فيزياء النواة:

٧-١: بنية النواة وخصائصها

اقترح العالم رذرفور في العام ١٩١١م نموذجاً للذرة افترض فيه أن الذرة تتكون من نواة تتركز فيها الشحنة الموجبة وإلكترونات سالبة تدور حولها، وسيكون تركيزنا في هذا الفصل على مكونات النواة وما هي الجسيمات المكونة لها.

أكتشافات مهمة في مكونات النواة :

اولاً : أكتشاف البروتون p :

قام رذرفورد بقذف غاز النيتروجين بجسيمات ألفا (أنوية الهيليوم) فانبعثت جسيمات موجبة الشحنة اسماها بروتونات.

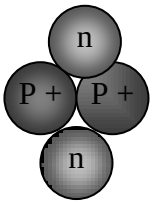
ثانياً: أكتشاف النيوترون n :

قام العالم شادويك بقذف صفيحة من البيريليوم بجسيمات ألفا فانبعثت منها جسيما متعادلة كتلة الواحد منها مقاربة لكتلة البروتون أسماها نيوترونات.

على ضوء ذلك تم افتراض أن النواة تتكون من نيوترونات وبروتونات

١) نموذج النواة:

لنأخذ مثلاً نواة الهيليوم He:



تتكون من بروتونين ونيوترونين، لذلك فإن شحنتها ستساوي شحنة بروتونين أي (+٢) وكتلتها ستساوي كتلة (٢ بروتون) وكتلة (٢ نيوترون)، وللتعبير عن الأنوية كتبت شحنة النواة كرقم صغير للأسفل من رمز النواة وكتب مجموع عدد البروتونات والنيوترونات كرقم صغير للأعلى منها كما يلي ($_{2}^{4}He$)

حيث يشير الرقم (٤) إلى عدد البروتونات وعدد النيوترونات وسمي بالعدد الكتلي، ويشير العدد (٢) إلى شحنة النواة ويسمى العدد الذري وهو يساوي عدد البروتونات في النواة.

بشكل عام تكتب أي نواة على الصورة $_{Z}^{A}X$ **حيث** A : العدد الكتلي و Z: العدد الذري (شحنة النواة)

عدد النيوترونات = العدد الكتلي – العدد الذري
N = A - Z

X A = العدد الكتلي : عدد البروتونات + عدد النيوترونات

Z = العدد الذري = عدد البروتونات

حيث يطلق على كل من البروتون والنيوترون اسم (النيوكليون)

س١ : لنواة الصوديوم التالية $_{11}^{23}Na$ ، ما هو
١-العدد الكتلي ٢ – العدد الذري ٣- عدد البروتونات ٤- عدد النيوترونات في النواة

١- العدد الكتلي= عدد النيوكليونات = ٢٣ ٢ – العدد الذري = ١١

٣- عدد البروتونات = ١١ بروتون ٤- عدد النيوترونات = ٢٣-١١ = ١٢ نيوترون

وتتكون نواة الصوديوم $_{11}^{23}Na$ من (**٢٣**) **نيوكليون** وهو يساوي عددها الكتلي.

النظائر: النظائر هي ذرات للعنصر الواحد يتساوى عددها الذري وتختلف في عددها الكتلي أي أنها تختلف في عدد نيوتروناتها.

النواة	العدد الذري Z	عدد البروتونات	العدد الكتلي A	عدد النيوترونات	عـــــــــدد النيوكليونات
$^{14}_{6}C$	٦	٦	١٤	٨=٦-١٤	١٤
$^{13}_{6}C$	٦	٦	١٣	٧=٦-١٣	١٣
$^{12}_{6}C$	٦	٦	١٢	٦=٦-١٢	١٢
$^{11}_{6}C$	٦	٦	١١	٥=٦-١١	١١
وتتشابه في الخصائص الكيميائية وتختلف في الخصائص الفيزيائية					

٢ وحدة الكتلة الذرية: (و.ك.ذ)

للتعبير عن كتل الأنوية تم تعريف وحدة جديدة مناسبة لكتل الأنوية الصغيرة تسمى **وحدة الكتلة الذرية** رمزها(و ك ذ)،

تعريف وحدة الكتلة الذرية : هي كتلة تساوي $\frac{1}{12}$ من كتلة نظير الكربون $^{12}_{6}C$ وتساوي ١,٦٦×١٠$^{-٢٧}$ كغم.

أمثلة :

كتلة البروتون = ١,٦٧٢٦٢×١٠$^{-٢٧}$كغ = $\frac{١,٦٧٢٦٢ \times ١٠^{-٢٧}}{١,٦٦ \times ١٠^{-٢٧}}$ = ١,٠٠٧٢٧٦ و ك ذ.

كتلة النيوترون = ١,٦٧٤٩٣×١٠$^{-٢٧}$كغ = $\frac{١,٦٧٤٩٣ \times ١٠^{-٢٧}}{١,٦٦ \times ١٠^{-٢٧}}$ = ١,٠٠٨٦٦٥ و ك ذ.

كتلة الإلكترون = ٩,١×١٠$^{-٣١}$كغ = $\frac{٩,١ \times ١٠^{-٣١}}{١,٦٦ \times ١٠^{-٢٧}}$ = ٥,٤٨×١٠$^{-٤}$ و ك ذ.

وحدة الطاقة المستخدمة في فيزياء النواة هي **مليون إلكترون فولت وهي تساوي ١٠^{٦} × ١,٦×١٠$^{-١٩}$ جول**

٣) مكافئ الكتلة والطاقة:

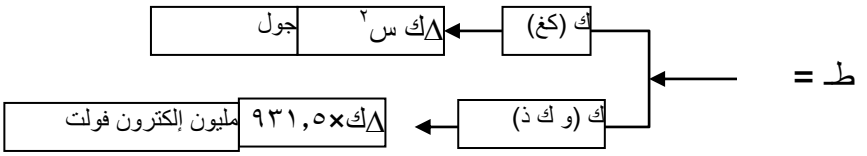
تحسب الطاقة الناتجة من تحول الكتلة إلى طاقة من قانون أينشتين ط=Δك س^{٢} وهي تعبر عن مكافئ الكتلة من الطاقة.

س١: احسب الطاقة الناتجة عن تحول كتلة مقدارها (١) وحدة كتلة ذرية من اليورانيوم إلى طاقة

ط=Δك س^{٢} = ١,٦٦×١٠$^{-٢٧}$ ×(٣×١٠^{٨})^{٢} = ١٤,٩٤ ×١٠$^{-١١}$ جول (نحولها إلى إلكترون فولت بالقسمة على ١,٦×١٠$^{-١٩}$)

$\frac{١٤,٩٤ \times ١٠^{-١١}}{١,٦ \times ١٠^{-١٩}}$ = ٩٣١,٥×١٠^{٦} إلكترون فولت = ٩٣١,٥ مليون إلكترون فولت.

ملاحظة : أن الطاقة الناتجة من تحول (١ وك ذ) تساوي ٩٣١,٥ مليون إلكترون فولت



س٢ : احسب الطاقة الناتجة عن تحول كتلة مقدارها (٣) و ك ذ إلى طاقة:

ط = الكتلة (و ك ذ) ×٩٣١,٥ = ٣ ×٩٣١,٥ = ٢٧٩٤,٥ مليون إلكترون فولت. (تستخدم هذه العلاقة إذا كانت الكتلة و ك ذ)

٤- شكل النواة

س٣ : لقد وجد أن النواة كروية الشكل، فكيف يتناسب نصف قطرها مع عددها الكتلي

يتناسب نصف قطر النواة مع المجذر التكعيبي للعدد الكتلي.

نق = نق. $\sqrt[3]{A}$ ، حيث A العدد الكتلي ونق. ثابت ويساوي نق. = ١,٢ ×١٠^-١٥ م

س٤ : احسب نصف قطر نواة الهيليوم ($^{27}_{13}Al$) ونواة الليثيوم ($^{8}_{3}Li$)

نق (Al) = نق. $\sqrt[3]{A}$ = ١,٢×١٠^-١٥ × $\sqrt[3]{٢٧}$ = ٣,٦×١٠^-١٥ م،

نق (Li)= نق. $\sqrt[3]{A}$ = ١,٢×١٠^-١٥ × $\sqrt[3]{٨}$ = ٢,٤×١٠^-١٥ م

معلومة: كثافة النواة ثابتة لنوى العناصر جميعها، أي أن جميع الأنوية متساوية في الكثافة.

سؤال ٥ : لتعليل أن كثافة النواة ثابتة لنوى جميع العناصر

أ) جد تعبيراً رياضياً لكتلة النواة

ب) جد تعبيراً رياضياً لحجم النواة.

جـ) جد كثافة النواة.

أ) ك = ك$_{نيوكليون}$ A = ثابت A

ب) ح = $\frac{٤}{٣}$ π نق^{٣} = $\frac{٤}{٣}$ π (نق. $\sqrt[3]{A}$)^{٣} = $\frac{٤}{٣}$ π A نق.^{٣} = ثابت A

جـ) تحسب الكثافة من القانون ث = $\frac{ك}{ح}$ = $\frac{\text{ثابت} \times A}{\text{ثابت} \times A}$ = ثابت

نلاحظ أن الكثافة لا تعتمد على العدد الكتلي أو العدد الذري وبالتالي فإن جميع نوى العناصر لها نفس الكثافة.

٧- ٢ : استقرار النواة :

* تحتوي النواة على بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة الشحنة، تؤثر البروتونات في بعضها البعض بقوة تنافر كهربائية تعمل على ابعادها عن بضها البعض، فلو كانت القوة الكهربائية هي القوة الوحيدة التي تؤثر على النيوكليونات داخل النواة لتنافرت البرتونات ولما كان هناك نوى مستقرة، لذلك لا بد من وجود قوة تجاذب أكبر من قوة التنافر الكهربائي حتى لا تتفكك النواة، وقوة التجاذب هذه تسمى **القوة النووية**.

يوجد داخل النواة قوتان رئيستان تؤثران في النيوكليونات، أولاهما قوة التنافر الكهربائي بين البروتونات وثانيهما قوة التجاذب النووي بين النيوكليونات.*فإن كانت القوة النووية هي القوة السائدة تكون النواة مستقرة. أما إن كانت قوة التنافر الكهربائي هي الأكبر فإن النواة تكون غير مستقرة.*

لنتعرف الآن على خصائص القوة النووية :

١) قوة تجاذب كبيرة جداً.

٢) قوة قصيرة المدى: عندما تكون المسافة بين النيوكليونين أقل من (٢×١٠$^{-١٥}$م) فإن القوة النووية تبلغ (١٠٠) ضعف القوة الكهربائية، بينما تنعدم عندما تصبح المسافة (٣×١٠$^{-١٥}$ م)

البعد بين البروتونين حوالي(٢×١٠$^{-١٥}$م) البعد بين البروتونين أكبر من (٣×١٠$^{-١٥}$م)

٣) لا تعتمد على نوع النيوكليون، حيث تكون ما بين بروتون وبروتون ونيوترون وبروتون ونيوترون ونيوترون.

دور البروتون في القوى داخل النواة :

بما أن شحنة البروتون موجبة فوجود البروتون داخل النواة يسهم في كلا القوتين قوة التنافر الكهربائي وقوة التجاذب النووي.

دور النيوترون في القوى داخل النواة :

بما أن النيوترون متعادل فوجوده ا داخل النواة يسهم في قوة التجاذب النووي أي أن له دوراً في استقرار النواة دون أن يكون له دور في قوى التنافر.

نتيجة مهمة :

من أهم العوامل المؤثرة في استقرار النوى عدد النيوترونات الموجود فيها، ولإن النيوترونات متعادلة كهربائياً فلا تسهم في قوة التنافر الكهربائي وحتى تكون القوة النووية هي السائدة لابد من وجود عدد مناسب من النيوترونات في النواة لأنها تشكل عاملاً مهماً في استقرار النواة.

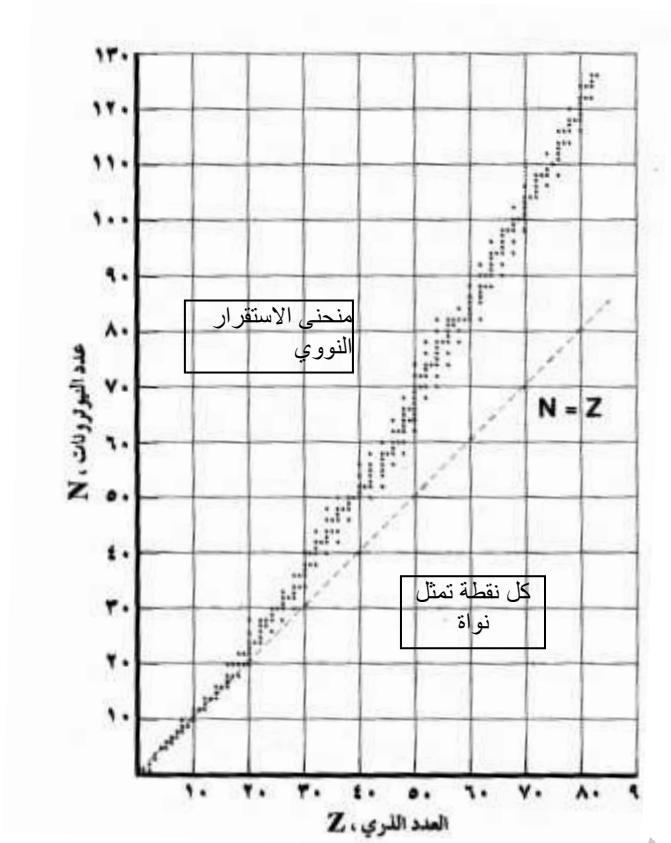
تصنف النوى إلى

١) نوى مستقرة وهي حوالي (٢٧٠) نواة. وهي نوى تبقى على حالها ولا تتحول إلى نوى أخرى.

٢) غير مستقرة (وعددها بالمئات). وهي نوى قد تتحول إلى نوى أخرى بعد فترة زمنية معينة قد تطول أو تقصر.

منحنى الاستقرار النووي:

لدراسة النوى المستقرة رسمت العلاقة بين العدد الذري وعدد النيوترونات للنوى المستقرة فكانت كما في الشكل ماذا ويلاحظ منه



١) تتجمع النوى الخفيفة (Z <٢٠) المستقرة على الخط الذي يتساوى فيه عدد البروتونات مع عدد النيوترونات.

٢) في النوى الثقيلة المستقرة يكون عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات.

٣) لا يوجد نوى مستقرة عددها الذري أكبر من ٨٢.

س١ : علل: في النوى الثقيلة المستقرة يكون عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات.

للنيوترون دور مهم في استقرار النوى. ففي النوى الثقيلة يكون عدد البروتونات كبير وقوة التنافر الكهربائية كبيرة وكي تبقى قوة التجاذب النووي هي السائدة (الأكبر) فإن هذا يتطلب عدد أكبر من النيوترونات. فبزيادة عدد النيوترونات تزداد القوة النووية دون أن تزداد قوة التنافر الكهربائية لأنها متعادلة كهربائياً، **وعند نسبة معينة بين عدد النيوترونات والبروتونات** تكون النواة مستقرة.

س٢ : علل : نوى العناصر التي يزيد عددها الذري عن(٨٢) تكون غير مستقرة.

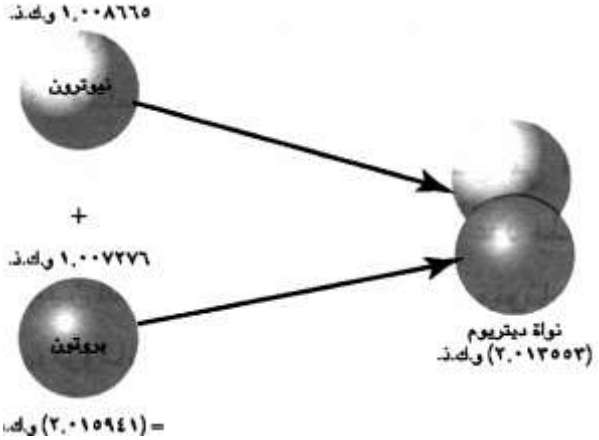
في هذه النوى يكون عدد البروتونات كبيراً وتزداد القوة الكهربائية كثيراً وبالتالي فالزيادة في عدد النيوترونات لن يستطيع التعويض عن الزيادة الكبيرة في القوة الكهربائية.

٧-٣: طاقة الربط النووية:

إن القوة النووية قوة هائلة لذلك فإن فصل مكونات النواة يحتاج إلى طاقة كبيرة جداً تسمى طاقة الربط النووية.

منشأ طاقة الربط النووية: تنتج من تحول جزء من كتلة مكونات النواة (البروتونات والنيوترونات) إلى طاقة.

لتوضيح ذلك انظر الشكل المقابل:



إن مجموع كتلة البروتون والنيوترون وهي منفصلة هو (٢,١٥٩٤١و ك ذ) بينما كتلة نواة الديتريوم أصبحت ٢,٠١٣٥٥٣ و ك ذ هذا يعني أن البروتون والنيوترون فقدا حوالي (Δك = ٠,٠٠٢٣٨٨ و ك ذ)من كتلتهما وفرق الكتلة هذا تحول إلى طاقة تربطهما معاً.

وفرق الكتلة هذا يمثل الطاقة التي يجب أن نزود النواة بها **لفصل مكونات النواة عن بعضها**.

بشكل عام:

Δك = (N ك ن + Z ك ب – ك نواة) (و ك ذ)

حيث كب : كتلة البروتون السكونية (وهو منفصل) كن : كتلة النيوترون السكونية (وهو منفصل)

N: عدد النيوترونات Z : عدد البروتونات (العدد الذري)

وتحسب طاقة الربط النووية من العلاقة : ط الربط = Δك × ٩٣١,٥ (مليون إلكترون فولت)

لاحظ: أنه لحساب أي طاقة في فيزياء النواة يجب حساب (Δك) أولاً ثم تطبيق قانون الطاقة (ط = Δك × ٩٣١,٥)

طاقة الربط النووية : الطاقة اللازمة لفصل مكونات النواة عن بعضها البعض.

سؤال١ : لنواة الأكسجين ($^{16}_{8}O$) احسب

١ – طاقة الربط النووية (بالمليون إلكترون فولت)

٢- طاقة الربط النووية لكل نيوكليون

كتلة نواة الأكسجين = ١٦ و.ك.ذ علماً بأن كتلة البروتون = ١,٠٠٧٢٧٦ و.ك.ذ وكتلة النيوترون = ١,٠٠٨٦٦٥ و.ك.ذ

١) Δك = (مجموع كتلة النيوترونات والبروتونات – كتلة النواة)

= (Z كب + N كن– ك نواة)

= (٨×١,٠٠٧٢٧+٨×١,٠٠٨٦٦ - ١٦)= ٠,١٢٧٤٤ و.ك.ذ

طاقة الربط = (Z كب + N كن– ك نواة) × ٩٣١

= Δك × ٩٣١ = ٠,١٢٧٤٤×٩٣١ = ١١٨,٦ مليون إلكترون فولت

٢ - معدل طاقة الربط النووية /نيوكليون = ١١٨,٦/ ١٦ = ٧,٤١٣ مليون إلكترون فولت

س٢ : احسب طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لنواة الحديد ($^{56}_{26}Fe$) حيث كتلة نواة الحديد (٥٥,٩٢٠٦) و ك ذ

Δ ك= (Z كب + N كن– ك نواة) = (٢٦×١,٠٠٧٢٧ + ٣٠×١,٠٠٨٦٦ – ٥٥,٩٢٠٦) = ٠,٥٢٨٥٢٦ و ك ذ.

ط الربط = Δ ك×٩٣١,٥ = ٠,٠٥٢٨٥٢٦ ×٩٣١,٥ = ٤٩٢ مليون إلكترون فولت.

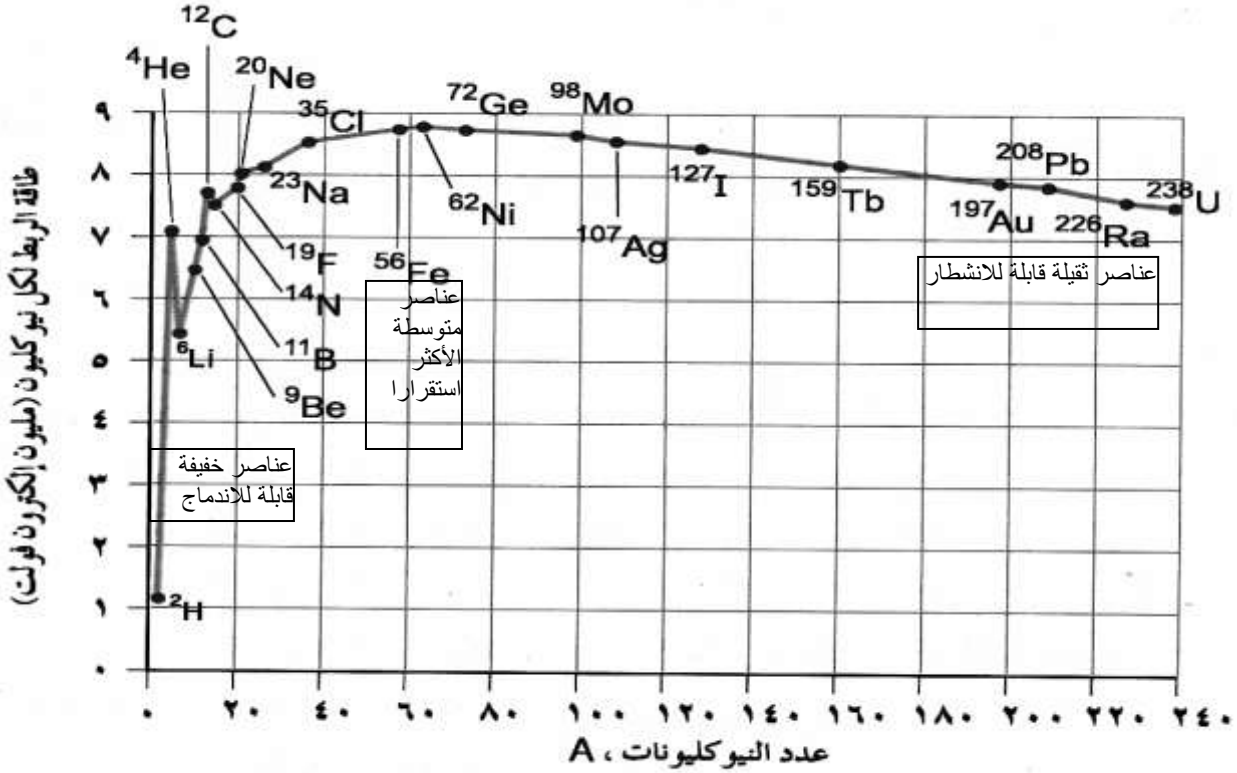
ط الربط لكل نيوكليون = طاقة الربط النواة / عدد نيوكليونات = ٤٩٢ / ٥٦ = ٨,٧٩ مليون إلكترون فولت / نيوكليون.

لاحظ أن طاقة الربط لكل نيوكليون للحديد أعلى منها للأكسجين وهذا يدل على أن نواة الحديد أكثر استقراراً من نواة الأكسجين.

دلالة طاقة الربط لكل نيوكليون: كلما زادت طاقة الربط لكل نيوكليون زاد استقرار النواة

طاقة الربط لكل نيوكلين:

لقد اتضح مما سبق أنه كلما زادت طاقة الربط لكل نيكليون زاد استقرار النواة، ولراسة طاقة الربط لكل نيوكليون تم حسابها لجميع النوى ثم مثلت برسم بياني مع العدد الكتلي كما في الشكل:



الشكل (٧-٣): العلاقة بين طاقة الربط النووية لكل نيوكليون والعدد الكتلي.

نلاحظ من الشكل ما يلي:

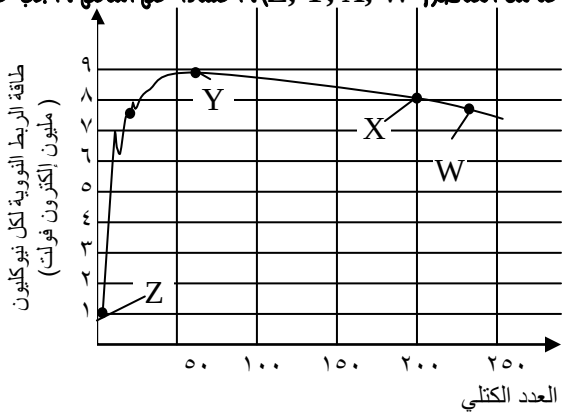
١) تزداد بزيادة العدد الكتلي حتى تصل قيمة عظمى لها (حول العدد الكتلي ٦٠)

٢) لها قيمة عظمى حول العدد الكتلي (٦٠)، وهي لنواة النيكل وتساوي (٨,٨) مما يعني أن النوى الأكثر استقراراً هي النوى التي يكون عددها الكتلي أقرب للعدد (٦٠) أي النوى المتوسطة.

كلما اقترب العدد الكتلي للنواة من العدد (٦٠) زادت طاقة الربط النووية نيوكليون وزاد استقرار النواة.

٣) عندما يصبح العدد الكتلي أكبر من ٦٠ فإن طاقة الربط لكل نيوكليون تتناقص بشكل بسيط.

س٣ : يمثل المنحنى المجاور العلاقة بين طاقة الربط النووية لكل نيوكليون والعدد الكتلي لمجموعة من العناصر(Z, Y, X, W)، اعتماداً على المنحنى ، أجب عن الأسئلة التالية



١ – أي هذه العناصر أكثر استقراراً ؟ ولماذا؟

٢ – أي هذه العناصر أكثر قابلية للانشطار ،

وأيها أكثر قابلية للاندماج عند إحداث تفاعل نووي

٣ – احسب طاقة الربط لنواة العنصر (X) .

١- العنصر الأكثر استقراراً هو (Y) لأن العنصر Y يمتلك أكبر معدل طاقة ربط نووي لكل نيوكليون وزيادة معدل طاقة الربط تزيد من استقرار العنصر.

٢- العنصر W أكثر قابلية للانشطار. و العنصر Z أكثر قابلية للاندماج .

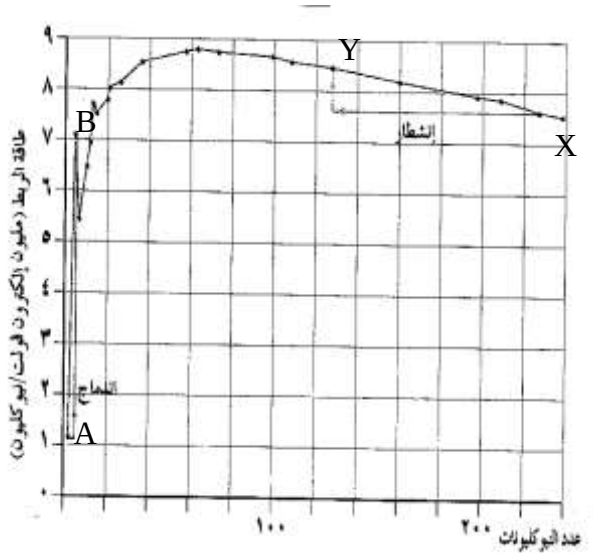
٣ - لحساب طاقة الربط للعنصر X من المنحنى مباشرة حيث:

ط (ربط) لـ X/نيوكليون = ٨ مليون إلكترون فولت/نيوكليون

طاقة الربط = معدل طاقة الربط لكل نيوكليون × العدد الكتلي = ٨ × ٢٠٠ = ١٦٠٠ MeV

العناصر التي على يمين المنحنى تمثل نوى العناصر الثقيلة وتمتاز بأنها قابلة للانشطار إلى نواتين متوسطتين لهما طاقة ربط أعلى من النواة الأصلية أما العناصر التي تقع على يسار المنحنى تمثل النوى الخفيفة وتمتاز بأنها قابلة للاندماج النووي لتكوين نواة لها طاقة ربط أعلى وأكثر استقراراً.

لتوضيح ذلك دعنا ندرس المثال التالي:



س٥)

أ– لنفرض أن النواة (X) انشطرت لتعطي نواتين من (Y)، قارن بين طاقة الربط لكل نيكليون للنوى الناتجة من الانشطار (Y) بطاقة الربط بالنواة الأصلية (X)

جواب: طاقة الربط للنوى الناتجة أكبر من طاقة الربط للنواة الأصلية

ب– لنفرض أن نواتين من () اندمجتا لتكونا النواة ( )، قارن بين طاقة الربط لكل نيكليون للنواة الناتجة من الاندماج بالنوى الأصلية:

جواب: طاقة الربط للنواة الناتجة أكبرمن طاقة الربط للنوى الأصلية

ج–تفاعل الاندماج عكس تفاعل الانشطار فكيف تفسر انبعاث طاقة في الحالتين؟:

جواب: لأنه في الحالتين تكون طاقة الربط للنوى الناتجة أكبر من الأصلية وهذا يعني أن للنوى الناتجة كتلة أقل من الأصلية .أي في كلا التفاعلين يوجد نقص في الكتلة تحول إلى طاقة .

د–في أي الحالتين تنبعث طاقة أكبر لكل نيوكليون: **جواب:** في تفاعل الاندماج النووي

هـ- قدر الطاقة المنبعثة بالإلكترون فولت إذا انقسمت نواة عددها الكتلي (٢٠٠) إلى نواتين العدد الكتلي لكل منها (١٠٠)

$^{200}X \rightarrow {}^{100}Y + {}^{100}Y$ لاحظ أن العدد الكتلي للنوى الناتجة أقرب للعدد (٦٠) أي أنها أكثر استقراراً

الفرق في الطاقة لكل نيوكليون = ٨,٥-٨ = ٠,٥ مليون الكترون فولت /نيوكليون من الشكل

وبما أن عدد النيوكليونات الكلي =٢٠٠ ، إذا : ط= ٠,٥ ×٢٠٠ = ١٠٠ مليون الكترون فولت .

٧-٤: النشاط الإشعاعي :

خطأ أحدث فرقاً كبيراً: في مطلع عام (١٨٩٦) اكتشف العالم هنري بيكرل ظاهرة النشاط الإشعاعي الطبيعي. حيث لاحظ بيكرل أن ألواح فوتوغرافية ملفوفة بورق أسود قد اسودت عند تعرضها لأملاح اليورانيوم، سواء تعرضت لأشعة الشمس أم لا مما يعني أن ملح اليورانيوم يصدر إشعاعات خاصة به.

وبعد ذلك اكتشفت ماري كوري وزوجها بيير كوري عنصرين جديدين لهما نفس النشاط الإشعاعي.

تبين أن مصدر هذه الإشعاعات نوى غير مستقرة، تشع هذه الإشعاعات لتتحول إلى نوى أقل كتلة وأكثر استقراراً (طاقة ربط أعلى /نيوكليون)، والنوى التي تشع يقال لها **اضمحلت**.

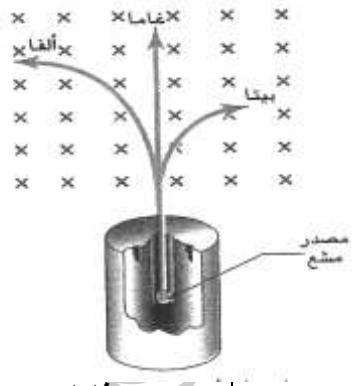
وهذه الإشعاعات ثلاثة أنواع

١ ألفا α : أنوية ذرات الهيليوم $^{4}_{2}He^{+2}$ ، موجبة الشحنة وكتلتها كبيرة. عددها الذري (٢) وكتلتها الذرية (٤)

٢ بيتا β :وهي عبارة عن إلكترونات (e^{-}) أو $^{0}_{-1}e$ عددها الذري (- ١) وكتلتها الذرية (٠).

٣ غاما γ : وهي عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية(فوتونات) ذات طاقة عالية (تردد عالٍ جداً)

كيفية التمييز بين الاشعاعات: بوضع خام مشع في صندوق من الرصاص كما في الشكل، وإدخالها في مجال مغناطيسي:



لا حظ أن نصف قطر مسار أشعة ألفا أكبر من نصف قطر مسار أشعة بيتا

يستخدم جهاز يسمى عداد غايغر للكشف عن الإشعاعات النووية.

ومن الخصائص المميزة لهذه الإشعاعات القدرة على التأين والقدرة على النفاذ،

ويمثل الجدول التالي مقارنة بين الإشعاعات

	ألفا	بيتا	غاما
القدرة على التأيين	عالية بسبب كتلتها الكبيرة وشحنتها الكبيرة	متوسطة	منخفضة
القدرة على الاختراق	قليلة ، (في الهواء بين ٢,٥سم إلى ٨سم)	١٠٠٠ ضعف قدرة ألفا	هائلة
الكتلة	كتلة نواه الهيليوم (كبيرة)	كتلة إلكترون	ليس لها كتلة
الشحنة	موجبة، شحنة نواة الهيليوم	شحنة إلكترون	ليس لها شحن

سؤال ١ : علل لكل مما يلي

١ – قدرة ألفا على تأيين الغاز الذي تمر به عالية: لأن كتلتها كبيرة وشحنتها كبيرة مما يجعل احتمال تصادمها مع الوسط كبيرة.

٢ – قدرة جسيمات ألفا على النفاذ قليلة: لأن قدرتها على التأيين عالية حيث كتلتها كبيرة نسبياً وكذلك شحنتها فتفقد طاقتها بسرعة بسبب التصادمات العديدة مع ذرات الغاز.

خطر الإشعاعات النووية: يكمن خطرها في القدرة على التأيين، الذي يسبب تفاعلات كيميائية تؤدي إلى تخريب أنسجة الخلايا في جسم الكائن الحي وتحول الخلايا السليمة إلى خلايا سرطانية.

يعتمد مقدار الضرر البيولوجي على : نوع الاشعاع ومقدار طاقته، والعضو المعرض له.

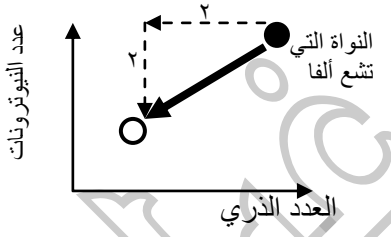
سؤال ٢ : كيف تفسر ما يأتي : حينما يتعرض جسم انسان لأشعة ($\alpha، \beta، \gamma$) من المواد المشعة فإن أضرار الأشعة تعزى لأشعة بيتا وجاما، بينما إن أصبح مصدر الإشعاع داخل الجسم عن طريق تناول مواد مشعة فإن مصدر الخطر يعزى لأشعة ألفا.

أ– لأن لجسيمات ألفا أقل قدرة على الاختراق إذ لا تتمكن من اختراق الطبقات الخارجية من البشرة فلا تتمكن من الوصول إلى أعضاء الجسم الداخلية

ب– ألفا . بما أن الخطر الحقيقي للأشعة يكمن في قدرتها على التأيين وأشعة ألفا لها أكبر قدرة على التأيين فهي الأخطر .

١- اضمحلال ألفا:

تضمحل بعض النوى المشعة بإطلاق جسيمات ألفا منها ويطلق على هذه العملية اسم اضمحلال ألفا($^{4}_{2}He^{+2}$)، لاحظ أن عدده الكتلي (٤) وعدده الذري (٢)، لذلك فإن العدد الكتلي للنواة التي أطلقت ألفا سيقل بمقدار (٤) والعدد الذري سيقل بمقدار (٢)، أو يقل عدد البروتونات بمقدار (٢) ويقل عدد النيوترونات بمقدار (٢) والمعادلة العامة لاضمحلال ألفا



$$^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^{4}_{2}\alpha$$

ومن الأمثلة على ذلك نواة ($^{226}_{88}Ra$) حيث أنها أحد باعثات ألفا.

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}\alpha$$

س١ : تمثل المعادلة التالية اضمحلال نواة اليورانيوم باعثة جسيم ألفا ومتحولة إلى نواة الثوريوم.

$$^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}\alpha$$

فإذا علمت أن كتلة نواة اليورانيوم ٢٣٢,٠٣٧١٣١ و ك ذ، وكتلة نواة الثوريوم ٢٢٨,٠٢٨١٧ و ك ذ، وكتلة جسيم الفا ٤,٠٠٢٦٠٢ و ك ذ، فأجب عن الأسئلة التالية:

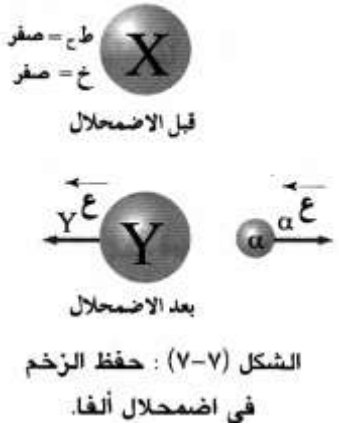
١ - احسب فرق الكتلة

٢ - احسب الطاقة الناتجة عن فرق الكتلة، وبين أين ذهبت.

١) Δك =كتلة($^{232}_{92}U$) – (كتلة $^{228}_{90}Th$ + كتلةα) = 232.037131- (٢٢٨,٠٢٨١٧ + ٤,٠٠٢٦٠٢) = ٠,٠٠٥٨١٣ و ك ذ

٢) ط = ٠,٠٠٥٨١٣ × ٩٣١,٥ = ٥,٤ مليون إلكترون فولت. وقد ذهبت الطاقة إلى طاقة حركية للثوريوم ولجسيم ألفا.

س٢ : تمثل المعادلة التالية معادلة اضمحلال الفا، $^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^{4}_{2}\alpha$ اعتماداً على المعادلة



الشكل (٧-٧) : حفظ الزخم في اضمحلال ألفا.

١) اثبت أن سرعة جسيم ألفا تساوي $ع_{\alpha} = \frac{ك_Y \, ع_Y}{ك_{\alpha}}$ بالاعتماد على مبدأ حفظ الزخم.

٢) طبق المعادلة في الفرع (١) على تفاعل اضمحلال اليورانيوم.

١) تكون النواة الأصلية (X) ساكنة، وحتى يبقى الزخم محفوظاً فإن النواة الناتجة (Y) والجسيم ألفا يتحركان باتجاهين متعاكسين.

خ متفاعلة = خ ناتجة

$ك_X \, ع_X = ك_{\alpha} \, ع_{\alpha} - ك_Y \, ع_Y$ لكن $ع_X = ٠$

ومنه $ك_{\alpha} \, ع_{\alpha} = ك_Y \, ع_Y$ ومنه $ع_{\alpha} = \frac{ك_Y \, ع_Y}{ك_{\alpha}}$

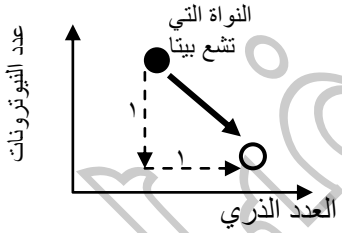
٢) $ع_{\alpha} = \frac{ع_{Th} \times ٢٢٨,٠٢٨١٧}{٤,٠٠٢٦٠٢} = ٥٧ \, ع_{Th}$ أي أن الجسيم ذو الكتلة الأصغر تكون سرعته أكبر.

وينتج أن $ط_{\alpha} = ٥٧ \, ط_{Th}$، لاحظ أن معظم الطاقة الحركية تكون مع جسيم ألفا. وقد لوحظ أن جسيمات ألفا المنبعثة من نواة العنصر الواحد تحمل مقادير محددة من الطاقة

٢- اضمحلال بيتا:

بعض النوى غير المستقرة تتحول إلى نواة أكثر استقراراً عن طريق بعث جسيم بيتا وتسمى هذه العملية اضمحلال بيتا حسب المعادلة التالية

$$^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A}_{Z+1}Y + ^{0}_{-1}e$$



لاحظ أن العدد الكتلي بقي ثابتاً، أما العدد الذري فقد زاد واحداً، مما يعني أن عدد البروتونات في النواة الناتجة قد زاد، وعدد النيوترونات قد قل كما هو واضح في الشكل على اليسار.

اكتشاف ضديد النيوترونو:

عند تطبيق قانون حفظ (الطاقة –كتلة) وقانون حفظ الزخم وحفظ العدد الذري والكتلي وجد أن معادلة اضمحلال بيتا التالية

$^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A}_{Z+1}Y + ^{0}_{-1}e$ الزخم والطاقة غير محفوظين

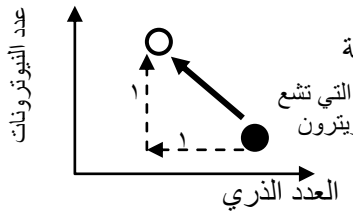
تحقق قانون حفظ العدد الذري والعدد الكتلي، لكنها لا تحقق قانون حفظ (الطاقة –كتلة) وحفظ الزخم لذلك اقترح العالم باولي إضافة جسيم يحمل الطاقة الضائعة أطلق عليه **اسم ضديد نيوترينو** $\overline{\nu}$ (جسيم صغير غير مشحون)، ثم اثبتت التجارب وجوده عملياً.

$$^{1}_{0}n \rightarrow ^{1}_{1}P + ^{0}_{-1}e + \overline{\nu}$$ (تحقق حفظ الزخم والطاقة)

س١ : علل: انبعاث جسيمات بيتا (إلكترونات) من النواة رغم أن الإلكترون ليس من مكونات النواة:

ينبعث جسيم بيتا من النواة بسبب تحلل أحد نيوترونات إلى بروتون وإلكترون (بيتا) والذي بدوره لا يستقر في النواة بل يخرج منها على شكل إشعاع حسب معادلة تحلل النيوترون التالية $^{1}_{0}n \rightarrow ^{1}_{1}P + ^{0}_{-1}e + \overline{\nu}$

اضمحلال البوزيترون e^+:



وهو جسيم موجب له كتلة الإلكترون أو عبارة عن إلكترون موجب، ويضمحل حسب المعادلة التالية

$${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e + \nu$$ ويمثل الشكل نواة تشع بوزيترون.

حيث يقل العدد الذري بمقدار (١) والعدد الكتلي يبقى ثابتاً، وينتج البوزيترون من تحلل البروتون.

معادلة تحلل البروتون $$\boxed{{}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e + \nu}$$

أمثلة على انبعاث بيتا وانبعاث البوزيترون.

$${}^{12}_{5}B \rightarrow {}^{12}_{6}C^{*} + \beta^{-} + \bar{\nu}$$

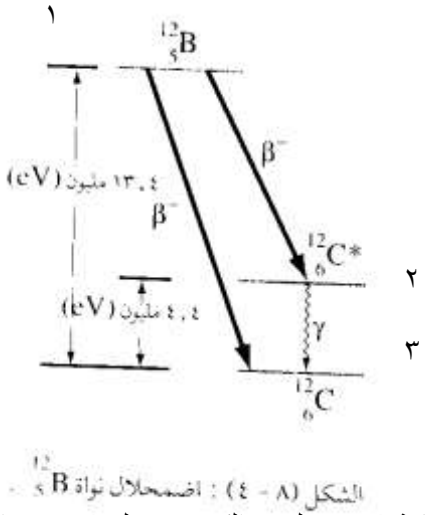
$${}^{13}_{7}N \longrightarrow {}^{13}_{6}C + {}^{0}_{+1}e + \nu$$

٣- اضمحلال غاما:

السؤال الآن كيف تنبعث جاما من الأنوية؟. عندما تبعث أحد النوى جسيم بيتا او الفا فإن النواة الناتجة غالباً ما تكون في مستوى إثارة (غير مستقرة)، وحتى تصبح هذه النواة مستقرة فإنها تتخلص من الطاقة الزائدة على شكل اشعاع غاما، فتنبعث أشعة غاما وتنتقل النوى إلى مستوى الاستقرار.

لقد وجد أن أشعة غاما تكون مصاحبة لانبعاث جسيم بيتا أو ألفا، فمثلاً تكون نواة البورون(${}^{12}_{5}B$) غير مستقرة، وقد تنحل بأحد طريقتين، الأولى أن تنحل إلى نواة الكربون(${}^{12}_{6}C$) المستقرة (من ١ إلى ٣) مباشرة مطلقة بذلك جسيم بيتا بطاقة (١٣,٤ مليون إلكترون فولت)، حسب التفاعل النووي التالي

$${}^{12}_{5}B \rightarrow {}^{12}_{6}C + \beta^{-} + \bar{\nu} \quad (134Mev)$$ طاقته



الشكل (٨ - ٤) : اضمحلال نواة $^{12}_{5}B$

والثانية آن تنحل إلى نواة الكربون غير المستقر(${}^{12}_{6}C^{*}$) (من ١ إلى ٢) مطلقة بذلك جسيم بيتا بطاقة (٩ مليون إلكترون فولت)،حسب المعادلة التالية

$${}^{12}_{5}B \rightarrow {}^{12}_{6}C^{*} + \beta^{-} + \bar{\nu} \quad (9Mev)$$ طاقته

وهذه الأخيرة تعود إلى وضع الاستقرار (${}^{12}_{6}C$) بإشعاع أشعة غاما بطاقة (٤,٤ مليون إلكترون فولت) حسب المعادلة التالية

$${}^{12}_{6}C^{*} \rightarrow {}^{12}_{6}C + \gamma \quad (4.4Mev)$$ طاقته

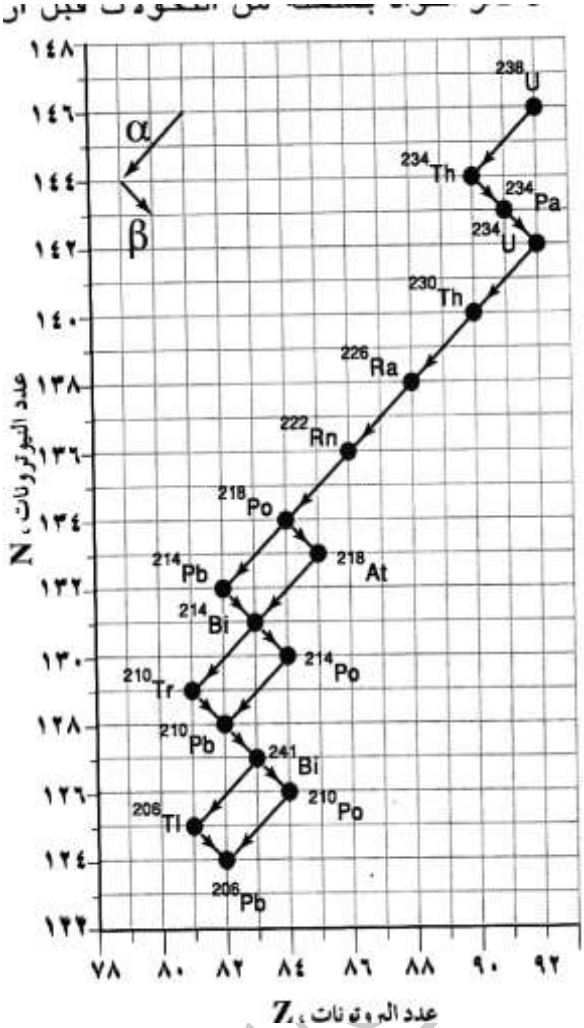
٧-٥: الاشعاع الطبيعي والاشعاع الصناعي

النشاط الاشعاعي الطبيعي:

سلاسل الاضمحلال: مجموعة العناصر المشعة التي يضمحل أحدها ليعطي عنصر آخر مشع بحيث تنتهي المجموعة بعنصر غير مشع.وسلاسل الاضمحلال هي سسلسلة اليورانيوم، وسلسلة الأكتينيوم، وسلسلة الثوريوم.

تنتهي جميع سلاسل الاضمحلال بأحد نظائر الرصاص المستقر.

يمثل الرسم البياني المجاور العلاقة مابين العدد الذري وعدد البروتونات لسلسلة اضمحلال اليورانيوم والتي تبدأ بنظير اليورانيوم $^{238}_{92}U$ ، حيث تبدأ بإشعاع جسيم ألفا لتعطي ($^{234}_{90}Th$) ثم يشع جسيم بيتا ليعطي $^{234}_{91}Pa$ وتستمر السلسلة حتى تصل لنواة ($^{218}_{84}Po$) ثم تتفرع وهنا نجد احتمالين ممكنين وتنتهي السلسلة بنظير الرصاص المستقر $^{206}_{82}Pb$.



النشـــاط الاشـــعاعي

لقد استطاع العلماء انتاج نظائر مشعة صناعياً عن طريق تفاعلات نووية:

التفاعلات النووية: تفاعلات يتم فيها تغيير خصائص النوى عن طريق قذفها بجسيمات صغيرة: مثل

$$^{1}_{1}H + {}^{19}_{9}F \rightarrow {}^{16}_{8}O + {}^{4}_{2}He$$

متفاعلة — ناتجة

ويعبر عن التفاعل النووي بالمعادلة التالية

$$a + X \rightarrow Y + b$$

a: قذيفة — X: النواة الهدف — Y: النواة الناتجة — b: الجسيم ناتج

وتخضع جميع التفاعلات النووية لمبادئ الحفظ التالية

١ - **قانون حفظ الشحنة**. العدد الذري مجموع الأعداد الذرية للمواد الناتجة = مجموع الأعداد الذرية للمواد المتفاعلة

٢ - **قانون حفظ العدد الكتلي**. مجموع الأعداد الكتلية للمواد الناتجة = مجموع الأعداد الكتلية للمواد المتفاعلة

٣ - قانون حفظ الزخم. زخم المواد الناتجة = زخم المواد المتفاعلة

٤ - **قانون حفظ (الطاقة – الكتلة)**.

طاقة المواد الناتجة + مجموع كتل المواد الناتجة = طاقة المواد المتفاعلة + مجموع كتل المواد المتفاعلة.

تحسب طاقة التفاعل (Q) بالعلاقة التالية:

Q = (مجموع كتل المواد المتفاعلة - مجموع كتل المواد الناتجة) × س^{2}

= ($ك_{a}$ + $ك_{X}$ - $ك_{Y}$ – $ك_{b}$) × س^{2} (جول) حيث تكون الكتلة بوحدة (كغ والطاقة بوحدة جول)

Q= ($ك_{a}$ + $ك_{X}$ - $ك_{Y}$ – $ك_{b}$) × ٩٣١,٥ حيث تكون الكتلة بوحدة (و ك ذ والطاقة مليون إلكترون فولت)

١)إذا كانت كتلة المواد الناتجة أقل من كتل المواد المتفاعلة فإن Q تكون موجبة ويسمى تفاعل طارد (منتج) للطاقة ويكون مجموع الطاقة الحركية للنوى الناتجة أكبر من مجموعها للنوى المتفاعلة .

٢) إذا كانت كتلة المواد الناتجة أكبر من كتل المواد المتفاعلة فإن Q تكون سالبة ويسمى تفاعل ماصاً للطاقة ويكون مجموع الطاقة الحركية للنوى الناتجة أقل من مجموعها للنوى المتفاعلة.

س١: $^{1}_{0}n + ^{10}_{5}B \longrightarrow ^{7}_{3}Li + ^{4}_{2}He$

احسب طاقة التفاعل بوحدة الإلكترون فولت .

عد كل من كتل الجسيمات أو أنوية الذرات الآتية في حالة السكون هي كما يلي :

$^{1}_{0}n$ = ١,٠٠٨٧ و.ك.ذ ، $^{10}_{5}B$ = ١٠,٠١٦٠ و.ك.ذ ، $^{7}_{3}Li$ = ٧,٠١٨٢ و.ك.ذ، $^{4}_{2}He$=٤,٠٠٢٦ و.ك.ذ

Q= ($ك_{a}$ + $ك_{X}$ - $ك_{Y}$ – $ك_{b}$) × ٩٣١,٥

= (١,٠٠٨٧+ ١٠,٠١٦٠ - ٧,٠١٨٢- ٤,٠٠٢٦) ×٩٣١,٥ = ٠,٠٠٣٩×٩٣١,٥ = ٣,٦ مليون إلكترون فولت.

ملاحظة إما أن تستخدم الطاقة والكتلة بوحدة و.ك.ذ أو بوحدة مليون إلكترون فولت

سؤال ٢ : في التفاعل النووي التالي احسب طاقة التفاعل، وهل هو طارد أم ماص للطاقة.

$$^{4}_{2}He + ^{9}_{4}Be \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$$

حيث ك(He) = ٤,٠٠٢٦ و.ك.ذ ك(Be) = ٩,٠١٥ و.ك.ذ ك(C) = ١٢,٠٠٣٩ و.ك.ذ ك(n) = ١,٠٠٨٧ و.ك.ذ

Q= ($ك_{a}$ + $ك_{X}$ - $ك_{Y}$ – $ك_{b}$) × ٩٣١,٥

= (٤,٠٠٢٦ +٩,٠١٥ - ١٢,٠٠٣٩ - ١,٠٠٨٩) ×٩٣١,٥ = ٠,٠٠٤٨×٩٣١,٥ = ٤,٤٧ مليون إلكترون فولت.

لاحظ أن Q موجبة مما يعني أن التفاعل طارد للطاقة.

س٣ : اعتماداً على التفاعل التالي: احسب طاقة التفاعل وهل هو ماص أم طارد للطاقة:

$$^{4}_{2}He + ^{27}_{13}Al \rightarrow ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n$$

علماً بأن كتلة $^{27}_{13}Al$ = ٢٦,٩٨١٥٣٩ و ك ذ، وكتلة $^{4}_{2}He$ = ٤,٠٠٢٦٠٣ و ك ذ، وكتلة $^{30}_{15}P$ = ٢٩,٩٧٨٣١٤ و ك ذ، وكتلة $^{1}_{0}n$ = ١,٠٠٨٦٦٥ و ك ذ.

Q= ($ك_{a}$ + $ك_{X}$ - $ك_{Y}$ – $ك_{b}$) × ٩٣١,٥

= (٢٥,٩٨١٥٣٩+٤,٠٠٢٦٠٣ – ٢٩,٩٧٨٣١٤ – ١,٠٠٨٦٦٥)×٩٣١,٥ = -٢,٦٤ مليون إلكترون فولت.

لاحظ أن Q سالبة مما يعني أن التفاعل ماص للطاقة هذا يعني أنه يجب تزويد القذيفة بطاقة مقدارها (٢,٦٤) مليون إلكترون فولت حتى يبدأ التفاعل.

إكمال المعادلات النووية:

تكمل المعادلات النووية اعتماداً على مبدأ حفظ العدد الذري ومبدأ حفظ العدد الكتلي

سؤال ٤ : أكمل المعادلات النووية التالية؛ مع ذكر اسم الدقيقة (الدقائق) المنبعثة عن كل تفاعل بالكلمات : وعددها الكتلي وعددها الذري

العدد الكتلي ٤، العدد الذري ٢ فالجسيم هو ألفا $^{4}_{2}He$ $\quad {}^{1}_{1}p + {}^{27}_{13}Al \longrightarrow {}^{24}_{12}Mg + ...$

العدد الكتلي ٠، العدد الذري -١ فالجسيم هو (إلكترون) والأخر وضديد نيوترينو $\quad {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + ... + ...$

$${}^{13}_{7}N \longrightarrow {}^{13}_{6}C + (.....) + (.....)$$

العدد الكتلي ٠، العدد الذري +١ فالجسيم هو $^{0}_{1}\beta$ (بوزيترون) والأخر و ν (نيوترينو)

النواة هي $^{108}_{45}Ag$ (نظير الفضة) $\quad {}^{1}_{0}n + {}^{107}_{45}Ag \longrightarrow (..... .....)$

الجسيم هو $^{2}_{1}H$ (نظير الهيدروجين الديوتروم) $\quad (..... ...) + {}^{26}_{12}Mg \longrightarrow {}^{24}_{11}Na + {}^{4}_{2}He$

س٦- تمثل المعادلة النووية الآتية سلسلة اضمحلال إشعاعي تبدأ بالنظير $^{238}_{92}U$ والذي يمر بسلسلة من التحولات التي تتضمن انبعاث الإشعاعات النووية (ألفا، بيتا، جاما) لتنتهي بـ $^{206}_{82}Pb$.

$$^{238}_{92}U \rightarrow Y\,^{4}_{2}He + X\,^{0}_{-1}e + {}^{206}_{82}Pb + \text{طاقة}$$

أجب عما يأتي:

١ - ما اسم النظير المستقر في هذه السلسلة؟

٢ - ما عدد دقائق ألفا (Y)المنطلقة من السلسلة؟

٣ - ما عدد دقائق بيتا (X) المنطلقة من هذه السلسلة؟

١- النظير الستقر هو نظير الرصاص.

٢- نطبق مبدأ حفظ العدد الكتلي: ٢٠٦ + X×٠ + Y٤ = ٢٣٨ ومنه Y = ٨ جسيمات ألفا.

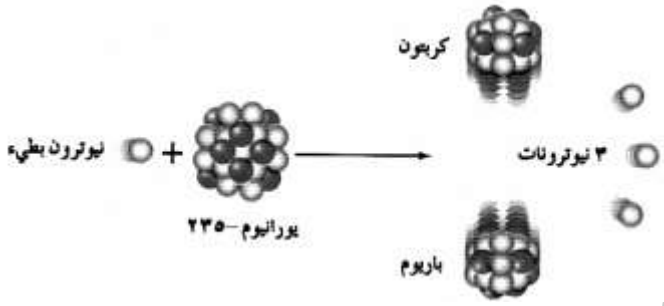
٣- نطبق مبدأ حفظ العدد الذري: ٨٢ + X×١- + ٨×٢ = ٩٢ ومن X= ٦ جسيمات بيتا

٧-٥-١: الانشطار النووي

الانشطار النووي: تفاعل نووي يتم فيه انشطار نواة كبيرة إلى نواتين متوسطتين وينتج عن هذا الانشطار طاقة كبيرة.

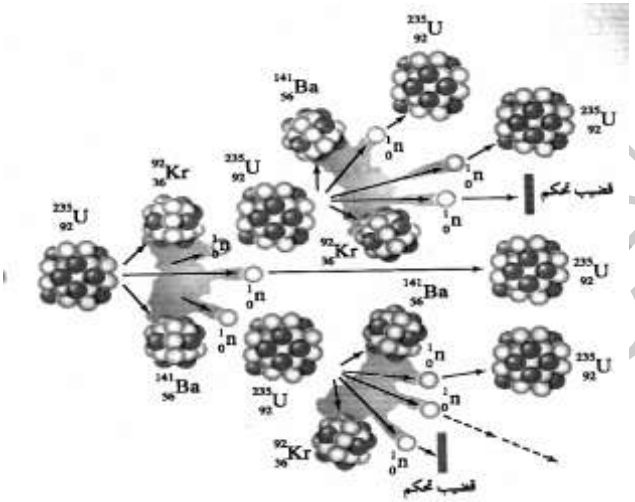
ولكي تنشطر نواة ثقيلة يجب قذفها بنواة خفيفة نسبياً أو جسيم نووي مما يؤدي إلى حدوث عدم استقرار للنواة الثقيلة وهذه الأخيرة تتخلص من طاقتها الزائدة عن طريق الانشطار.

مثال على الانشطار النووي $^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{92}_{36}Kr + {}^{141}_{56}Ba + 3^{1}_{0}n +$ طاقة



في هذا التفاعل تم قذف نواة اليورانيوم ($^{235}_{92}U$) بنيوترون بطيء حيث امتصت النيونرون فإصبحت في حالة عدم استقرار ثم ما تلبث أن تنشطر إلى نواتين متوسطتين هما نواة ($^{141}_{56}Ba$) و نواة ($^{92}_{36}Kr$) وتكمن أهمية التفاعل في الطاقة الحرارية الهائلة المتحررة عنه.

التفاعل المتسلسل:



في تفاعل الانشطار السابق نتج عن التفاعل (٣) نيوترونات فيقوم كل نيوترون بإحداث تفاعل جديد مما يؤدي إلى حدوث ثلاث تفاعلات ينتج عن كل منها (٣) نيوترونات فيكون مجموع النيوترونات الناتجة من الثلاث تفاعلات (٩) نيوترونات، مما يؤدي إلى حدوث (٩) تفاعلات جديدة وهذا النوع من التفاعلات يسمى **بالتفاعل المتسلسل**.

كي يكون التفاعل المتسلسل ممكناً من الناحية العملية يجب

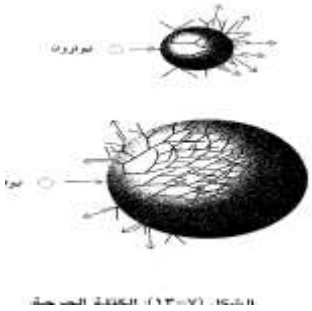
١ - الحصول على اليورانيوم المخصب

٢ - توفير الكتلة الحرجة

إن نسبة اليورانيوم ($^{235}_{92}U$) تشكل (٠,٧%) من اليورانيوم الموجود في الطبيعة والباقي من اليورانيوم ($^{238}_{92}U$)، واليورانيوم المستخدم في المفاعلات النووية والقنابل النووية هو ($^{235}_{92}U$).

تخصيب اليورانيوم: زيادة نسبة اليورانيوم ($^{235}_{92}U$) وتهدف إلى إنتاج غاز يحتوي نسبة عالية من اليورانيوم ($^{235}_{92}U$)

وتتم عملية التخصيب بعدة مراحل منها : عزل كميات أكبر من النظير غير المرغوب فيه، فيزداد العنصر المرغوب فيه تخصيباً لحد الوصول إلى نسبة المطلوبة من النقاء. وقد تستمر هذه العملية عدة سنوات.



الكتلة الحرجة: الحد الأدنى من كتلة اليورانيوم اللازم لإدامة حدوث التفاعل. ومنع تسربها خارج الوقود النووي.

المفاعل النووي: يستخدم لإنتاج الطاقة بتوفير الأجواء المناسبة لإدامة عملية الانشطار دون حدوث انفجار.

تتم في المفاعل عدة عمليات منها:

١- تهدئة النيوترونات لأن التفاعل بحاجة لنيوترونات بطيئة. وتتم التهدئة عن طريق تصادم النيوترونات مع مادة ذات كتلة صغيرة حيث تمتص طاقة النيوترونات مثل (الغرافيت، الماء العادي H_2O، الماء الثقيل D_2O حيث D هو الديوتروم)

٢- التحكم في سرعة التفاعل النووي: باستخدام قضبان مصنوعة من مواد تمتص النيوترونات مثل الكاديوم)

إن لم يتم التحكم في عدد النيوترونات الداخلة في التفاعل (سرعته) يحدث انفجار نووي وهذا هو مبدأ عن القنبلة الانشطارية

٧-٥-٢: الاندماج النووي

الاندماج النووي: تفاعل نووي يتم فيه اتحاد نوى خفيفة (صغيرة) لتكوين نواة أكبر.

وتكون الطاقة الناتجة في الاندماج النووي أكبر بكثير من تلك الناتجة عن الانشطار النووي.

ومن الأمثلة على الاندماج النووي $^3_1H+^2_1H\rightarrow^4_2He+^1_0n+$ طـ

رغم أن الديتيريوم (^2_1H) والتريتيوم (^3_1H) متوفر في الطبيعة ورخيص إلا أن التفاعل يحتاج لدرجة حرارة كبيرة جداً للتغلب على قوى التنافر بين نواتي الديتيريوم والتريتيوم. يمكن لتفاعل الانشطار النووي توفيرها كي يحدث تفاعل الاندماج. لذلك يسمى هذا التفاعل بالتفاعل النووي الحراري.

الشكل (٧-١٤) : تفاعل الاندماج النووي

وقد فسر العلماء ارتفاع درجة حرارة باطن النجوم بتفاعلات اندماج نووي

س١: تمثل المعادلة التالية تفاعلاً نووياً يتم في قلب الشمس لإنتاج الطاقة احسب

$$4\ {}^1_1H\rightarrow{}^4_2He+2{}^0_{+1}e+\nu$$

١ - فرق الكتلة (أهمل كتلة الإلكترون)

٢ - الطاقة الناتجة عن التفاعل.

٣ - إذا علمت أن الطاقة المنبعثة من الشمس تساوي ٤×١٠^٢٦ جول في الثانية الواحدة، احسب عدد التفاعلات التي تتم في الثانية الواحدة.

٤ - احسب كتلة الهيدروجين المستهلكة في الثانية الواحدة.

٥ - عمر الشمس بالسنوات، إذا علمت أن كتلة الهيدروجين تشكل (١٠%) من كتلة الشمس.

حيث كتلة نواة (^4_2He) = ٤,٠٠١٥٠٦ و ك ذ. كتلة نواة (^1_1H) = ٤,٠٠١٥٠٦ و ك ذ.

وكتلة الشمس ٢×١٠^٣٠ كغ.

١) Δ ك = (٤×١,٠٠٧٢٧٦) – ٤,٠٠١٥٠٦ = ٠,٠٢٧٥٩٨ و.ك.ذ ≈ ٠,٠٤٥٨٢٨ ×١٠^-٢٧ كغ

٢) ط = Δ ك س ^٢ = ٠,٠٤٥٨٢٨ ×١٠^-٢٧ × (٣×١٠^٨)^٢ = ٤,١٢ ×١٠^-١٢ جول

٣) عدد التفاعلات = ٤×١٠^٢٦ / ٤,١٢ ×١٠^-١٢ = ٩,٧ ×١٠^٣٧ تفاعل

٤) كتلة الهيدروجين = الكتلة المستهلكة في التفاعل × عدد التفاعلات

= ٤ × ١,٠٠٧٢٧٦ ×١,٦٦×١٠^-٢٧ × ٩,٧ ×١٠^٣٧ = ٦,٤٨٨ ×١٠^١١ كغ

٥) كتلة الهيدروجين في الشمس = ١٠ /١٠٠ × ٢×١٠^٣٠ = ٠,٢ ×١٠^٣٠

عمر الشمس = ٠,٢ × ١٠ ^٣٠ / ٦,٤٨٨ × ١٠ ^١١

= ٣,٠٨ × ١٠ ^١٧ ث (السنة = ٣,١٥ × ١٠ ^٧ ث)

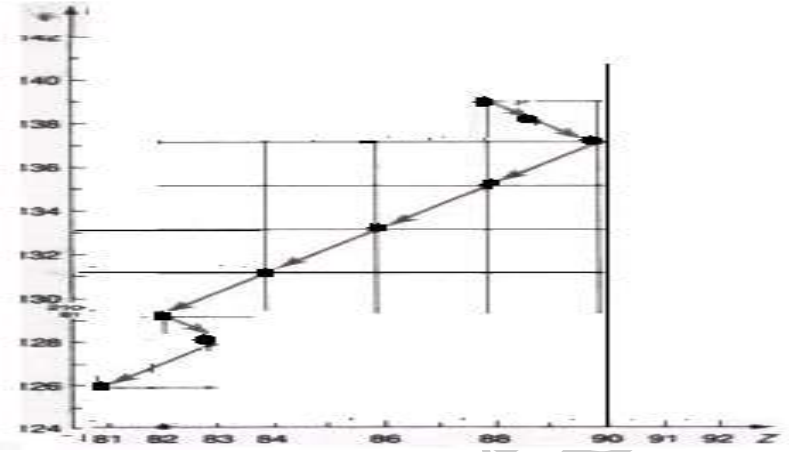
عمر الشمس = ٣,٠٨ × ١٠ ^١٧ / ٣,١٥ × ١٠ ^٧ = ٩,٧ × ١٠ ^٩ سنة

حلول أسئلة الفصل:

رقم الفقرة	١	٢	٣	٤
رمز الإجابة	ب	ج	د	ج

٢- ${}^{4}_{2}He$ ، ${}^{0}_{+1}e+\nu$ ، ${}^{0}_{+1}e+\nu$

٤)



٦) Δ ك= (ك$_{Li}$ + ك $_{H}$ − ٢ك$_{\alpha}$) = ٦,٠١٥ + ٢,٠١٤١ − (٢× ٤,٠٠٢٦)

= ٠,٠٢٤٤ و.ك.ذ

= ٠,٠٢٤٤ × ١,٦٦ × ١٠ ^-٢٧ = ٤,٠٥٠٤ × ١٠ ^-٢٩ كغ

طاقة التفاعل (Q) =(ك$_{Li}$ + ك $_{H}$ − ٢ك$_{\alpha}$) س ^٢

= ٤,٠٥٠٤ × ١٠ ^-٢٩ × (٣×١٠ ^٨) ^٢ = ٣,٦٤ ×١٠ ^-١٢

طاقة كل جسيم ألفا = ٣,٦٤ × ١٠ ^-١٢ / ٢ = ١,٨٢×١٠ ^-١٢ جول

٧) أ- ${}^{55}_{25}Mn+x\longrightarrow{}^{56}_{25}Mn$ ، ${}^{56}_{25}Mn\longrightarrow{}^{56}_{26}Fe+y$

بما أن العدد الكتلي والعدد الذري محفوظين ،إذا :

الجسيم x: نيوترون ${}^{1}_{0}n$ ، والجسيم y: إلكترون ${}^{0}_{-1}e$

وبما أن انبعاث جسيم بيتا سالب يصاحبه انبعاث لضديد النيوترينو، إذا يضاف للنواتج في المعادلة الثانية ضديد النيوترينو.

ب- ط = Δ ك س^{2} ومنه Δ ك = ٥,٩ × ١٠ $^{-١٣}$ / ٩×١٠ ^{١٦} =٦,٥٥ ×١٠ $^{-٣٠}$ كغ .

٨) أ- ش$^{139}_{57}$L لأنها الأكثر استقرارا .

ب-

العنصر	La	Pr	Cs
N	٨٢	٨٠	٨٤
Z	٥٧	٥٩	٥٥
Z/N	١,٤٤	١,٣٥	١,٥٣

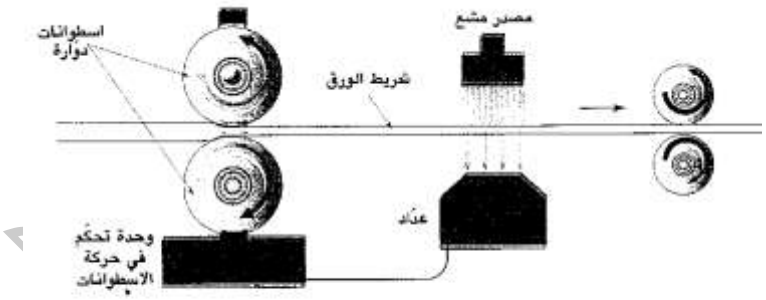
ج- نواة Pr تبعث بوزترون . لأن نسبة Z/N أقل من النسبة التي تحقق الاستقرار .

نواة Cs تبعث الكترون .لأن نسبة Z/N أكبر من النسبة التي تحقق الاستقرار .

د- Pr تقع أسفل خط الاستقرار ، Cs تقع أعلى الخط

٩)أ- يوضع أعلى الشريط مصدر مشع ومن الجهة المقابلة جهاز للكشف عن الأشعة (عداد غايغر) ويتم ضبط قراءة العداد .إذا تغير سمك الشريط ،يتغير عدد جسيمات بيتا التي تخترق الشريط فتتغير تبعا لذلك قراءة العداد فيتم إيقاف الاسطوانات آليا .

ب- لا . لأن قدرة ألفا على الاختراق قليلة .



الشكل (٧-١٦): سؤال (٩).