

الفيزياء النووية Nuclear Physics

خصائص النواة (التركيب ، النظائر)

الاستقرار النووي

النشاط الإشعاعي الطبيعي

انحلال ألفا – خواص جسيمات ألفا

انحلال بيتا – خواص جسيمات بيتا

انحلال جاما – خواص أشعة جاما

المتسلسلات المشعة طبيعيا

الانشطار النووي

الاندماج النووي

تطبيقات على استخدام النظائر المشعة

مصادر الأخطار للمواد المشعة والوقاية منها

خصائص النواة

تركيب النواة

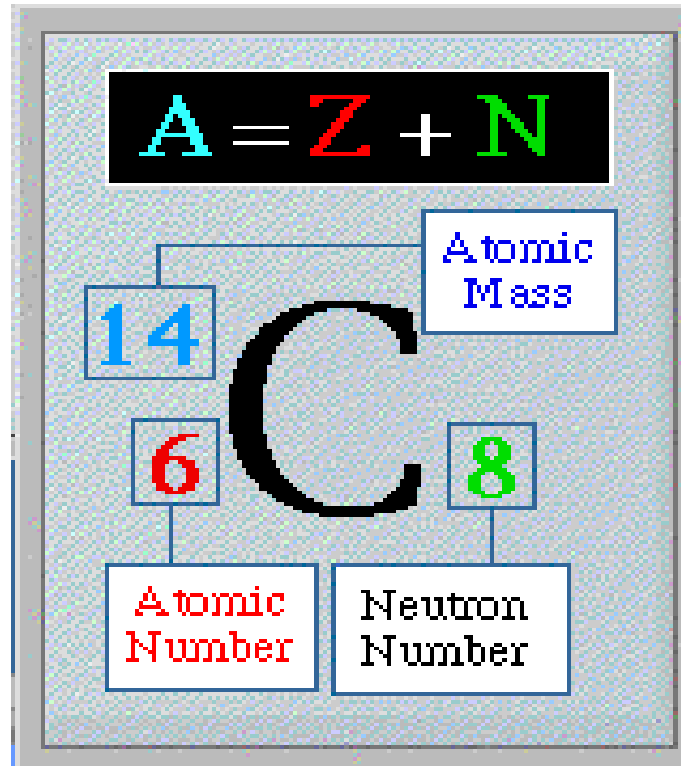
- البروتونات (P) وهى جسيمات موجبة الشحنة وتساوي شحنتها شحنة الإلكترون.
- النيوترونات (n) وهى جسيمات غير مشحونة وتستخدم كقذيفة ممتازة لتحطيم النواة لأنها لا تتنافر معها ولا تتأثر بالمجالين الكهربائي والمغناطيسي .
- النيوكلون : هو اسم يطلق على النيوترون والبروتون على حد سواء .
- العدد الذري **Z** (هو عدد البروتونات في النواة)
- عدد الكتلة **A** (هو مجموع أعداد البروتونات وأعداد النيوترونات في النواة)
- $A = n + Z$: عدد الكتلة = عدد البروتونات + عدد النيوترونات

خصائص النواة

تركيب النواة

الوزن الذري A = عدد الكتلة

العدد الذري Z = عدد البروتونات p



مثال: عنصر الحديد عدد الكتلة له = 56 وعدده الذري = 26 ، احسبي عدد كل من: النيوترونات والبروتونات $\{ {}_{26}^{56}\text{Fe} \}$

الحل: عدد النيوترونات = $56 - 26 = 30$ نيوترون ، عدد البروتونات = 26 بروتون

خصائص النواة

Isotopes النظائر

هي ذرات لعنصر واحد تتفق في العدد الذري (عدد البروتونات) وتختلف في عدد الكتلة بسبب اختلاف عدد النيوترونات .

أمثلة للنظائر



كتلة النواة

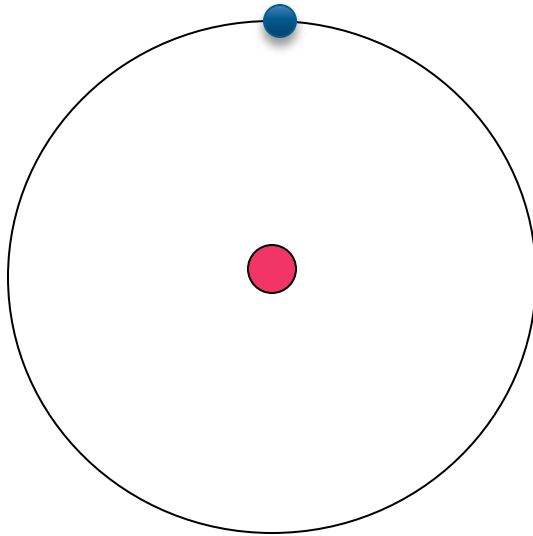
كتلة النواة = (عدد البروتونات × كتلة البروتون) + (عدد النيوترونات × كتلة النيوترون)

النظائر Isotopes

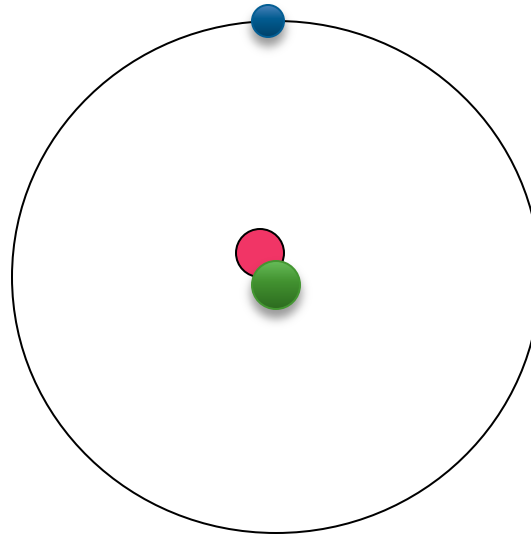
● إلكترون

● نيوترون

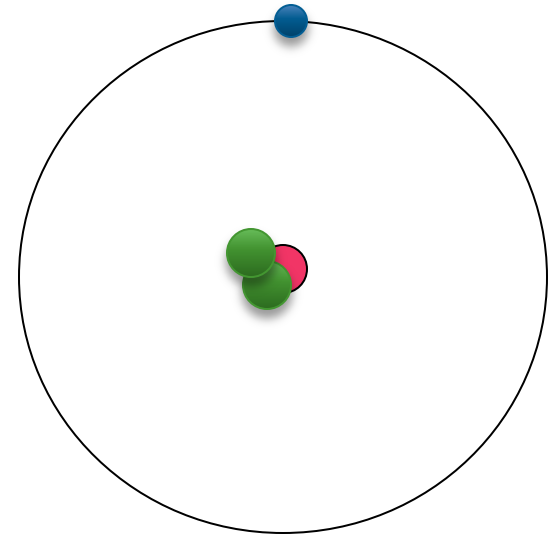
● بروتون



الهيدروجين ${}^1\text{H}_1$



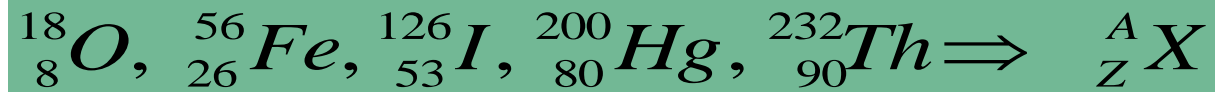
الديوتيريوم ${}^1+1\text{H}_1$



التريتيوم ${}^1+2\text{H}_1$

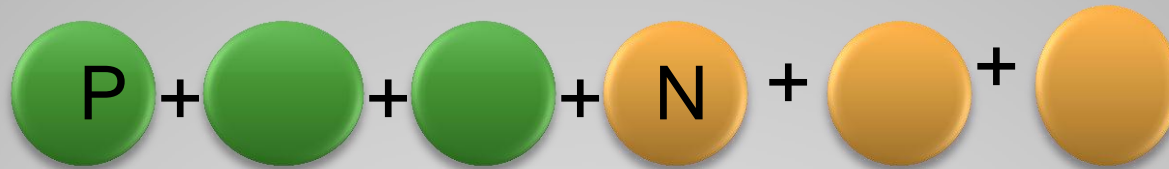
خصائص النواة

احسبي عدد البروتونات والنيوترونات لنوى النظائر التالية ؟



A X	P	N
${}^{18}\text{O}$		
${}^{56}\text{Fe}$		
${}^{126}\text{I}$		
${}^{200}\text{Hg}$		
${}^{232}\text{Th}$		

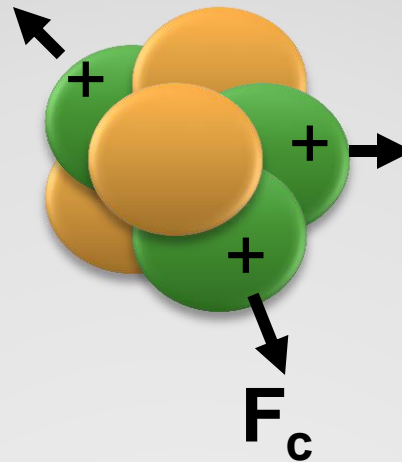
طاقة الترابط النووي



الإجابة هي:

-القوى النووية

-على حساب الكتلة



ما السر وراء تماسك

النواة بالرغم من وجود

قوة تنافر كبيرة جدا؟

وعلى حساب من؟

$$\text{B.E} = [Z \cdot M_p + N \cdot M_n - M](u) \times 931.5 \quad (\text{MeV})$$

الاستقرار النووي

منشأ طاقة الربط النووي يرجع إلى أن كتلة نواة أي عنصر بطريقة حسابية هي دائماً أكبر من كتلة نواة العنصر نفسه باستخدام مطياف الكتلة وهذا الفرق سببه هو تحول جزء من الكتلة الى طاقة ربط نووي .

خصائص طاقة الربط النووي :

- 1- تعمل على ربط البروتونات مع بعضها . 2-تعمل على ربط البروتونات مع النيوترونات .
- 3- تقل قيمتها مع زيادة قطر النواة (أي مع زيادة عدد البروتونات وعدد النيوترونات) .

سبب عدم تفكك النواة رغم أن بها بروتونات في حالة تنافر : طاقة الربط النووي تعمل على ربط مكونات النواة .

الاستقرار النووي :هو تماسك النواة رغم وجود بروتونات بها لها نفس الشحنة الموجبة وفي حالة تنافر .

سبب استقرار النواة: يرجع إلى وجود طاقة ربط نووية تحفظ البروتونات داخل النواة دون تنافر وهذه الطاقة تعمل على تماسك النواة .

من النادر وجود نواة في حالة استقرار فيها أكثر من 100 بروتون ، وذلك لأن زيادة البروتونات تؤدي إلى زيادة نصف قطر النواة ، فتقل طاقة الربط النووي عن قوة تنافر البروتونات فيؤدي ذلك إلى تفكك النواة .

طاقة الترابط النووي

مثال:

احسبي طاقة الترابط النووي لنواة الديوتيريوم ${}^2_1\text{H}$ ؟

$$M_D = 2.013547 \text{ amu}$$

$$M(n) = 1.008665 \text{ amu}$$

$$M(p) = 1.007277 \text{ amu}$$

الحل :

$$\text{B.E.} = 1 \times 1.008665 + 1 \times 1.007277 - 2.013547$$

$$= 0.002395 \text{ amu}$$

$$= 0.002395 \text{ amu} \times 931 = 2.23 \text{ MeV}$$

$$\text{B.E./nucleon} = 2.23 / 2 = 1.165 \text{ MeV}$$

طاقة الترابط النووي

احسبي طاقة الترابط النووي لنواة الحديد-56؟



$$M_{\text{Fe}} = 55.934932 \text{ amu}$$

$$M(n) = 1.008665 \text{ amu}$$

$$M(p) = 1.007277 \text{ amu}$$

الحل :

$$\begin{aligned} \text{B.E.} &= 30 \times 1.008665 + 26 \times 1.007277 - 55.934932 \\ &= 0.51422 \text{ amu} \end{aligned}$$

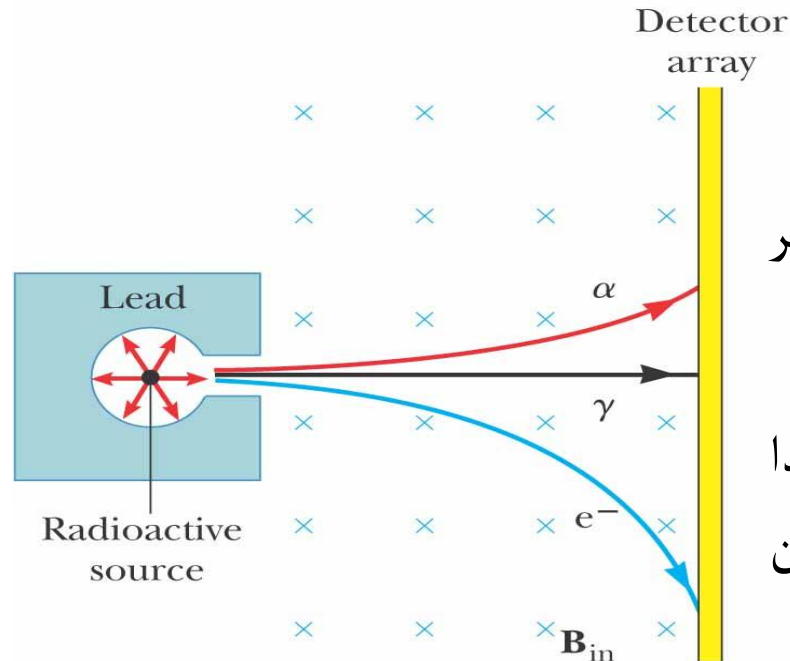
$$= 0.51422 \text{ amu} \times 931 = 478.73 \text{ MeV}$$

$$\text{B.E./nucleon} = 478.73 / 56 = 8.549 \text{ MeV}$$

النشاط الإشعاعي الطبيعي Natural Radioactivity

➤ النشاط الإشعاعي الطبيعي هو: انبعاث اشعاعات بشكل طبيعي من العناصر المشعة مثل اليورانيوم.

➤ صور الإشعاع الطبيعي هي: إما جسيمات ألفا (نواة ذرة الهليوم) أو جسيمات بيتا (شبيهة بالإلكترون له كتلة وشحنة) أو أشعة جاما (موجات كهرومغناطيسية).



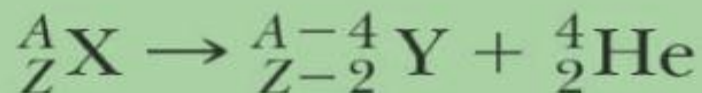
خصائص النشاط الإشعاعي الطبيعي

❑ النشاط الإشعاعي ليس إلا تحللاً أو تفككاً للنواة غير المستقرة والتي تتحول لنواة عنصر آخر.

❑ يصبح التفكك أو التحلل الإشعاعي لنواة ممكن إذا كانت كتلة النواة أكبر من كتلتي النواة الناتجة عن التحلل وكتلة أي من جسيمات ألفا أو بيتا.

انحلال ألفا: تتحول نواة العنصر التي يخرج منها ألفا إلى نواة عنصر آخر ينقص فيها العدد الذري بمقدار (2) وعدد الكتلة بمقدار (4) .

Alpha decay



لكي ينبعث جسيم ألفا من النواة يجب أن تكون له طاقة حركية يتحرك بها خارج النواة ، وهذه الطاقة يكتسبها من الفرق بين كتلة النواة الأم M_X والكتل الناتجة (كتلة النواة الناتجة M_Y وكتلة جسيم ألفا M_α) ، فهناك طاقة متحررة تسمى بطاقة التفكك Q .

$$Q (\text{MeV}) = [M_X - (M_Y + M_\alpha)](u) \times 931.5$$

➤ شرط انبعاث جسيمات ألفا وهو $Q > 0$ أي ان

➤ فإذا كانت قيمة الطاقة أكبر من صفر فانبعاث جسيمات ألفا يكون ممكن .

جسيمات ألفا: هي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم وشحنتها موجبة نتيجة فقدتها إلكترونين.

خواص جسيمات ألفا:

- 1- كتلة جسيمات ألفا كبيرة مقارنة بجسيمات بيتا.
- 2- تفقد طاقتها في مدى قصير في الهواء يبلغ 3cm ، ولهذا فقدرتها على الاختراق ضعيفة ولهذا يمكن امتصاصها بلوح من الألومنيوم سمكه 0.5mm .
- 3- مسار جسيمات ألفا عادة في خط مستقيم لأن كتلة جسيم ألفا كبير جداً مقارنة بكتلة الإلكترون المصدوم فهي تزيحه عن طريقها دون أن تنحرف عن مسارها.
- 4- يخرج إشعاع ألفا من أنوية الذرات ذات العدد الكتلي الكبير مثل أنوية ذرات عنصر اليورانيوم .
- 5- تنحرف بالمجال الكهربائي والمغناطيسي وتؤين الهواء لأنها مشحونة .

انبعاث جسيمات بيتا

التحلل الإشعاعي



انبعاث جسيمات بيتا السالبة

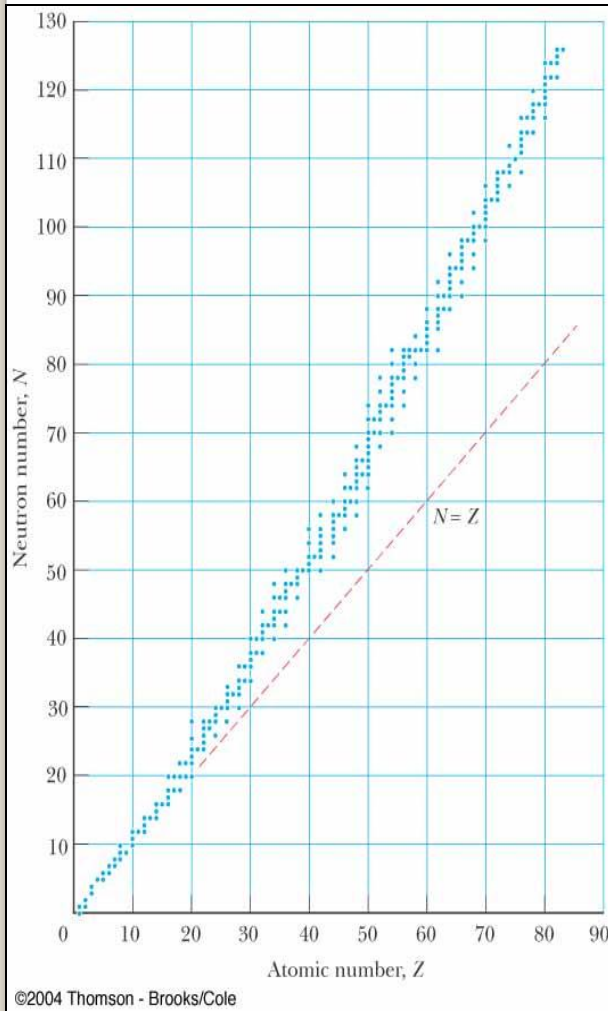
كيف تنبعث جسيمات بيتا السالبة: عندما يتحول نيوترون إلى بروتون وجسيم بيتا وذلك في الذرات غير المستقرة والتي تكون فيها نسبة النيوترونات إلى البروتونات كبيرة ، فلكي يحدث استقرار تنقص النواة من عدد نيوترونها. تتحول إلى نواة أخرى يزيد فيها العدد الذري بمقدار واحد ولا يتغير عدد الكتلة.



انبعاث جسيمات بيتا الموجبة

كيف تنبعث جسيمات بيتا الموجبة : تخرج من الأنوية التي فيها عدد البروتونات أكبر نسبياً من عدد النيوترونات لأن بروتون يتحول نيوترون و (β^+). تتحول إلى نواة أخرى ينقص فيها العدد الذري بمقدار واحد ولا يتغير عدد الكتلة.

جسيمات بيتا : هي جسيمات مصدرها النواة ولها نفس شحنة وكتلة الإلكترونات.



خواص جسيمات بيتا :

- 1- خفيفة بالنسبة لجسيمات ألفا.
 - 2-مدى تقدمها في المادة كبير مقارنة بجسيمات ألفا التي لها نفس الطاقة ويصل مداها إلى حوالي 3m . ويمكن امتصاصها بلوح من الألومنيوم سمكه 5mm.
 - 3-مسار جسيمات بيتا داخل المادة متعرجاً بسبب تصادمها المتعاقب مع الإلكترونات التي لها نفس كتلة جسيم بيتا.
 - 4-تنبعث جسيمات بيتا من المادة عندما يحيد نسبة النيوترونات إلى البروتونات عن قيمة محددة كما هو موضح بالرسم البياني.
 - 5-تنحرف بالمجالين الكهربائي والمغناطيسي وتسبب تأين للهواء لأنها مشحونة .
- * لجسيمات بيتا نفس الخصائص إلا أن انحراف (β^-) عكس انحراف (β^+) .

كيف تنبعث أشعة جاما : بعد التفكك الإشعاعي وانبعاث جسيمات ألفا أو بيتا ، قد تحتوي النواة الناتجة من التفكك على طاقة زائدة تكون النواة في حالة إثارة ، ولكي تستقر تتخلص النواة من الطاقة الزائدة بانبعاث أشعة جاما وهي موجات كهرومغناطيسية. وهي عملية تشبه الأشعة السينية من حيث الأساس إلا أن الأشعة السينية في مجال الذرة ، وأشعة جاما في مجال النواة.

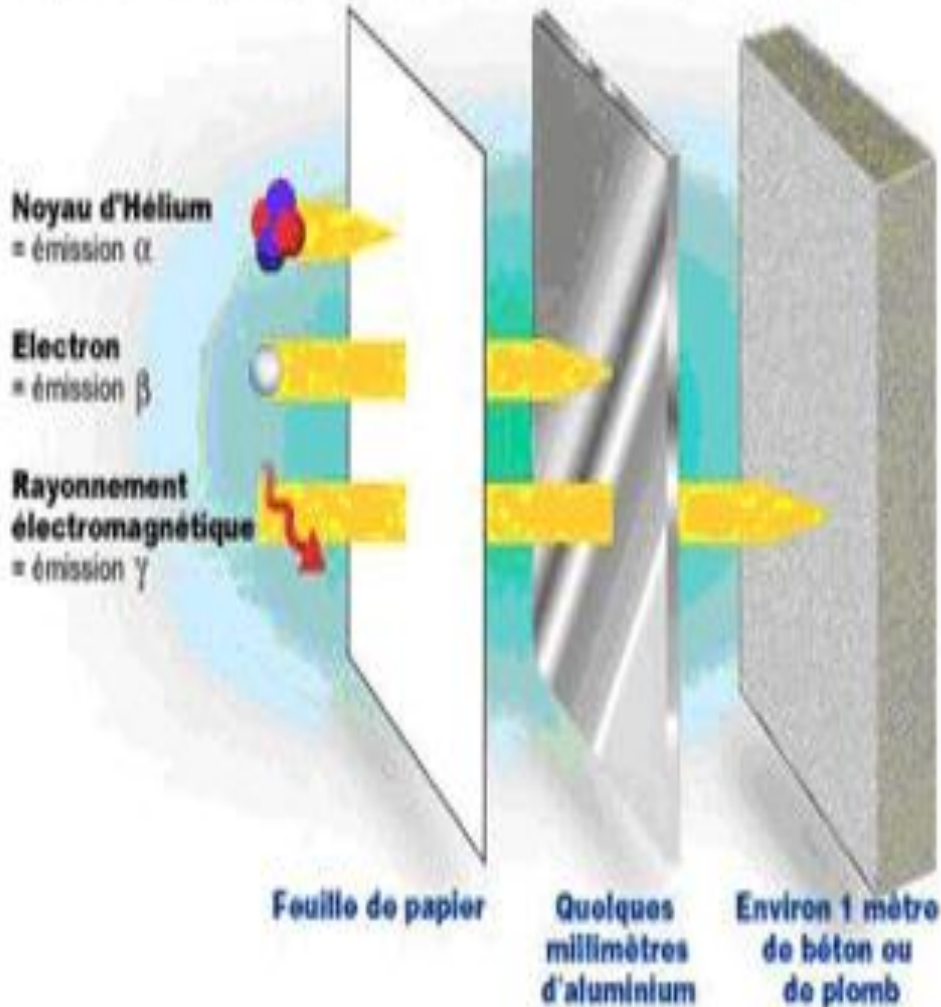


خواص أشعة جاما :

- 1- قدرتها على النفاذية عالية اكبر من ألفا وبيتا وتسبب خطر على الكائنات الحية لأن طاقتها عالية .
- 2- تنفذ من جدار خرسانة سمكه 10cm.
- 3- قدرتها على تأين الذرات ضعيفة .
- 4- لا تتأثر أشعة جاما بالمجاليين الكهربائي والمغناطيسي لأنها غير مشحونة .
- 5- تستخدم في تشخيص الأمراض والأورام في مجال الطب النووي .

التحلل الإشعاعي

Le pouvoir de pénétration des différents rayonnements



أشعة ألفا α :

وهي غير قادرة على اختراق الجلد

أشعة بيتا β :

تستطيع المرور عبر نسيج الجسم

البشري لمسافة 1-2 cm

أشعة جاما γ :

لا يستطيع إيقافها إلا الرصاص

السميك أو طبقة كثيفة من الماء.

التحلل الإشعاعي

مثال 1: احسبي أعلى طاقة لجسيمات بيتا سالبة المنبعثة من نظير الكربون-14 ؟

$$M(^{14}_6\text{C})=14.003242 \text{ u} \ \& \ M(^{14}_7\text{N})=14.003074 \text{ u} \ \& \ M(e)=0.000549\text{u}$$

$$Q \text{ طاقة التفكك} = [M_X - (M_Y + M_e)] (\text{u}) \times 931.5 \quad (\text{MeV})$$

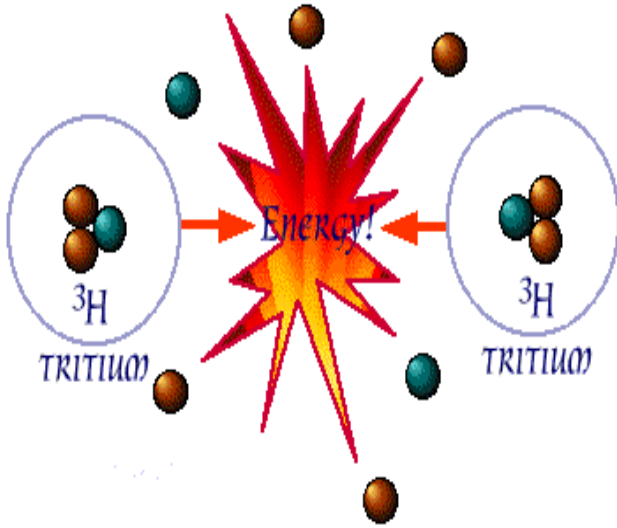
مثال 2: احسب أعلى طاقة لجسيمات بيتا الموجبة المنبعثة من نظير البوتاسيوم-37؟

$$M(^{37}_{19}\text{K})=36.973365 \text{ u} \ \& \ M(^{37}_{18}\text{Ar})=36.966772 \text{ u} \ \& \ M(e)=0.000549\text{u}$$

$$Q \text{ طاقة التفكك} = [M_X - (M_Y + M_e)] (\text{u}) \times 931.5 \quad (\text{MeV})$$

Nuclear fission

الانشطار النووي



الانشطار النووي : هو انقسام النواة الثقيلة جداً عند قذفها بجسيم مثل النيوترون إلى نوى متوسطة أكثر ثباتاً.

يفسر هذا الانشطار بأن النواة عند التقائها مع النيوترون المقذوف تصبح نواة غير مستقرة ، ويبدأ سطحها بالتشوه عن الشكل الكروي ، ثم تكون على وشك الانفصال إلى جزأين متساويين تقريباً ، ثم يتم انفصالها أو انشطارها تماماً فعند قذفها بنيوترونات تنتج طاقة بسبب زيادة الكتلة الداخلة في التفاعل عن الكتلة الناتجة من التفاعل ، والنوى الناتجة تكون عادة غير مستقرة فتتحلل مطلقة إشعاعات بيتا وجاما حتى تصل النوى إلى حالة الإستقرار.

Nuclear fusion

الاندماج النووي



الاندماج النووي (الالتحام) : هي التفاعلات التي تحدث نتيجة اندماج أنوية عناصر خفيفة لتكوين نواة لعنصر أثقل بحيث يتحول الفرق في الكتلة إلى طاقة اندماجية هائلة.

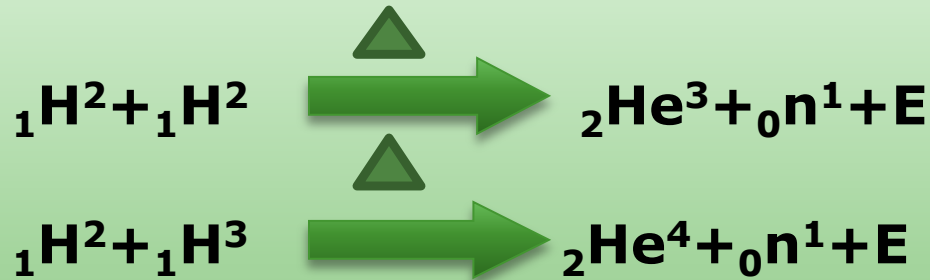
الاندماج النووي أقل خطورة من الانشطار النووي بسبب عدم وجود الاشعاعات النووية في هذا التفاعل ، وفي عملية الاندماج لا بد من توفر طاقة كبيرة من اجل التغلب على قوة التنافر بين النواتين وتقريبهما لبعض ليتاح لقوى الترابط النووي أن تعمل وهذه الطاقة اللازمة لبدء التفاعل تصل إلى 10^{10} كالفن ولذلك يستعان بتفاعل انشطاري للحصول على تفاعل اندماجي .

مثال لتفاعل اندماجي (القنبلة الهيدروجينية) : حيث يوضع بها قنبلة صغيرة انشطارية تكفي الطاقة الناتجة عنها لحدوث تفاعل اندماجي بين ذرات نظير الهيدروجين والتي هي من مكونات القنبلة الهيدروجينية .

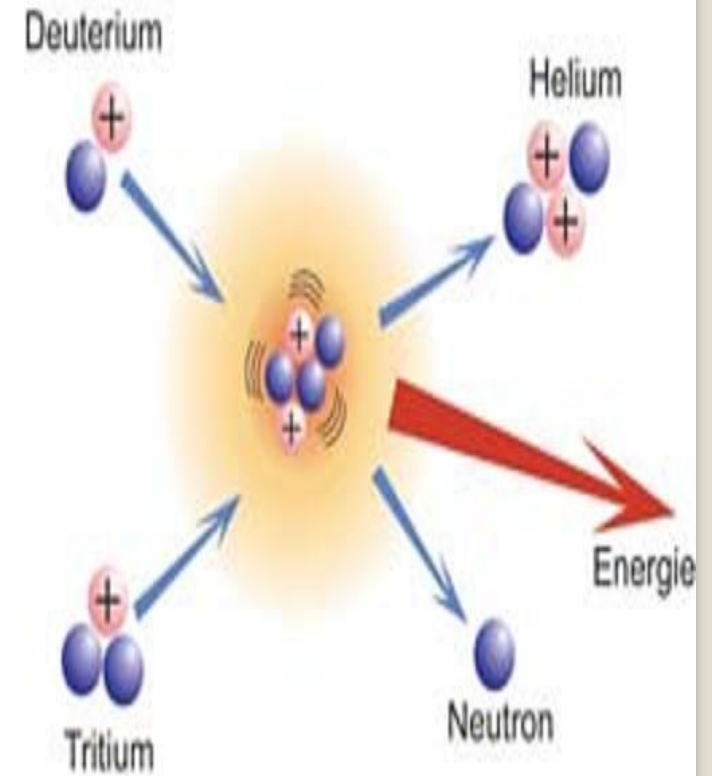
Nuclear fusion

الاندماج النووي

أمثلة لتفاعلات اندماجية للحصول على الهيليوم ونظيره



العناصر المستخدمة للحصول على طاقة اندماجية هي
نظائر الهيدروجين الثقيل وهما :
الديوتريوم (${}_1^2\text{H}$) ؛ التريتيوم (${}_1^3\text{H}$)



شروط التفاعل الاندماجي

1- نظائر الهيدروجين الثقيل ويتم الحصول عليها بالتحليل الكهربى للماء.

2- طاقة حرارية عالية (عللي)

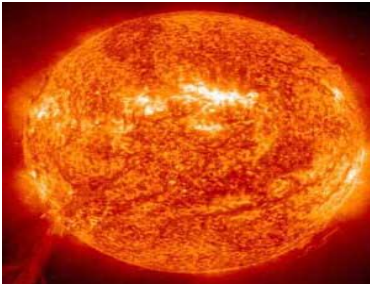
لتصبح أنوية نظائر الهيدروجين عارية من الكتروناتها حتى يسهل عليها عملية الاندماج ويستخدم تفاعل انشطاري متسلسل للحصول على الطاقة اللازمة.



عللي : حدوث التفاعلات الاندماجية داخل الشمس ؟

*بسبب وجود نظائر الهيدروجين .

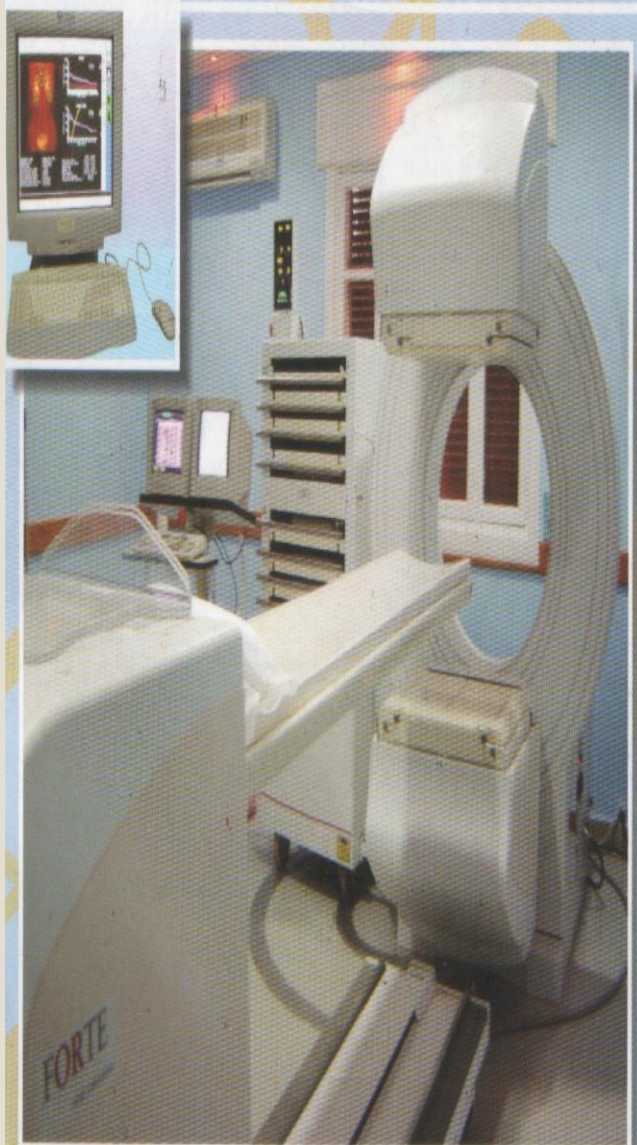
*بسبب درجة الحرارة العالية في باطن الشمس .



مزايا الحصول على طاقة اندماجية :

- 1- كبر الطاقة الاندماجية الناتجة .
- 2- لا يتخلف عن عملية الاندماج نواتج مشعة خطيرة .
- 3- نظائر الهيدروجين الثقيل متوفرة في مياه البحار .
- 4- يمكن الحصول على طاقة كهربية بطريقة مباشرة .

استخدام أشعة جاما في الطب



للتشخيص : التقاط أشعة جاما الصادرة عن جسم المريض وذلك بعد حقنه بالنظير المشع المناسب للحالة الدراسية التي ستجرى له ومن ثم أخذ هذه الأشعة وتحويلها إلى نبضة كهربائية وتضخيمها عبر حواسيب معقدة لتوضح كيفية توزيع تلك المادة المشعة في جسم المريض والذي نعبر فيه عن عمل فيزيولوجي للخلية الحية

للعلاج : وذلك باستخدام نظائر مشعة مثل نظير السترونتيوم والسماريوم والكوبالت والسييزيوم وهي إما أن تزرع على شكل كبسولات تحت الجلد قرب المنطقة المصابة أو أنها توجه بشكل مباشر على شكل حزمة شعاعية بطاقة محسوبة لتدمير الجزء المراد التخلص منه .

تنقسم الإشعاعات التي تؤثر على الإنسان إلى قسمين هما :

1. إشعاعات طبيعية :أ- من الأشعة الكونية التي تصل إلى الارض من الشمس ، ومن الفضاء الخارجي عموماً.
ب _ من النظائر المشعة المختلطة مع تربة الأرض .

وشدة هذه الإشعاعات غالباً ضئيلة ولا تؤثر كثيراً على الكائن الحي إلا إذا تعرض بشكل متكرر.

1. إشعاعات صناعية : يستخدمها الإنسان في النواحي السلمية والحربية ، وهي عالية الشدة تضر بالإنسان والبيئة.

لذا فإن وكالة الطاقة الذرية الدولية أصدرت قرارات لحماية الأشخاص العاملين في هذه المصانع وتطبيقاتها بأن لا تتجاوز الجرعة الإشعاعية المكافئة : (2رم في السنة) 2rem/year ،

أما الجمهور غير العاملين فأعلى قيمة للجرعة المسموح بها هي : 0.2rem/year

أثرها على الإنسان :

تتأثر الخلايا الحية بالإشعاعات بسبب التأين الذي تحدثه لذرات الخلايا حيث تزيل أحد الإلكترونات في مدارات الذرات المكونة لجزيئات خلايا العضو ويؤدي ذلك إلى تحطيم الجزيئات في ذلك العضو وتكوين فصائل كيميائية نشطة.

كما أن الخلايا الحية تحتوي على جزيئات الماء وعند تأين جزيئات الماء إلى هيدروجين وأكسجين وأيونات هيدروكسيد يؤدي ذلك إلى التأثير على ترابط البروتينات في الخلايا فتختل وظائف تلك الخلايا.

Radiation Absorbed Dose: جرعة الامتصاص الإشعاعية

هي وحدة فيزيائية تشمل جميع أنواع الإشعاعات المؤينة ولا تعتمد على نوع الوسط المترسبة فيه ، ولكن تعتمد على كمية الطاقة الممتصة في ذلك.

$$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ J/kg}$$

أثرها على الإنسان :

الجرعة المكافئة للإنسان :

تختلف درجة التأثير البيولوجي الناتج بحسب نوع الإشعاع ، وقد اصطلح على أن (رم واحد) من أي نوع من الإشعاعات يحدث نفس الأثر البيولوجي على الجسم الحي ، ولحساب الجرعة تستخدم المعادلة التالية :

معامل النوعية (QF) × rad = الجرعة بوحدة rem

مثال : تعرض شخص في سنة إلى جرعة من أشعة جاما قدرها 2 rad ، وجرعة نيوترونات بطيئة قدرها 1 rad ، وجرعة من البروتونات مقدارها 0.5 rad ، فإذا كان $QF_{\gamma}=1, QF_N=5, QF_P=2$ ، فما هو مكافئ الجرعة الكلية بـ (rem) وهل يبقى في عمله ؟

$$\text{الجرعة بالرّم للجّاما} = 2 \times 1 = 2 \text{ rem}$$

$$\text{الجرعة بالرّم للنيوترونات} = 1 \times 5 = 5 \text{ rem}$$

$$\text{الجرعة بالرّم للبروتونات} = 0.5 \times 2 = 1 \text{ rem}$$

$$\text{الجرعة المكافئة في السنة} = 2 + 5 + 1 = 8 \text{ rem}$$

للأشخاص 0.2 rem للعاملين ، 2 rem يجب ألا يبقى في عمله ، فهذا الشخص في خطر ، لأنه يجب أن لا يزيد معدل الجرعة السنوية عن العاملين .