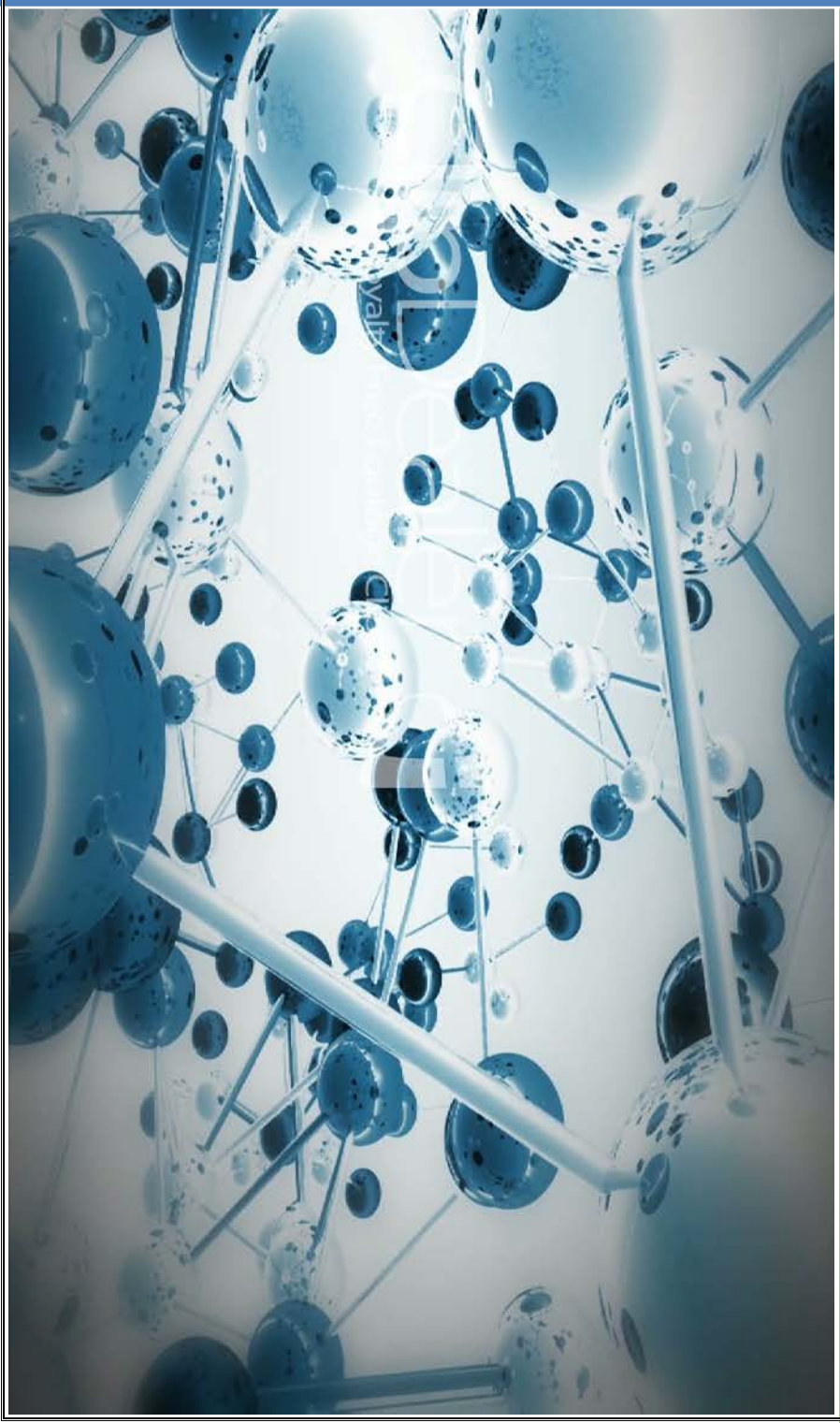
الفيزياء النووية

القوي في الفيـــــــــــــــــزياء



اعداد الاستاذ :

محمد عثمان محمد

الاستاذ محمد عثمان ٠٧٨٨٠٧٢٧٤٦

الفيزياء النووية

بنية النواة و خصائصها (Structure and Properties of the Nucleus)

لمحة تاريخية :

اقترح العالم رذرفورد في عام ١٩١١ م , نموذجا للذرة افترض فيه أن الشحنات الموجبة تتركز في حيز صغير أطلق عليه اسم "نواة".

اكتشاف البروتون : في عام ١٩٢١ م لاحظ رذرفورد أن قذف غاز النيتروجين بجسيمات ألفا يؤدي الى انبعاث جسيمات موجبة الشحنة .

اكتشاف النيترون : في عام ١٩٣٢ م توصل العالم شادويك الى ان قذف صفيحة من البريليوم بجسيمات ألفا يؤدي الى انبعاث جسيمات متعادلة كهربائياً.

- تتكون النواة من نوعين من الجسيمات : هي البروتونات و النيترونات و تسميا معاً نيوكليونات .

يرمز للعدد الذري بالحرف (Z) .

العدد الكتلي بالحرف (A).

النيوترونات بالحرف (N) .

يرمز للعنصر بالجدول الدوري بشكل عام بالرموز:

$$_{Z}^{A}X$$

- العدد الذري (Z) = عدد البروتونات .
- العدد الكتلي (A) = عدد النيوكليونات = عدد البروتونات (Z) + عدد النيوترونات (N) .

- نظائر العنصر : ذرات للعنصر نفسه تتساوى في العدد الذري و تختلف في العدد الكتلي .

مثال : الكربون له أربعة نظائر هي $_{6}^{11}C$ $_{6}^{12}C$ $_{6}^{13}C$ $_{6}^{14}C$

علل : كثافة النواة ثابته لنوى العناصر جميعاً ؟

بما أن حجم الكرة يتناسب طردياً مع مكعب نصف قطرها , فان حجم النواة يتناسب طردياً مع العدد الكتلي فتكون نسبة الكتلة الى الحجم مقداراً ثابتاً و هو الكثافة .

حجم الكرة $= \frac{٤}{٣} \pi$ نوه^{٣}

- تتفاوت النظائر في نسبة وجودها في الطبيعة , كما أن بعضها يتم لنتاجه صناعياً .
- أشار العالم رذرفورد الى أن النواة كرة صغيرة لا يتجاوز نصف قطرها $١٠^{-١٤}$ م , و قد دلت العديد من التجارب بعد ذلك على أن معظم النوى كروية الشكل تقريباً و يعطى نصف قطرها بالعلاقة :

$$نوه = نوه_{\circ} \ A^{\frac{١}{٣}}$$

حيث أن : نوه$_{\circ}$: ثابت $= ١.٢ \times ١٠^{-١٥}$ م للعناصر الخفيفة.

A: العدد الكتلي .

يعبر العلماء عن الكتل النووية بوحدة الكتل الذرية (و.ك.ذ) أو بما يكافئها من طاقة , حيث أن :

وحدة الكتل الذرية (و.ك.ذ) $= \frac{١}{١٢}$ من كتلة ذرة نظير الكربون $_{6}^{12}C$

(و.ك.ذ) تكافئ طاقة $= ٩٣١.٥$ مليون الكترون فولت $= ١.٤٩ \times ١٠^{-١١}$ جول .

(و.ك.ذ) $= ١.٦٦ \times ١٠^{-٢٧}$ كغ الكترون فولت $= ١.٦ \times ١٠^{-١٩}$ جول .

كتلة البروتون = كتلة النيوترون $= ١٨٣٦ \times$ كتلة الالكترون.

الجسيم	الكتلة (كغ)	الكتلة (و.ك.ذ)
البروتون	$١,٦٧٢٦٢ \times ١٠^{-٢٧}$	١,٠٠٧٢٧٦
النيوترون	$١,٦٧٤٩٣ \times ١٠^{-٢٧}$	١,٠٠٨٦٦٥
الإلكترون	$٩,١٠٩٣٩ \times ١٠^{-٣١}$	$٥,٤٨٥٧٩ \times ١٠^{-٤}$

سؤال : احسب عدد البروتونات و عدد النيوترونات و نصف قطر نواة ($_{13}^{27}Al$) علما بان , $نو_{ه} = ١.٢ \times ١٠^{-١٥}$ م:

الحل : عدد البروتونات (Z) $= ١٣$

عدد النيوترونات = $Z - A = ٢٧ - ١٣ = ١٤$

$نو_{ه} = نو_{ه} \sqrt[٣]{A} \leftarrow نو_{ه} = ١.٢ \times ١٠^{-١٥} \times \sqrt[٣]{٢٧} = ٣.٦ \times ١٠^{-١٥}$ م.

- **أثبت أن كثافة النواة ثابتة لجميع العناصر ؟**

الكثافة $= \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} = \frac{P \square \times A}{A^{٣} \, نو_{ه}^{٣} \, \frac{٤}{٣}} = \frac{P \, ك ٣}{٤ \pi \, نو_{ه}^{٣}}$ و هذا يمثل مقداراً ثابتاً .

سؤال : احسب كلاً مما يلي لذرة النحاس $_{٢٩}^{٦٤}Cu$:

- عدد كل من البروتونات و النيوترونات ؟
- نصف قطر النواة ؟

سؤال : اذا كان العدد الكتلي للعنصر (X) $= ٨$ امثال العدد الكتلي للعنصر (Y) فان النسبة بين كثافة العنصر (X) الى كثافة العنصر (Y) تساوي ؟

استقرار النواة (Stability of the Nucleus):

علمنا أن النواة تحتوي على بروتونات موجبة الشحنة , و بما أن الشحنات المتشابهة تتنافر فمن المفترض أن تنشأ بين البروتونات في النواة قوة تنافر كهربائية تؤدي الى تفكك النواة , و لكن هذا لا يحدث , و ذلك بسبب وجود قوة جذب أكبر من قوة التنافر تسمى (القوة النووية) تحافظ على تماسك النواة .

القوة النووية : هي قوة تجاذب تنشأ بين النيوكليونات جميعها بغض النظر عن شحنتها .

تنشأ القوة النووية بين : ١- بروتون و نيترون ٢- بين نيوترونين

خصائص القوة النووية :

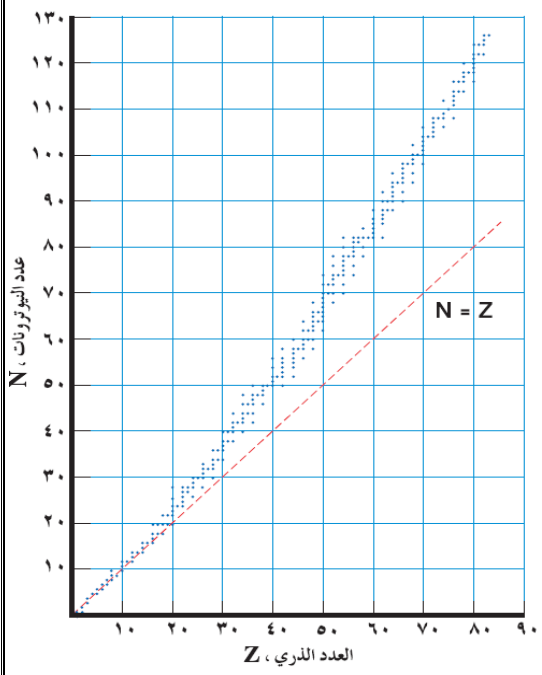
- ذات مدى قصير .
- قوة تجاذب .
- تنشأ بين النيوكليونات المتجاورة .
- لها دور في استقرار النواة .
- الأقوى في الطبيعة .

تصنف النوى الى قسمين :

نوى مستقرة . | نوى غير مستقرة .

- تعتبر النيوترونات عاملاً مهماً في استقرار النواة , فوجود عدد مناسب منها يجعل القوة النووية تسود على القوة الكهربائية.
- يقدر عدد النوى المستقرة (٢٧٠) نواة تقريباً .

استقرار النواة :



- النوى الخفيفة المستقرة $(Z \geq ٢٠)$:

هي النوى التي يكون فيها عدد النيوترونات = عدد البروتونات , لذلك فهي تقع على خط $N = Z$.

- النوى الثقيلة المستقرة $(٨٠ \geq Z \geq ٢٠)$:

يكون عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات , و ذلك لأن عدد البروتونات الكبير يؤدي الى زيادة قوة التنافر الكهربائية بينها و حتى تبقى القوة النووية سائدة على القوة الكهربائية فان هذا يتطلب وجود عدد أكبر من النيوترونات التي تنشأ بينها قوة نووية فقط .

- النوى الغير مستقرة $(Z \leq ٨٠)$:

حيث أن العدد الذري الكبير يعني زيادة عدد البروتونات بشكل كبير و بالتالي زيادة قوة التنافر الكهربائية و بالتالي فان الزيادة في عدد النيوترونات لن يستطيع التعويض عن الزيادة الكبيرة في القوة الكهربائية .

طاقة الربط النووية (Nuclear Binding Energy).

طاقة الربط النووية : هي الطاقة الخارجية التي يجب أن تزود بها النواة لفصل مكوناتها .

- وجد أن كتلة النواة أقل من مجموع كتل مكوناتها , وهذا الفرق في الكتلة يمثل مقدار الطاقة اللازم تزويد النواة بها لفصل مكوناتها .

فرق الكتلة يساوي :

$$\Delta ك = Z ك_{ب} + N ك_{ن} - ك_{نواة}$$ (و.ك.ذ)

طاقة الربط النووية :

$$ط = \Delta ك \times ٩٣١.٥$$ مليون الكترون فولت / (و.ك.ذ)

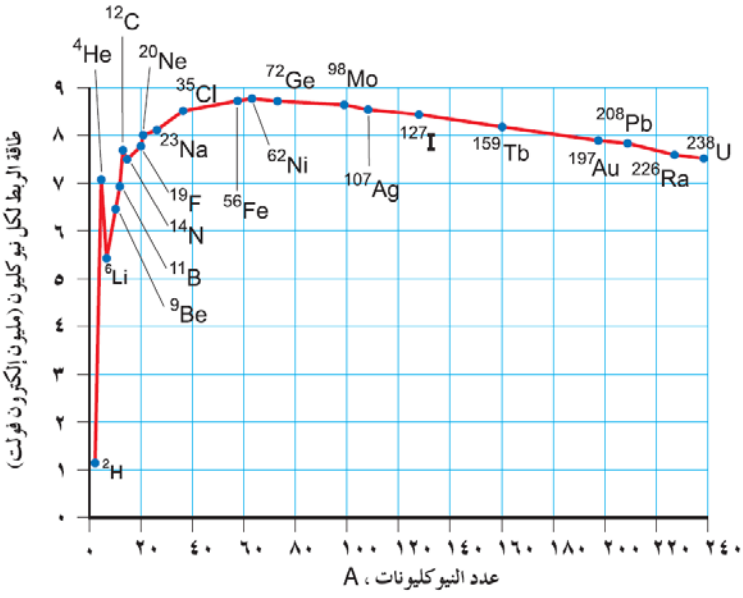
طاقة الربط النووية لكل نيوكليون :

$$ط_{نيوكليون} = \text{طاقة الربط النووية / عدد النيوكليونات (العدد الكتلي)}$$

حيث أن : $ك_{نواة}$: كتلة النواة / $ك_{ب}$: كتلة البروتون / $ك_{ن}$: كتلة النيوترون / N : عدد النيوترونات

- اذا كانت ($\Delta ك$) مقاسة بوحدة (غم / كغ) فاننا نطبق معادلة اينشتاين , فنحصل على طاقة الربط النووية بوحدة (جول).

$$ط_{ربط} = \Delta ك \times \square^{٢}$$ س $= ٣ \times ١٠^{٨}$ م/ث



- في المنحنى نلاحظ أن النواة التي لها عدد كتلي يزيد أو ينقص كثيراً عن (٦٠) أقل ترابطاً.
  أما التي لها عدد كتلي قريب من الرقم (٦٠) فهي العناصر الأكثر استقراراً.
- القيمة العظمى لطاقة الربط النووية لكل نيوكليون تساوي (٨.٨ مليون الكترون فولت / نيوكليون) تقريباً و هي لنواة عنصر النيكل (Ni) .

ملاحظة :

- النوى المتوسطة في العدد الكتلي هي الاكثر استقراراً , و تفكيكها يتطلب طاقة كبيرة .
- النوى الثقيلة لديها قابلية للانشطار اذا توافرت ظروف مناسبة لانشطارها , و ينجم عن هذا الانشطار نواتان متوسطتان لهما طاقة ربط أعلى من طاقة الربط للنواة الأصلية .
- النوى الخفيفة عند تهيئة ظروف مناسبة , تميل الى الاندماج لتكوين نواة ذات طاقة ربط أعلى من النواة الاصلية .

علل :

- **كتلة نواة أي ذرة دائماً أقل من مجموع كل مكوناتها على حدة ؟**

لانه عندما تتحد النيوكليونات لتكوين النواة فان جزء من كتلة كل منها يتحول الى طاقة تسمى طاقة الربط النووية تعمل على ربطها معاً .

- **استقرار النواة رغم احتوائها على بروتونات متماثلة الشحنة ؟**

قوى الربط النووية التي تربط مكونات النواة لا تعتمد على الشحنة و هي أكبر من قوى التنافر بين البروتونات .

سؤال : احسب طاقة الربط النووي و معدل طاقة الربط النووي لكل من أنوية العناصر التالية :

العنصر	$^{2}_{1}H$	$^{7}_{3}Li$	$^{9}_{4}Be$	$^{11}_{5}B$	$^{12}_{6}C$	$^{14}_{7}N$	$^{16}_{8}O$
كتلة النواة (و ك ذ)	٢,٠١٤١	٧,٠١٦٠	٩,٠١٢٣	١١,٠٠٩٣	١٢,٠٠٠	١٤,٠٠٣١	١٥,٩٩٤٩

علماً بأن كتلة البروتون = ١,٠٠٧٨٣ (و.ك.ذ) / كتلة النيوترون = ١,٠٠٨٦٧ (و.ك.ذ)

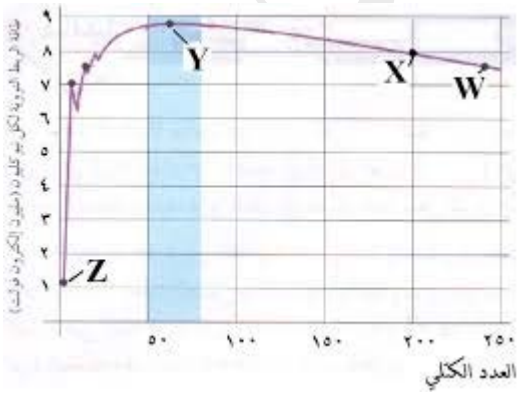
نواة Be طربط = $(٤ \times ١.٠٠٧٨٣ + ٥ \times ١.٠٠٨٦٧ - ٩.٠١٢٣) \times ٩٣١.٥ = ٥٨.١$ مليون الكترون فولت .

طاقة الربط النووية لكل نيوكليون = $\frac{٥٨٫١}{٩}$ مليون الكترون فولت / نيوكليون .

تمرينات :

كتلة البروتون (١٫٠٠٧٢) (و.ك.ذ) / كتلة النيوترون (١٫٠٠٨٦) (و.ك.ذ)

- احسب طاقة الربط النووي لنواة الحديد($^{٥٦}_{٢٦}Fe$), ثم احسب طاقة الربط النووية لكل نيوكليون , علماً بأن كتلة نواة الحديد ٥٥.٩٢٠٦ (و.ك.ذ) ؟
- يمثل المنحنى المجاور العلاقة بين طاقة الربط النووية لكل نيوكليون و العدد الكتلي لمجموعة من العناصر(X,W,Y,Z) اعتماداً على المنحنى , اجب عن الاسئلة الاتية :
  - أي هذه العناصر أكثر استقراراً ؟ و لماذا ؟
  - أي هذه العناصر أكثر قابلية للانشطار , و ايهما أكثر قابلية للاندماج عند احداث تفاعل نووي ؟
  - احسب طاقة الربط لنواة العنصر (X) ؟



وزارة (٢٠٠٢)

- احسب الطاقة اللازمة لفصل مكونات نواة ($_{7}^{19}N$) اذا علمت أن كتلة نواة ($_{7}^{19}N$) تساوي (١٤,٠٠٧٥) (و.ك.ذ) ؟

- لنواة الالمنيوم ($_{13}^{27}Al$) : - حدد عدد البروتونات و النيوترونات المكون لهذه النواة ؟
  -احسب نصف قطر نواة الالمنيوم اذا علمت أن $r_0 = 1,2 \times 10^{-15}$ متر ؟
  - احسب طاقة الربط النووية لهذه النواة اذا كانت كتلة نواة الالمنيوم تساوي (٢٦,٩٩٠١) (و.ك.ذ) ؟

- اذا علمت أن كتلة نواة عنصر المغنيسيوم ($_{12}^{27}Mg$) تساوي (٢٧) (و.ك.ذ) , احسب :
  أ) طاقة الربط النووية لنواة العنصر بوحدة (و.ك.ذ) ؟
  ب) نصف قطر نواة العنصر ؟ وزارة (٢٠٠٦)

- احسب معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون لنواة عنصر($_{3}^{7}Li$) اذا علمت أن كتلة ($_{3}^{7}Li$) تساوي ٧,٠١٦ (و.ك.ذ) ؟
  وزارة (٢٠٠٦)

- احسب مقدار الطاقة التي يجب ان تزود بها نواة عنصر الديتيريوم ($_{1}^{2}H$) لفصل مكوناتها , علماً بأن كتلة نواة ($_{1}^{2}H$) = ٢,٠١٤١ (و.ك.ذ) ؟ وزارة (٢٠١١)

النشاط الاشعاعي (Radioactivity) .

لمحة تاريخية :

اكتشف العالم هنري بيكر في عام ١٨٩٦م , عن طريق الصدفة هذه الظاهرة حيث لاحظ أن ألواحاً فوتوغرافية ملفوفة بورق أسود قد اسودت عند تعرضها لأملاح اليورانيوم , فاستنتج أنه لابد من وجود أشعة غير مرئية قد اخترقت الورق و أثرت على الألواح , و توصل بعد ذلك الى أن اليورانيوم هو مصدر الاشعاع .

اكتشف العالمان بير كوري و ماري كوري عنصرين جديدين يبديان مثل هذا النشاط الاشعاعي اسميهما : بولونيوم . راديوم .

- حتى تصبح النواة أكثر استقراراً فانها تتحول الى نواة جديدة ذات كتلة أقل و طاقة ربط أعلى و يصاحب هذا التحول انبعاث اشعاع , و في هذه الحالة نقول أن النواة قد اضمحلت .

النشاط الاشعاعي الطبيعي : نتاج عملية اضمحلال لنوى غير مستقرة .

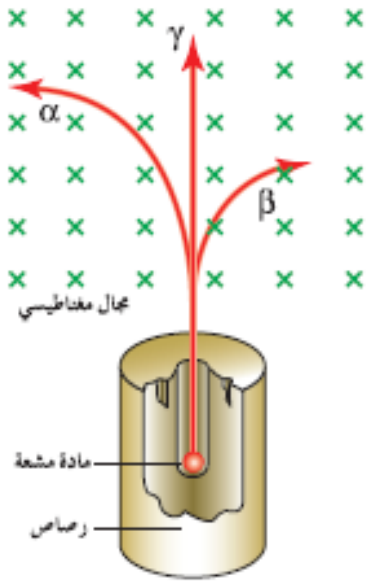
- يوجد في الطبيعة العديد من العناصر المشعة التي يحدث النشاط الاشعاعي الطبيعي بها تلقائياً و من غي مؤثر خارجي , اضافة الى أن النواة قد تمر بسلسلة من التحولات قبل أن تصل الى حالة الاستقرار .

دلت التجارب على أن الاشعاع المنبعث يتألف من ثلاثة أنواع (دقائق ألفا α , دقائق بيتا β , اشعة غاما γ)

- دقائق ألفا α : جسيمات موجبة الشحنة يتكون الواحد منها من بروتونين و نيوترونين و هي تماثل نوى الهيليوم($_{2}^{4}He$) .
- دقائق بيتا β : تتكون من الكترونات $_{0}^{1-}e$ $(_{0}^{1-}\beta)$ أو بوزترون $_{0}^{1+}e$ $(_{0}^{1+}\beta)$.
- اشعة غاما γ : فوتونات ذات تردد كبير ليس لها شحنة و تعتبر جزء من الطيف الكهرمغناطيسي .

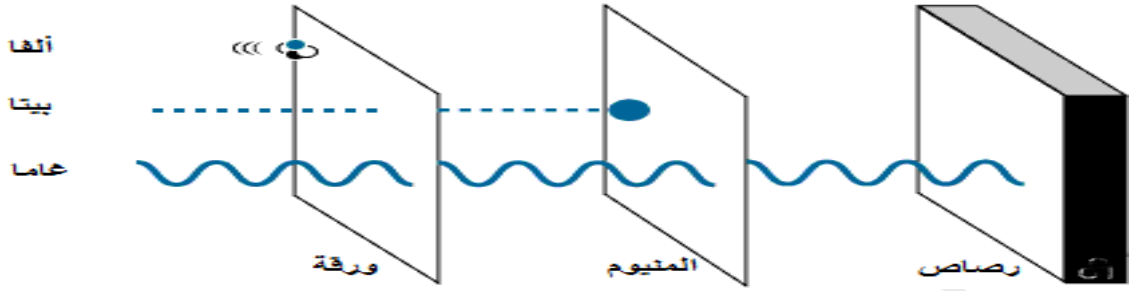
يستخدم عداد غايغر للكشف عن الاشعاع النووي .

يمكن التميز بين أنواع الاشعاع الثلاثة باستخدام مجال مغناطيسي (لاحظ الشكل) :



قدرة الاشعاعات على اختراق المواد :

- تتفاوت هذه الاشعة في قدرتها على اختراق المواد حيث يتراوح مدى جسيمات ألفا في الهواء (المسافة التي تخترقها) بين ٢,٥ سم الى٨ سم .
أما مدى جسيمات بيتا فأكثر بحوالي١٠٠٠ مرة , و أشعة غاما فقدرتها على الاختراق هائلة .



قدرة الأشعة النووية على التأيين :

تتفاوت الاشعة النووية على قدرتها على تأيين ذرات المادة التي تخترقها .

أشعة ألفا لها أكبر قدرة تأيين , بسبب كبر كتلتها و شحنتها مما يجعل احتمال تصادمها مع الذرات كبير جداً , ثم يليها أشعة بيتا ثم غاما .

خطر الاشعة النووية على الانسان :

- تؤدي الى تخريب الانسجة داخل الخلايا , مما يسبب طفرات و تغيرات في المادة الوراثية .
- تحول الخلايا السليمة الى خلايا سرطانية .

العوامل التي يعتمد عليها مقدار الضرر البيولوجي :

- نوع الاشعاع .
- طاقة الاشعاع .
- العضو المعرض للاشعاع (العظم , الكبد ,....الخ).

علل :

- جسيمات ألفا ذات قدرة عالية على تأيين جزيئات الوسط الى أن قدرتها على النفاذ منخفضة ؟

بسبب كتلتها الكبيرة مما يجعل احتمال تصادمها مع ذرات الوسط كبيرة و بالتالي فهي تفقد معظم طاقتها في التأيين و تقل قدرتها على النفاذ

- حينما يتعرض جسم الانسان لأشعة (γ,β,α) من المواد المشعة الموجودة في الطبيعة فان أضرار الاشعة تعزى الى دقائق بيتا أو أشعة غاما أما جسيمات ألفا فلا تشكل أي خطورة ؟

- ماذا لو أصبح مصدر الاشعاع داخل الجسم , مثلاً عن طريق تناول طعام ملوث بالأشعة أو استنشاق هواء ملوث , اي الاشعاعات الثلاثة أكثر خطورة ؟ فسر اجابتك ؟

اضمحلال ألفا (Alpha Decay) .

يمكن التعبير عن اضمحلا ألفا بالمعادلة الاتية :

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

نلاحظ أن النواة (X) عندما تبعث جسيم ألفا ينقص عدد بروتوناتها بمقدار (٢) , أما عددها الكتلي ينقص بمقدار (٤) .

من الامثلة على ذلك :

- اضمحلال نظير اليورانيوم الى نظير الثوريوم : $^{238}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$
- اضمحلال نظير الراديوم الى نظير الرادون : $^{223}_{88}R \rightarrow {}^{219}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$

التفاعلات السابقة يتحقق فيها :

- مبدأ حفظ الشحنة .
- مبدأ حفظ العدد الذري .
- مبدأ حفظ العدد الكتلي .
- مبدأ حفظ الطاقة و الكتلة و الزخم .

اضمحلال بيتا (Beta Decay) .

يمكن التعبير عن العملية التي تشع فيها النواة جسيم بيتا بالمعادلة الاتية :

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

- كيف يمكن للنواة أن تبعث الكتروناً على الرغم من عدم احتوائها عليه ؟

عن طريق تحلل أحد النيوترونات الى بروتون و الكترون , و بسبب كتلة الالكترون الصغيرة ينبعث الالكترون (جسيم بيتا) من داخل النواة , بينما يبقى البروتون ذو الكتلة الأكبر بداخلها .

يمكن للنواة أن تبعث جسيم بيتا الموجب و الذي يسمى بوزترون ($^{0}_{+1}e$) و هو جسيم مشابه للالكترون في خصائصه , عدا أنه موجب الشحنة.

البوزترون : نتاج تحلل أحد البروتونات الى نيوترون و بوزترون , بحيث ينبعث البوزترون و يبقى النيوترون داخل النواة .

- تبين أن الالكترونات المنبعثة من اضمحلال نوى العنصر نفسه تتفاوت في الطاقة , اضافة الى أن عدداً قليلاً منها يمتلك طاقة أقل , فماذا حدث لهذا الجزء من الطاقة الذي يبدو مفقوداً ؟؟؟؟؟؟

في عام ١٩٣٠م , قدم العالم باولي اجابة لهذا السؤال , حيث افترض :

" انبعاث جسيم اخر بالاضافة الى جسيم بيتا يحمل الطاقة الضائعة , و أطلق عليه اسم (نيوترينو) , أي جسيم غير مشحون و يرمز له بالرمز (ν) "

ملاحظة :

- انبعاث الالكترون يصاحبه انبعاث ضديد النيوترينو $(\bar{\nu})$.
- انبعاث البوزترون يصاحبه انبعاث نيوترينو (ν) .

يمكن التعبير عن تحلل النيوترون و البروتون كما يأتي :

$$_0^1n \rightarrow {}_1^1P + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$$

$$_0^1P \rightarrow {}_0^1n + {}_{+1}^0e + \nu$$

اضمحلال غاما (Gama Decay) .

غالباً ما تكون النواة الناتجة بعد بعثها لجسيم ألفا أو بيتا في مستوى اثارة , فتنبعث أشعة غاما و تنتقل الى مستوى الاستقرار .

من الامثلة على اضمحلال غاما :

نواة $_5^{12}B$ غير مستقرة و يمكن أن تصل الى الاستقرار بطريقتين :

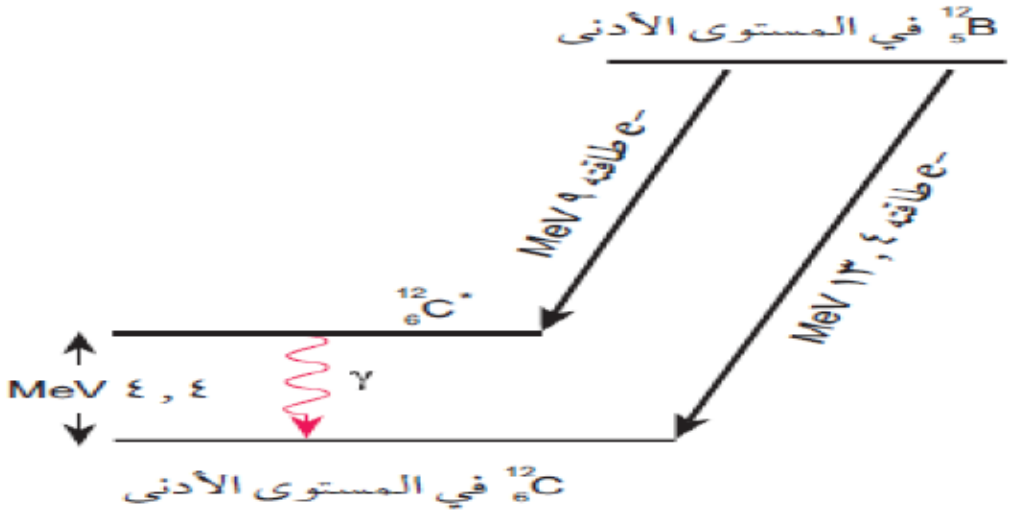
الاولى : أن تبعث جسيم بيتا طاقته ١٣,٤ مليون الكترون فولت و ينتج نواة $_6^{12}C$ المستقرة :

$$_5^{12}B \rightarrow {}_6^{12}C + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$$

الثانية : أن تبعث جسيم بيتا طاقته ٩ مليون الكترون فولت و ينتج نواة $_6^{12}C^*$ غير مستقرة و بالتالي تبعث أشعة غاما على هيئة فوتون طاقته ٤,٤ مليون الكترون فولت :

$$_5^{12}B \rightarrow {}_6^{12}C^* + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$$

$$_6^{12}C^* \rightarrow {}_6^{12}C + \gamma$$



علل :

- **في اضمحلال ألفا وجد أن كتلة النواة الاصلية تكون أكبر من مجموع كتلتي النواة الناتجة و جسيم ألفا ؟**
  يتحول فرق الكتلة (Δ ك) الى طاقة , تظهر على شكل طاقة حركية يحملها جسيم ألفا و النواة الناتجة .

- **في تفاعل اضمحلال ألفا , يحمل جسيم ألفا معظم الطاقة الناجمة من التفاعل ؟**
  حسب قانون حفظ الزخم , فان الجسيم ذا الكتلة الأقل تكون سرعته أكبر من الجسيم ذي الكتلة الأكبر , لذلك فان الجسيم الخفيف الناجم من اضمحلال ألفا يحمل معظم الطاقة الناتجة .

- **انبعاث جسيمات بيتا من أنوية بعض العناصر المشعة لها , على الرغم من أن الالكترون ليس من مكونات النواة ؟**
  عندما تبعث النواة بجسيم بيتا السالب (الكترون) , فهذا نتاج تحلل أحد النيوترونات الى بروتون و الكترون , و بسبب كتلته الصغيرة ينبعث الالكترون من داخل النواة و يبقى البروتون ذو الكتلة الكبيرة داخلها .

- **انبعاث البوزيترون (جسيمات بيتا) من أنوية بعض العناصر على الرغم من انه ليس من مكونات النواة ؟**
  عندما تبعث النواة بجسيم بيتا الموجب (بوزيترون) , فهذا نتاج تحلل أحد البروتونات الى نيوترون و بوزيترون , و بسبب كتلته الصغيرة ينبعث البوزيترون من داخل النواة , و يبقى النيوترون ذو الكتلة الكبيرة بداخلها .

- **في تفاعل اضمحلال بيتا , تكون الالكترونات المنبعثة من اضمحلال نوى العنصر نفسه تتفاوت في الطاقة , اضافة الى أن عدداً قليلاً يمتلك الطاقة التي يجب أن يحملها (اعتماداً على قانون حفظ الطاقة- الكتلة) ؟**
  قدم العالم باولي اقتراحاً اجابة لهذا التساؤل حيث اقترح انبعاث جسيم اخر بالاضافة الى جسيم بيتا , يحمل الطاقة التي تبدو أنها ضائعة و اسماه (النيوترينو) .

اكمل المعادلات التالية :

- $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + \ldots$
- $^{14}_{7}N + \ldots \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$
- $^{99}_{43}\mathrm{Tc}* \rightarrow {}^{99}_{43}\mathrm{Tc} + \ldots$
- $^{1}_{1}P \rightarrow {}^{1}_{0}n + \ldots + \ldots$
- $^{14}_{7}\mathrm{N} \rightarrow {}^{14}_{6}\mathrm{C} + \ldots + \ldots$
- $^{56}_{27}Co \rightarrow {}^{56}_{26}F + \ldots + \ldots$
- $^{16}_{9}\mathrm{F} \rightarrow {}^{18}_{8}\mathrm{O} + \ldots + \ldots$
- $^{1}_{1}P + {}^{27}_{15}Al \rightarrow {}^{24}_{12}Mg + \ldots$
- $^{222}_{88}\mathrm{Ra} \rightarrow \ldots + {}^{218}_{86}\mathrm{Rn}$
- $^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}P + \ldots + \ldots$

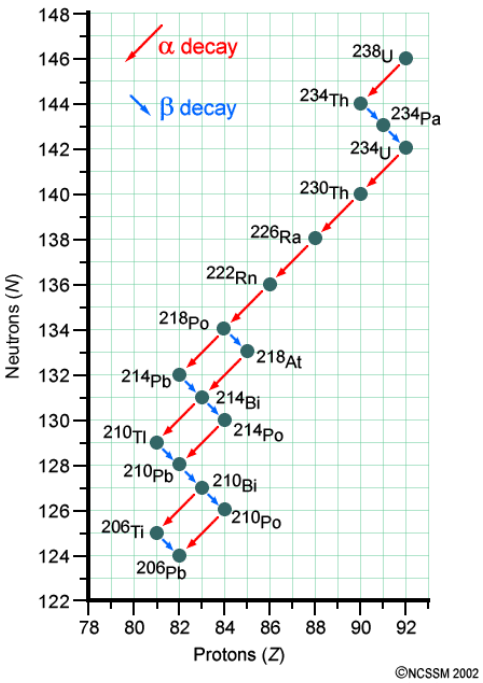
- $^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{92}_{56}Kr + {}^{141}_{56}Ba + \ldots +$ طاقة

الاشعاع الطبيعي و الاشعاع الصناعي (Natural and Artificial Radioactivity) .

سلسلة الاضمحلال الاشعاعي : مجموعة العناصر المشعة التي يضمحل أحدها ليعطي العنصر الاخر , و هكذا بحيث تنتهي المجموعة بعنصر غير مشع (مستقر) .

سلاسل التحلل (الاضمحلال) الاشعاعي الطبيعي هي :

- سلسلة اليورانيوم (تبدأ بنظير اليورانيوم $^{238}_{92}U$) .
- سلسلة الثوريوم (تبدأ بنظير الثوريوم $^{232}_{90}Th$) .
- سلسلة الاكتينيوم (تبدأ بنظير اليورانيوم $^{235}_{92}U$) .



يبين الشكل سلسلة الاضمحلا الاشعاعي الطبيعي لنواة اليورانيوم $^{238}_{92}U$:

تبدأ السلسلة باشعاع جسيم ألفا لتنتج نواة $^{234}_{90}Th$ ثم تبعث النواة جسيم بيتا لينتج $^{234}_{91}Pa$

....و تستمر السلسلة ثم تتفرع عند $^{234}_{84}Po$ حيث يصبح هنالك مسارين محتملين , لتنتهي بنظير الرصاص المستقر $^{206}_{82}Pb$.

لتحديد عدد جسيمات ألفا و بيتا المنبعثة من سلسلة اضمحلال يمكن استخدام التالي :

- عدد جسيمات ألفا المنبعثة = (A للنظير الاول – A للنظير الناتج) / ٤ .
- عدد جسيمات بيتا المنبعثة = (Z للنظير الناتج + ٢ × عدد ألفا – Z للنظير الاول .

أو بتطبيق حفظ العدد الذري و الكتلي في المعادلة التي تمثل سلسلة الاضمحلال .

التفاعلات النووية : هي تفاعلات يتم فيها تغير خصائص النوى عن طريق قذفها بجسيمات صغيرة .

من الامثلة على التفاعل النووي الصناعي :

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

يمكن التعبير عن التفاعل النووي بشكل عام بالمعدلة الاتية :

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

بحيث أن (X : النواة الهدف / a : القذيفة / Y : النواة الناتجة / b : الجسيم الناتج) .

تحسب طاقة التفاعل (Q) من خلال العلاقة التالية :

- اذا اعطيت الكتل بوحدة غم أو كغ , فان :
طاقة التفاعل (Q) = (كa + كx – كy + كb) × □ ٢

- اذا اعطيت الكتل بوحدة (و.ك.ذ) فاننا نستخدم العلاقة :
طاقة التفاعل (Q) = (كa + كx – كy + كb) × ٩٣١,٥ مليون الكترون فولت .

ملاحظة : (□Δ) = كتل النوى المتفاعلة – كتل النوى الناتجة = (كa + كx – كy + كb) .

- اذا كانت (Q) موجبة : فهذا يعني أن التفاعل يحدث و ينتج (طارد) طاقة , و يكون مجموع الطاقة الحركية للنوى الناتجه أكبر من مجموعها للنوى المتفاعلة .
- اذا كانت (Q) سالبة : فهذا يعني أن التفاعل يتطلب (ماص) طاقة , و يشترط لحدوثه أن تكون الطاقة الحركية للقذيفة أكبر من (Q) .

تمارين :

- تمثل المعادلة النووية الاتية سلسلة اضمحلال اشعاعي للنظير $^{238}_{92}U$:

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

أجب عما يلي : أ- ما اسم هذه السلسلة ؟

ب – ما اسم النظير المستقر في هه السلسلة ؟

ج- ما عدد دقائق ألفا و بيتا المنطلقة من هذه السلسلة ؟

- تبدأ سلسلة اضمحلال الثوريوم بنواة $^{232}_{96}Th$, ما العدد الكتلي و العدد الذري للنواة الناتجة بعد سلسلة تحولات انبعث فيها ٣ جسيمات ألفا و جسيمين بيتا ؟

- تمثل المعادلة النووية الاتية سلسلة اضمحلال اشعاعي يبدأ بالنظير ($^{238}_{92}U$) و الذي يمر بسلسلة من التحولات التي تتضمن انبعاث الاشعاعات النووية (α, β, γ) و تنتهي ب($^{208}_{82}Pb$) :

$$^{238}_{92}U \rightarrow 8\,^{4}_{2}He + X\,^{0}_{-1}e + {}^{206}_{82}Pb + \text{طاقة}$$

أجب عما يلي : أ) ما اسم هذه السلسلة ؟

ب) ما عدد دقائق بيتا المنطلقة من هذه السلسلة ؟

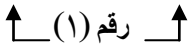
ج) ما اسم النظير المستقر في هذه السلسلة ؟

د) ما اسم الجهاز الذي يستخدم للكشف عن الاشعاعات النووية ؟

و) أي من الاشعاعات النووية (ألف , بيتا , غاما) أقل نفاذاً , و لماذا ؟

ز) أي الاشعاعات النووية (ألف , بيتا , غاما) أكثر خطورة , و لماذا ؟

- مثلت أحدى سلاسل الاضمحلال الاشعاعي كالاتي :



أولاً : أ) ما اسم السلسلة المبينة ؟

ب) ما اسم الجهاز المستخدم للكشف عن الاشعاعات النووية ؟

ثانياً : احسب كلاً مما يلي : أ) عدد جسيمات ألفا و عدد جسيمات بيتا المنبعثة من الاضمحلال رقم (١) ؟

ب) الكتلة التقريبية لنواة العنصر(Pb) بوحدة الكتل الذرية ؟

- قذفت نواة (Al) بجسيم ألفا لانتاج نظير الفسفور المشع (P) كما في المعادلة :

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

احسب : أ) مقدار طاقة التفاعل () ؟

ب) ما المبادئ الاربعة التي يخضع لها هذا التفاعل ؟

ك Al = ٢٦,٩٨٥١ (و.ك.ذ) / ك n = ١,٠٠٨٦ (و.ك.ذ) / ك He = ٤,٠٠٢٦ (و.ك.ذ) / ك p = ٢٩,٩٧٨٣ (و.ك.ذ)

- أجرى العالم رذرفورد أول تفاعل نووي صناعي بقذفه نواة نيتروجين ($^{14}_{7}N$) بجسيمات ألفا ($^{4}_{2}He$) طاقتها الحركية (و.ك.ذ) كما في المعادلة التالية :

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H + \text{طاقة}$$

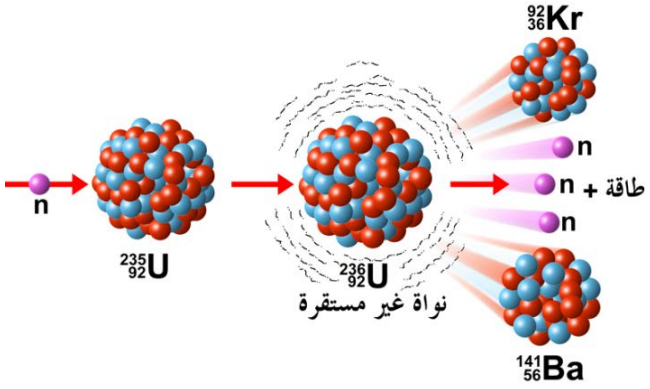
احسب كتلة نواة($^{17}_{8}O$) ؟

ك p = ١,٠٠٧٣ (و.ك.ذ) / ك ألفا = ٤,٠٠٣٩ (و.ك.ذ) / ك N = ١٤,٠٠٧٥ (و.ك.ذ) / ط = ٠,٠٠٧٦ (و.ك.ذ) .

الانشطار النووي (Nuclear Fission) .

توصل العلماء الى أن نواة $(^{235}_{92}U)$ يمكن أن تنشطر اذا قذفت بنيوترون بطيء , حيث تمتص النواة النيوترون فتصبح في حالة عدم استقرار , ثم ما تلبث أن تنشطر الى نواتين متوسطتين , اضافة الى انبعاث طاقة عالية و نيوترونات جديدة , و قد سمي هذا التفاعل بالانشطار النووي .

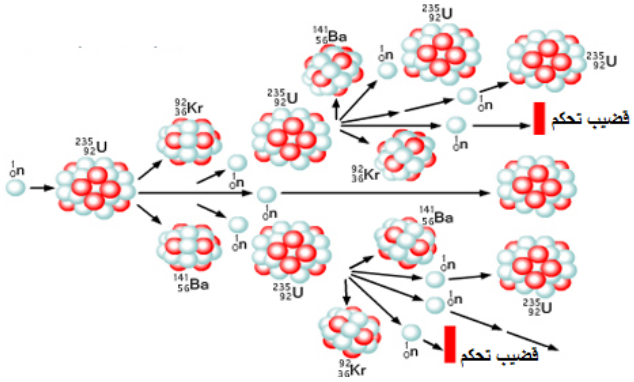
$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n$$



- تكمن أهمية هذا التفاعل في الطاقة المتحررة منه .

التفاعل المتسلسل :

التفاعل المتسلسل : تفاعل يتم فيه استمرار شطر أنوية جديدة بوساطة النيوترونات الناتجة عن الانشطارات السابقة لأنوية العينة , حيث يؤدي الى تولد طاقة حرارية هائلة جداً مع تزايد أعداد النوى المنشطرة .



- **الكتلة الحرجة :** الحد الأدنى من كتلة اليورانيوم اللازم لادامة حدوث تفاعلات متسلسلة .

صمم العلماء نظاماً يسمى المفاعل النووي يتم فيه الاحتفاظ بالأجواء المناسبة لاستمرار عملية الانشطار النووي دون وقوع انفجار , و يجب التغلب على مشكلات عدة كي يكون هذا التفاعل ممكناً من الناحية العملية .

المشكلة	حل المشكلة
نظير اليورانيوم (٢٣٥) القابل للانشطار يشكل نسبة ٠,٧٪ فقط من اليورانيوم الموجود في الطبيعة	تخصيب اليورانيوم
تسريب النيوترونات خارج كتلة اليورانيوم مما يتسبب في توقف التفاعل المتسلسل .	كتلة الوقود أكبر من الكتلة الحرجة .
النيوترونات المنبعثة من التفاعل سريعة , و انشطار النوى يتطلب نيوترونات بطيئة .	عملية التهدئة .
التحكم في سرعة التفاعل المتسلسل , ليتمكن المفاعل النووي من العمل .	عملية التحكم .

- **تخصيب اليورانيوم :** زيادة نسبة اليورانيوم $(^{235}_{92}U)$ (انتاج غاز يحتوي على نسبة عالية من اليورانيوم $(^{235}_{92}U)$.

(تتم عملية التخصيب على مراحل , يتم في كل منها عزل كميات أكبر من النظير غير المرغوب فيه , فيزداد العنر تخصيباً بعد كل مرحلة لحد الوصول الى نسبة النقاء المطلوبة) .

- **عملية التهدئة :** ابطاء سرعة النيوترونات عن طريق تصادمها مع مادة ذات كتلة صغيرة , فعند اصطدام النيوترون بجسيم كتلته صغيرة يفقد جزءاً من طاقته الحركية و يصبح قادراً على احداث انشطار لنواة اليورانيوم .
(يستخدم الغرافيت و الماء العادي(H_2O) و الماء الثقيل (D_2O) كمواد مهدئة , اذ يشير الرمز (D)الى الديتيريوم و هو $^{2}_{1}H$).
- **عملية التحكم :** ادخال عدد مناسب من قضبان التحكم , فتمتص بعض النيوترونات , مما يؤدي الى ابطاء عملية الانشطار و ابقائها ضمن المعدل المطلوب (يستخدم في عملية التحكم قضبان مصنوعة من مادة تمتص النيوترونات مثل الكاديوم) .

علل :

- **لا يحدث التفاعل المتسلسل اذا كانت كتلة الوقود النووي أقل من الكتلة الحرجة ؟**

بسبب تسرب النيوترونات الى الخارج (بفعل سرعتها العالية) حيث أن كتلة اليورانيوم عندئذ لا تكفي لتهدئتها لتقوم بدورها في انشطار نوى جديدة , و نتيجة لذلك يصبح عدد النيوترونات الموجودة غير كاف لاستمرار التفاعل .

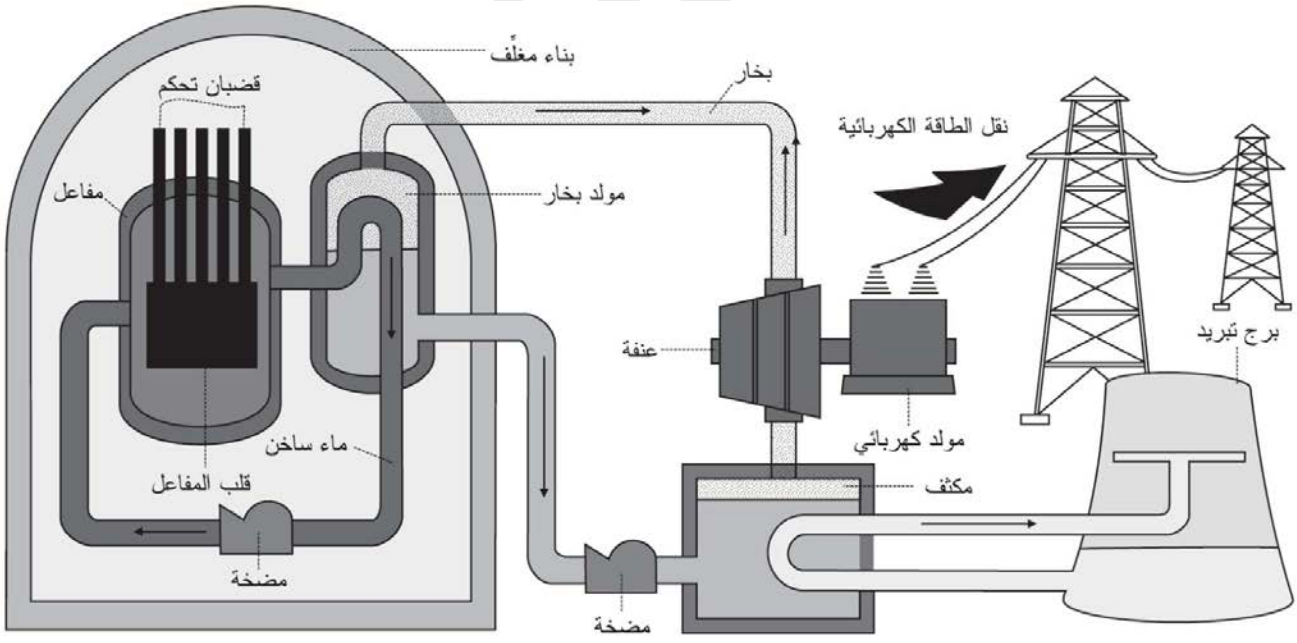
- **استخدام الكاديوم في قضبان التحكم للتحكم في التفاعل المتسلسل في المفاعلات النووية ؟**

لقدرته العالية على امتصاص النيوترونات مما يؤدي الى ابطاء عملية الانشطار و ابقائها ضمن المعدل المطلوب .

- **يتم اعتراض النيوترونات بنوى الماء الثقيل ؟**

لانها عندما تصطدم بها تفقد جزءاً من طاقتها الحركية و تصبح قادرة على احداث انشطار لأنوية اليورانيوم .

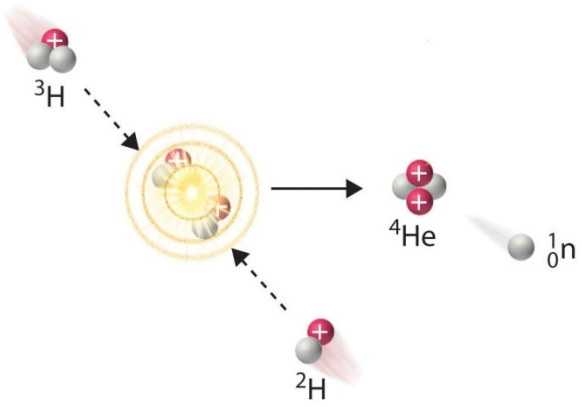
صورة توضيحية للمفاعل الانشطاري في محطة كهرونووية (توليد الكهرباء من خلال الطاقة النووية) .



الاندماج النووي (Nuclear Fusion) .

هو اتحاد نوى صغيرة لتكون نواة أكبر , و ينتج من التفاعل طاقة .

من الأمثلة على بعض الاندماجات النووية :



كيف يمكن أن نتغلب على قوة التنافر الكهربائية لكي يحدث الاندماج ؟؟؟؟

حتى نتغلب على قوة التنافر لابد أن تكون سرعة النوى كبيرة لتقترب كثيراً من بعضها , فتتمكن القوة النووية من التغلب على القوة الكهربائية و هذا يتطلب رفع درجة حرارة المواد الداخلة في التفاعل , لذلك يسمى هذا التفاعل بالتفاعل النووي الحراري .

من الأمثلة على الاندماج النووي :

- التفاعل في القنبلة الهيدروجينية .
- التفاعلات في النجوم .

تمارين و اسئلة وزارية :

- قارن بين القنبلتين الانشطارية و الهيدروجينية من حيث :
  أ) الوقود المستعمل .
  ب) الطاقة الناتجة .
  ت) شروط التفاعل .

- يحدث في المفاعلات النووية عمليات انشطار نووي , أجب عما يلي :
  أ) على ماذا يقوم مبدأ عمل المفاعل النووي ؟
  ب) كيف يمكن تجنب حدوث تفاعل نووي ينطلق بسرعة كبيرة ؟

- قارن بين أشعة بيتا و أشعة غاما من حيث :
  أ) ماهيتها (طبيعتها) ؟
  ب) القدرة على التأيين ؟
  ت) السرعة ؟

- ما التغير الذي يحدث على كل من العدد الذري (a) و العدد الكتلي (b) للنواة $(^{b}_{a}X)$ غير المستقرة اذا :
  أ) اطلقت دقيقة ألفا .
  ب) بعثت أشعة غاما .

- قذفت نواة($^{9}_{4}$Be) بجسيم ألفا ($^{4}_{2}He$) طاقته الحركية (٠,٠٠٥٧) (و.ك.ذ) وفق التفاعل الاتي :

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

النواة أو الجسيم				
الكتلة (و.ك.ذ)	١٢,٠٠٣٩	٤,٠٠٣٩	١,٠٠٧٣	١,٠٠٨٧

اذا علمت أن الطاقة الحركية (ط= ٠,٠١٢) (و.ك.ذ) , و اعتماداً على البيانات المبينة في الجدول , أجب عما يلي :

أولاً : هل التفاعل النووي ماص , أم منتج للطاقة , ولماذا ؟

ثانياً : احسب : أ) كتلة نواة ($^{9}_{4}$Be) ؟

ب) معدل طاقة الربط النووي لكل نيوكليون لنواة ($^{12}_{6}$C) بوحدة (و.ك.ذ) ؟

- بالستعانة بالبيانات المبينة في الجدول احسب كل من :

النواة أو الجسيم			
الكتلة بوحدة (و.ك.ذ)	٨,٠٠٢٦	١,٠٠٨٧	١,٠٠٧٣

أ) نصف قطر نواة (Li).

ب) طاقة الربط النووية لنواة (Li) .

- أذكر ثلاثة من المبادئ التي يخضع لها التفاعل النووي الاتي :

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

- يمكن التعبير عن تفاعل الاندماج النووي بالمعادلة :

$$^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

أ) لماذا سمي هذا التفاعل بالتفاعل النووي الحراري ؟

ب) احسب طاقة الربط النووية لنواة $^{4}_{2}$He بوحدة (و.ك.ذ) , اذا علمت أن كHe= ٤,٠٠٣٩ (و.ك.ذ) .

- اكمل المعادلات التالية :

$$4(^{1}_{1}\mathrm{H}) \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + \cdots$$

$$^{14}_{6}\mathrm{C} \rightarrow {}^{14}_{7}\mathrm{N} + \cdots + \cdots$$

- اعط فائدة واحدة لكل مما يلي :

- الكتلة الحرجة .

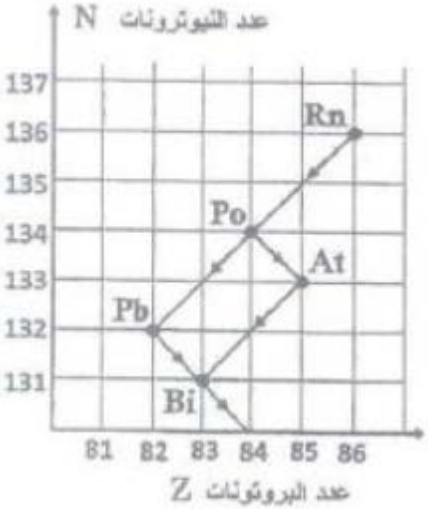
- طاقة الربط النووية .

- تخصيب اليورانيوم .

- المادة المهدئة في المفاعل النووي .

- في تفاعل نووي كان مقدار طاقة التفاعل (Q) = −٢,٦٤ مليون الكترون فولت , ماذا تعني الاشارة السالبة في المقدار ؟؟

- يمثل الشكل المجاور جزءاً من سلسلة الاضمحلال الاشعاعي لليورانيوم ٢٣٨ معتمداً على الشكل :



- ما عدد جسيمات ألفا و بيتا المنبعثة من اضمحلال Rn الى Bi ؟
- مثل اضمحلال الرصاص Pb الى Bi بمعادلة نووية موزونة ؟
- اكتب اثنين من المبادئ التي يخضع لها الاضمحلال الاشعاعي ؟

إجابات أسئلة الفصل السابع

(١)

رقم الفقرة	١	٢	٣	٤
رمز الإجابة الصحيحة	ب	جـ	د	جـ

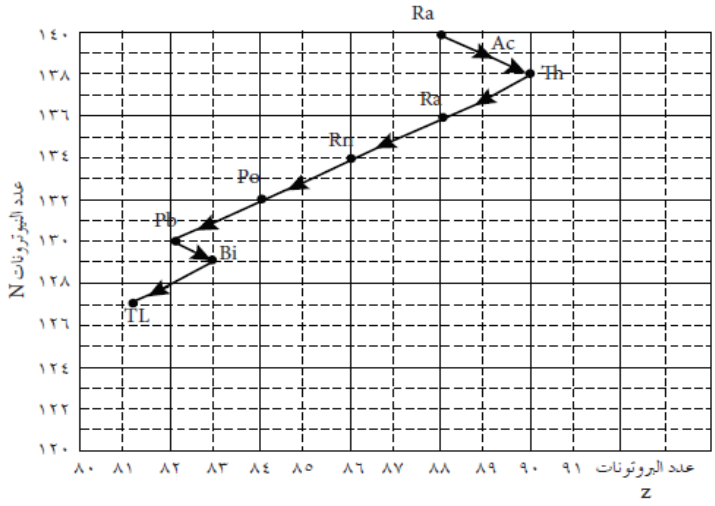
(٢)

$$_{+1}^{0}e + \gamma \ ، \ _{+1}^{0}e + \gamma \ , \ _{2}^{4}He$$

٣) 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 التأين وأشعة ألفا لها أكبر قدرة على التأين فهي الأخطر.

(٤)



٥) أ) طاقة الربط للنوى الناتجة أكبر من طاقة الربط للنواة الأصلية.

ب) طاقة الربط للنواة الناتجة أكبرمن طاقة الربط للنوى الأصلية.

جـ) 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 تفاعل الاندماج النووي.

هـ) ٨,٥–٨ = ٠,٥ مليون إلكترون فولت /نيوكليون

وبما أن عدد النيوكليونات الكلي = ٢٠٠ ، إذا :

ط= ٠,٥ × ٢٠٠ = ١٠٠ مليون إلكترون فولت.

إجابات أسئلة الفصل السابع

٦) Δ ك = (ك $_{Li}$ + ك $_{H}$ − ٢ك $_{\alpha}$) = ٦,١٥ + ٢,٠١٤١ − (٢ × ٤,٠٠٢٦)

= ٠,٠٢٤٤ و.ك.ذ

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

طاقة التفاعل (Q) = Δ ك س^{٢}

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

طاقة كل جسيم ألفا = $\frac{٣,٦٤ \times ١٠^{-١٢}}{٢}$ = ١,٨٢ × ١٠$^{-١٢}$ جول

٧) $^{55}_{25}Mn + $ س $\rightarrow$ $^{56}_{25}Mn$

$^{56}_{25}Mn \rightarrow {}^{56}_{26}Fe +$ ص

$^{56}_{26}Fe^{*} \rightarrow {}^{56}_{26}Fe + \gamma$

بما أن العدد الكتلي والعدد الذري محفوظين، إذا:

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

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

ط = Δ ك س^{٢}

Δ ك = $\frac{٥,٩ \times ١٠^{-١٣}}{٩ \times ١٠^{١٦}}$ = ٦,٥٥ × ١٠$^{-٣٠}$ كغ.

٨) أ) $^{139}_{57}La$ لأنها الأكثر استقرارًا.

ب)

العنصر	La	Pr	Cs
N	٨٢	٨٠	٨٤
Z	٥٧	٥٩	٥٥
$\frac{N}{Z}$	١,٤٤	١,٣٥	١,٥٣

جـ) نواة Pr تبعث بوزترون. لأن نسبة $\frac{N}{Z}$ أقل من النسبة التي تحقق الاستقرار .

نواة Cs تبعث الكترون .لأن نسبة $\frac{N}{Z}$ 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 الدوّارة آليًّا .

ب) لا . لأن قدرة ألفا على الاختراق قليلة .