرضية وهي تسبح في فلكها الاهليجي حول الشمس منذ القديم الزمان. وطاقة الربط بين القمر و الأرض حسبناها فوجدناها تساوي $-7.68 \times 10\ GJ$ وهي طاقة هائلة لأن القمر وقع في قعر بئر طاقة الوضع لجاذبية الكرة الأرضية.

نفس الشيء بالنسبة للأقمار الاصطناعية التي توجد هي الأخرى في حالة ارتباط مع كوكب الأرض وجميع سكان العالم وماء البحار والأنهار في حالة ارتباط مع الكرة الأرضية. ايضا الكترونات الذرات سقطوا في بئر طاقة الوضع الكهرساكن لهذه الذرات. لذا فان الالكترونات في ارتباط مع نوى الذرات بواسطة القوى الكهرساكن . مثلا, طاقة الربط الالكترون في ذرة الهيدروجين هي : 13.6 ev- .وطاقة ارتباط ذرة البوتاسيوم K في ملح المطبخ KCI هي 7.26 ev- وطاقة الربط بالنسبة لذرة واحدة من الكربون في الماس هي 7.0 ev- وهكذا.كل هذه القيم سالبة. ويوجد بين طاقة الربط الكيميائية وطاقة الربط النووية معامل مليون ومافوق وطاقة الربط لنوى كافة الذرات باستثناء ذرة الهيدروجين طاقة سالبة لأن النيوكليونات سقطوا من تلقاء أنفسهن في "بئر طاقة الوضع النووية" فارتبطت كل واحدة بالأخريات فتكونت النواة. نيوكليونات نواة الحديد 56 يوجد في قعر بئر عمقه 8.79Mev- بالنسبة لسطح ابار طاقة الوضع النووية لنوى العناصر الكيميائية وعمق بئر الهيليوم 4 هو 7.07Mev- التبيانة رقم 6. وهذا السقوط الجماعي للنيوكليونات في "بئر طاقة الوضع" أفقد كل واحدة جزءا من كتلتها (طاقتها) وأعماق ابار طاقة الربط المتوسطة لأي نيوكليونة يكون منحصرا دائما ما بين 9Mev– و 0Mev أي طاقة الربط لجميع النوى توجد تحت سطح ابار طاقة الوضع تحت المستوى ‘‘صفر".

**4- الخاتمة :**

في نهاية بحثنا استطعنا الحصول على بعض الحقائق بمعطيات ذرية دقيقة فيما يخص النقص الكتلي وطاقة الربط. حيث توصلنا إلى أن النوى بالمماثلة مع الذرات تشكل أنظمة فيزيائية مستقرة والتي يمكن أن تكون في حالة إثارة وبأن العلاقة (9) المعبرة عن النقص الكتلي والعلاقة (11) المعبرة عن طاقة الربط النووية هما العلاقتين المناسبتين لحساب كل منهما.

من الخطأ الفادح أن نتحدث عن النوى وكأنها موجودة لأن معظم النوى تكونت فيما مضى في ظروف غامضة لا يعلمها إلا الله. لكن هذا لم يمنع الأنسان من استعمال العقل والاجتهاد للوصول إلى صنع النوى الذرية

## المراجع


[1] E. Hecht. Brooks/Cole Pub Co.

; Physics. ISBN-10: 0-534-09114-8.

[2] N.coppens & al . physique - Chimie.Nathan.ISBN 978-2-09-172376 -1

[3] M. Séguin & B . Villeneuve. Astronomie et Astrophysique. DeBoeck. ISBN 2804140121.

[4] von weizsäcker، c..F. (1935) zeitschrift für physik 96.p.431.

[5] Gordon Squires. J Chem. Soc. 23 ،1998 ،p. 3893-3899.

[6] Gurdeep Raj. Advanced Inorganic chemistry . Madhu chatwal. Pages : 399-406 ISBN 81-87224-03-7.

[7] Jan-Olov Liljenzin & al . Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-7506-7463-8. 2002. Chapter 3 : "Nuclear Mass and Stability" ،pp. 41–57.

[8] B.Scheaffer . Advanced Electromagnetic Vol.2, no1 ,Sep 2013 ,pp. 69-27

[9] B.Schaeffer . J Mod phy, 2012،3، pp . 1709-1715

[10] B. Scheaffer. J Fusion Energy ،2011 ،30 ،pp. 377-381.

[11] J.-L. Basdevant & al. Mécanique quantique. Les Éditions de l'École Polytechnique. ISBN 2-7302-0914-X.

[12] A. H. Wapstra. External Properties of Atomic Nuclei. (1958). Springer .ISBN 978-3-642-45902-3.

[13].H.Sergolle.Phsique du noyau do1‘ atome.Techniques do 1‘Ingénieur.AF 3 520،pp. 1-15.

[14] J.-C. Montret. Particules élémentaires et interactions fondamentales. Techniques de l’Ingénieur. A 1 136 ،pp. 1-19.

[15] G. Wylen ،R. Sonntag. Thermodynamique appliqué. Editions du Renouveau Pedagogique. ISBN 2761306627.

[16] von M. Goeppert Mayer und J. H. D. Jensen. Elementary Theory of Nuclear Shell Structure. John Wiley & Sons ،1955.

[17] Georges Audi. J. Mass Spectroscopy. 251 ،2006، pp. 85-94.

[18] M . downard (2007) Euro .J. Mass Spectrometry 13 (3) :177-190.

[19] k.-M .downard. Mass Spect. Reviews

26 (5) :713-723 . (2007) .

[20] F.W. Aston .second edition , Edward Arnold &co.,1942

[21] F.W. Aston. Nature 105 (1920) 617.

[22] F.W. Aston. Nature 104 , 393 (1919).

[23] F.W. Aston Philosophical Magazine , 39 , 611-625 (1920)

[24] F.W. Aston Isotopes . London :Edward Arnold &co . (1922)

[25] F.W. Aston Proc . R . Soc . Lond A vol . 134 ، p . 571.(1932).

[26] F.W. Aston Proc . R . Soc . Lond A 1931 130 (1931).

[27] J .- L . Basdevant & al. Energie nucleaire . Les éditions de l ’ Ecole Polyechnique ISBN 2730209018.

[28] R . A. Serway &J .W. Jewett . Physique . De Boek . ISBN :2804171345.

[29] L . Kerwin . Atomic phsics : anintroduction . holt , Rinehart and Winston , 1963.

[30] C . Kittel . Dunod , phys . état solide . ISBN : 2100032674.

[31] .J.-P. Baïlon . Des matéraux . ISBN : 978-2-553-00770-5.

[32] L. Valentine . Hermann . Le monde subatomique : des quarks aux centrales nucléaires . ISBN 2705660437 .

[33] R.-D . Evans The Atomic Nucleus . Krieger pub co . ISBN 0898744148.