الفصل الخامس
التفاعلات النووية وتطبيقاتها

التفاعلات النووية

هي التفاعلات التي تتم عند قذف نوى ذرات العناصر بجسيمات خاصة تعرف بالقذائف النووية.

أهميتها:

1. التفاعلات النووية هي الوسيلة لتحرير الطاقة المخزنة في النواة.
2. الحصول على عناصر مشعة.
3. الحصول على قذائف نووية.

أنواع التفاعلات النووية:

يمكن تقسيم التفاعلات النووية إلى قسمين، وهما:

أولاً: حسب نوع القذيفة

1. تفاعلات البروتون المعجل.
2. تفاعلات الديترون المعجل.
3. تفاعلات دقيقة ألفا.
4. تفاعلات النيوترون.
5. تفاعلات الفوتونات.
6. تفاعلات الأيونات الثقيلة.

ثانياً: حسب نوع التحول الناتج

أ- تفاعل الأسر:

وفيه تؤسر القذيفة بواسطة نواة الهدف وتخرج طاقة القذيفة بصورة فوتونات جاما.

ب- تفاعل الجسيم جسيم

وفيه تقذف نواة الهدف بقذيفة فيتبخر منها أحد الجسيمات، مثل: بروتون أو نيوترون أو دقيقة ألفا.

obeikan.com

ج- تفاعل انشطاري

وفيه تنشطر نواة ثقيلة إلى نواتين متقاربتين في الكتلة ويحدث نقص في الكتلة يتحول إلى طاقة كبيرة وخروج بعض النيوترونات مثل تفاعل انشطار يورانيوم بواسطة نيوترونات بطيئة.

د- تفاعل اندماجي

وفيه تندمج نواتين خفيفتين في نواة واحدة ويحدث نقص في الكتلة يتحول إلى طاقة طبقاً لقانون آينتشين، ومثال ذلك اندماج نظائر الهيدروجين وتكوين الهيليوم.

ر- تفاعل تفتت

ويحدث عند استعمال قذائف ذات طاقة عالية جداً، وفيه تنقسم النواة المركبة إلى عدة نوى صغيرة مختلفة عن بعضها في الكتلة.

ملاحظات

1. النيوترون أحسن القذائف النووية لأحداث التفاعل النووي. لأنه جسيم متعادل لا يعاني تنافراً مع النواة فيصل إليها بسهولة ويحدث التفاعل بأقل الطاقات.

2. الديترون أكفأ قذيفة نووية موجبة لإتمام التفاعل النووي. لأن الديترون يتكون من بروتون ونيوترون يرتبطان برباط ضعيف. فعند قذف الديترون على نواة الهدف يمكن أن ينفصل البروتون عن النيوترون ويرتد بالتنافر بينما يصل النيوترون إلى النواة ويحدث التفاعل النووي.

التفاعلات النووية Types of Nuclear Reactions

يمكن تقسيم التفاعلات النووية الى أربعة أقسام، وهي:

1. التحلل النووي التلقائي Radioactive decomposition.
2. التفاعل النووي غير التلقائي Nuclear disintegration.
3. الانشطار النووي Nuclear fission.
4. الاندماج النووي Nuclear fusion.

1. التحلل النووي التلقائي

تتحلل أنوية العناصر الثقيلة غير المستقرة تلقائياً إلى أنوية أخف وأكثر استقراراً، ويصدر عنها دقائق ألفا أو بيتا أو أشعة غاما.

أمثلة :

. تحول نظير اليورانيوم تلقائياً إلى نظير الثوريوم وانطلاق دقيقة ألفا:

$$_{92}U^{238} \longrightarrow {}_{90}Th^{234} + {}_{2}He^{4}$$

. تحول نظير الثوريوم تلقائياً إلى نظير البروتاكتينيوم وانطلاق دقيقة بيتا:

$$_{90}Th^{234} \longrightarrow {}_{91}Pa^{234} + {}_{-1}e^{0}$$

2. التفاعل النووي غير التلقائي

في هذا النوع من التفاعلات تستخدم الجسيمات النووية كقذائف تسلط على أنوية ذرات غير مستقرة فتحولها الى أنوية أكثر استقراراً مطلقة بروتون أو نيوترون.

ومن أمثلة هذا النوع من التفاعلات قذف ذرات البريليوم بجسيمات الفا وينتج بفعل ذلك عنصر الكربون.

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

وقد تمكن العلماء من استخدام هذا النوع من التفاعلات النووية لتحضير عناصر ثقيلة من عناصر أخف منها.

ومن الأمثلة على ذلك تحويل الألومنيوم إلى نظير الفسفور.

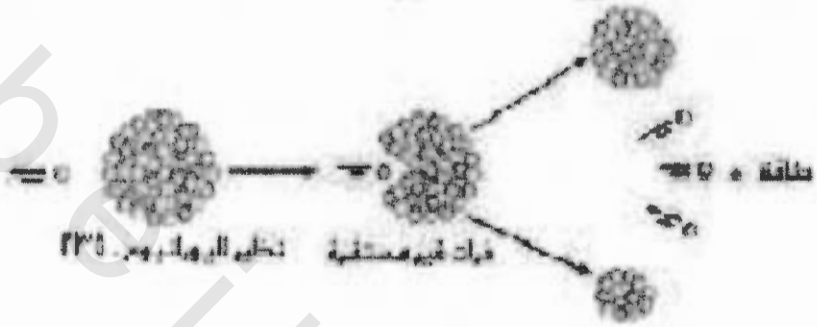
$$_{13}Al^{27} + {}_{2}He^{4} \longrightarrow {}_{15}P^{30} + {}_{0}n^{1}$$

3. الانشطار النووي

نظراً لكون النيوترونات أجسام غير مشحونة فهي ذات قدرة عالية على اختراق أنوية العناصر موجبة الشحنة، ولهذا السبب فهي تستخدم كقذائف يمكن أن تصل إلى النواة بسهولة فتندمج معها أو تشطرها.

وقد قام العلماء بتسليط النيوترونات على ذرات عنصر اليورانيوم (يورانيوم- 235) واكتشفوا أن ذرة اليورانيوم تنشطر إلى جزأين، وينتج عن ذلك أيضاً ثلاثة نيوترونات وكمية هائلة من الطاقة.

$$_{92}U^{235} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{56}Ba^{139} + {}_{36}Kr^{94} + 3\,{}_{0}n^{1}$$



4. الاندماج النووي

يشتمل هذا التفاعل على اندماج نواتين خفيفتين لانتاج نواة أكبر.

ومثال ذلك اندماج ذرات نظائر الهيدروجين لاعطاء ذرات هيليوم وكمية هائلة من الطاقة.

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

ورغم اعطاء هذا التفاعل كمية هائلة من الطاقة، إلا أنه لا يبدأ إلا اذا زود بطاقة عالية للتغلب على التنافر الشديد بين أنوية الذرات التي ستندمج، ومثل هذه الطاقة لا يتم توفيرها الا من خلال تفاعل انشطار نووي. ويعتقد أن هذا التفاعل هو المسؤول عن الطاقة المنبعثه من الشمس.

وسوف نتناول كل من الانشطار والاندماج النووري بشيء من التفصيل في الفصول التالية.

التفاعل النووي المتسلسل Chain reaction

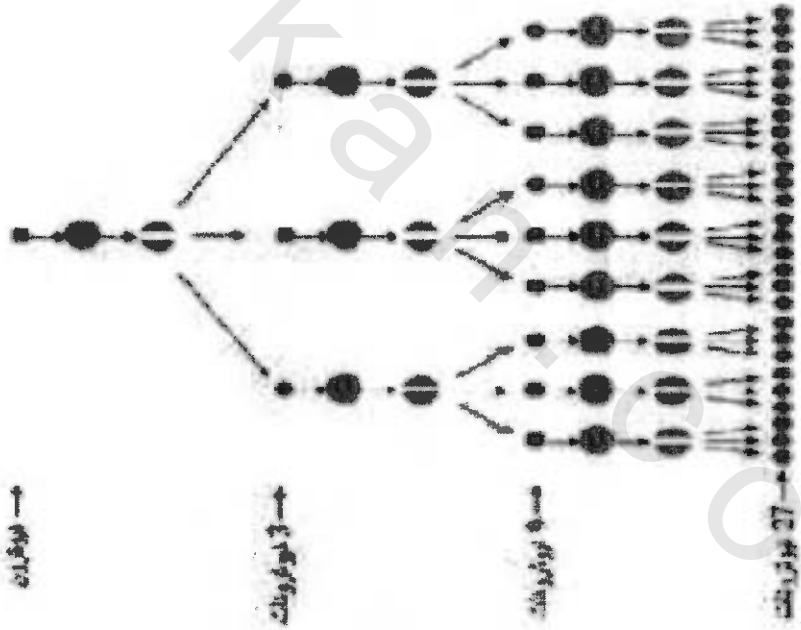
التفاعل النووي المتسلسل هو تفاعل انشطار نووي ينتج عنه عدد من النيوترونات لها القدرة على تكرار التفاعل.

يتطلب التفاعل النووي المتسلسل نيوترون واحد لبدء تفاعل انشطار أنوية اليورانيوم (235) فينشأ عن هذا التفاعل نواتي عنصرين جديدين، وينتج أيضاً ثلاثة نيوترونات أو نيوترونين وكمية هائلة من الطاقة.

$$_{92}U^{235} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{56}Ba^{1} + {}_{36}Kr^{94} + 3\,{}_{0}n^{1}$$

وكل نيوترون له القدرة على أن يكرر التفاعل السابق مع ذرة يورانيوم أخرى بشكل متسلسل والذي يؤدي إلى أعداد هائلة من الانشطارات، إلى أن تنشطر جميع أنوية اليورانيوم أو أن تفقد النيوترونات القدرة على شطر أنوية اليورانيوم.

استرعى هذا التفاعل اهتمام العسكريين وتمكنوا من خلاله من صنع القنبلة النووية، كما أن هذا التفاعل يستخدم للحصول على الطاقة الكهربائية في المحطات الكهرنووية.



التفاعل المتسلسل

التفاعلات النووية وحاجز الجهد النووي

اذا حدث تفاعل لذرة عنصر معين، ولم تلعب الالكترونات دوراً فيه، وأدى هذا التفاعل إلى تغيير عدد نيوكليونات النواة، فإن هذا التفاعل يسمى تفاعلاً نووياً واذا تغيّر العدد الذري للعنصر خلال هذاالتفاعل ينتج عنصراً جديداً، أما اذا تغيّر العدد الكتلي للعنصر فينتج نظيراً للعنصر الداخل في التفاعل وبذلك يكون التفاعل النووي: "هو التفاعل الذي يغيّر النواة ".

وقد يتم التفاعل النووي لعنصر معين بدون مؤثر خارجي وقد تحدثنا عن هذا النوع في الفصل السابق والذي يسّمى "النشاط الاشعاعي الطبيعي".

وقد نقوم نحن باستحداث مؤثرات خارجية وفي هذه الحالة يسمّى التفاعل باسم " التفاعل النووي الاصطناعي".

حاجز الجهد النووي Nuclear Potential Barrier

لاحداث تفاعل نووي بين نواتين، لابد من تقريبهما من بعضهما إلى مسافة يبدأ عندها تأثير النوى النووية، ولذلك يتم تسريع احداهما لاكسابها طاقة حركية كافية تمكّنها من الاقتراب من النواة الأخرى والتغلب على قوى التنافر الكهرسكونية بينهما. فاذا قذف جسيم موجب الشحنة شحنة (القذفية) ($ش_1$) باتجاه نواة ثقيلة ($ش_2$)، فان طاقة حركة الجسيم ($ط_ح$) تتناقص تدريجياً نتيجة قوة التنافر بينه وبين النواة، ولذلك تزداد طاقة الوضع ($ط_و$).

$ط_و$ اذا ما أريد لهذا الجسيم أن يصل إلى جدار النواة ، فإنه ينبغي أن يمتلك طاقة حركية أكبر من $ط_و$، حيث:

$$ط_و = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{ش_1 \, ش_2}{نق} \longrightarrow 1$$

حيث نق: نصف قطر نواة الهدف.

وتسمى هذه الكمية حاجز الجهد النووي.

والذي يعرف على أنه "أقل طاقة حركية للقذيفة تمكنها من بلوغ جدار الهدف" ويحسب من العلاقة (1) .

ومما سبق نستنتج ما يلي:

1) لاحداث تفاعل نووي يجب أن تكون الطاقة الحركية للقذيفة أكبر من أو تساوي حاجز الجهد النووي حتى تتمكن القذيفة من الوصول إلى جدار النواة ويستحيل حدوث التفاعل اذا كانت الطاقة الحركية للقذيفة أقل من حاجز الجهد النووي.

2) يتناسب حاجز الجهد النووي تناسباً طردياً مع العدد الذري لكل من القذيفة والهدف وبذلك يصبح التفاعل النووي أكثر صعوبة كلما زاد العدد الذري للهدف أو القذيفة.

3) أفضل القذائف هي النيوترونات لأنها لا تحمل شحنة كهربائية، وبذلك يكون حاجز الجهد النووي للتفاعل مساوياً للصفر لأنه لا يوجد بينه وبين الهدف قوة تنافر.

ومن القذائف النووية المستخدمة بالاضافة للنيوترونات، البروتون (${}_{1}^{1}H$)، والديوترون (${}_{1}^{2}H$)، والهيليوم (${}_{2}^{3}He$)، وجسيمات ألفا (${}_{2}^{4}He$).

التفاعل النووي الاصطناعي

كان رذفورد أول من أجرى تفاعل نووي صناعي في العام 1919، حيث قذف نوى النتروجين ${}_{7}^{14}N$ بجسيمات ألفا فينتج من هذا التفاعل نوى اكسجين ${}_{8}^{17}O$ وبروتونات حسب المعادلة الآتية:

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

Oberikan.com

وتخضع هذه المعادلة النووية للمبادئ التالية:

1- مبدأ بقاء الشحنة: أي أن مجموع الأعداد الذرية للمواد المتفاعلة يساوي مجموعة الأعداد الذرية للمواد الناتجة من التفاعل.

2- مبدأ بقاء العدد الكتلي: أي أن عدد النيوكليونات الداخلة في التفاعل يساوي عدد النيكليونات الخارجة التفاعل.

3- قانون حفظ (الطاقة – الكتلة): فقد وجد أن هناك فرقاً ملحوظاً بين مجموع كتل المواد المتفاعلة ، ومجموع كتل المواد الناتجة من التفاعل النووي. وهذا الفرق في الكتلة يظهر في صورة طاقة بحسب مبدأ تكافؤ (الكتلة – الطاقة) لاينشتين. أي أن:

مجموع كتل وطاقات المواد المتفاعلة = مجموع كتل وطاقات المواد الناتجة

4) مبدأ حفظ الزخم

واذا رمزنا للطاقة الناتجة من التفاعل النووي بالرمز (ط) فانه يمكن أن نكتب تفاعل رذرفورد على الشكل التالي:

$$^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H + ط$$

(النيتروجين) (الهيليوم) (الأكسجين) (البروتون) (الطاقة)

واذا كانت النواة الهدف ساكنة فان القذيفة يجب أن تمتلك (ط ح) كافية للتغلب على حاجز الجهد النووي، لاحداث التفاعل النووي.

أما الطاقة الناتجة تتوزع بين النواة المتبقية والجسيم المنبعث على شكل طاقة حركية لكل منهما، فاذا:

1) كانت ط > 0 (أي موجبة)، فإن التفاعل النووي يتم، ويكون منتجاً للطاقة اذا كانت ط > طح، في حين يكون ماصاً للطاقة إذا كانت ط < طح.

2) كانت ط < 0 (أي سالبة)، فإن التفاعل لا يتم، لأن (طح) للقذيفة لا تكون كافية وفي هذه الحالة ينبغي زيادة قيمتها اذا أريد للتفاعل أن يتم.

وباعتبار تفاعل رذرفود ولحساب الطاقة الناتجة من التفاعل:

مجموع (الطاقة – الكتلة) للمواد الداخلة في التفاعل – مجموع (الطاقة – الكتلة) للمواد الخارجة من التفاعل.

$$\text{طاخ}\left({}^{4}_{2}\text{He}\right) + \text{كتلة}\left({}^{4}_{2}\text{He}\right) + \text{كتلة}\left({}^{14}_{7}\text{N}\right) = \text{كتلة}\left({}^{17}_{8}\text{O}\right) + \text{كتلة}\left({}^{1}_{1}\text{H}\right) + \text{ط}$$

$$\text{ط} + 1.0081 + 17.0045 = 14.0075 + 0.0083 + 4.0039$$

$$\text{ط} = 0.0071 \quad \text{و . ك . ذ}$$

$$= 0.0071 \times 931 = 6.6 \text{ مليون الكترون فولت.}$$

ويلاحظ أن ط < طخ (${}^{4}_{2}\text{He}$) وبذلك نستنتج أن هذا التفاعل ماص للطاقة .

أما من الأمثلة على التفاعلات المنتجة للطاقة .

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

وبتطبيق مبدأ حفظ (الطاقة – الكتلة) على التفاعل نجد أنّ:

$$\text{طاخ}\left({}^{4}_{2}\text{He}\right) + \text{كتلة}\left({}^{4}_{2}\text{He}\right) + \text{كتلة}\left({}^{9}_{4}\text{Be}\right) = \text{كتلة}\left({}^{12}_{6}\text{C}\right) + \text{كتلة}\left({}^{1}_{0}\text{n}\right) + \text{ط}$$

$$\text{ط} + 1.0089 + 12.0039 = 9.0150 + 4.0039 + 0.0057$$

$$\text{ط} = 0.0118 \quad \text{و . ك . ذ}$$

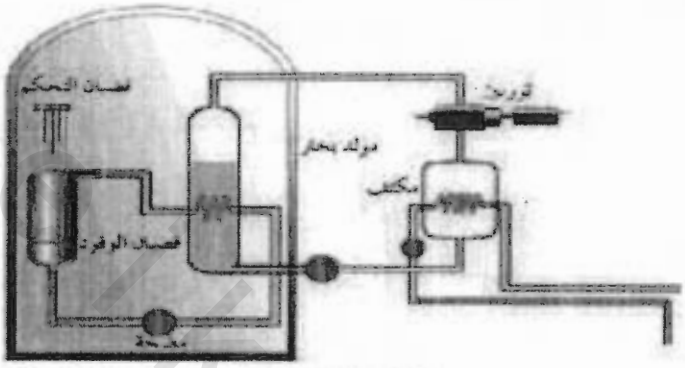
$$= 0.0118 \times 931 = 11 \text{ مليون الكترون فولت .}$$

وهنا ط > طخ (${}^{4}_{2}\text{He}$) ويكون هذا التفاعل تفاعلاً منتجاً للطاقة .

تطبيقات التفاعلات النووية Applications of Nuclear Reactions

أولا: توليد الطاقة الكهربائية

تمثل التفاعلات النووية مصدراً مهماً للطاقة، ففي الولايات المتحدة الأمريكية، فمثلاً تشكل الطاقة الكهربائية التي يتم الحصول عليها من الطاقة النووية 20% من مجمل الطاقة الكهربائية في البلاد.



المفاعل النووي

ثانيا: تسيير الغواصات والسفن والصواريخ

تحتوي الغواصات والسفن النووية على مفاعل نووي يستعمل فيه مصهور الصوديوم كمبرد وناقل للحرارة .

ويمتاز الوقود النووي المستخدم في السفن والغواصات بعدم حاجته للأكسجين، وعدم الحاجة للتزود بالوقود باستمرار، كما أن الوقود النووي يشغل حيزاً قليلاً مقارنة بالوقود العادي.

أول غواصة في العالم تعمل بالوقود النووي الغواصة اللأمريكية نوتيلوس Nautilus سنة 1955 وقد دارت حول العلم مستهلكة قطعة يورانيوم لا تزيد كتلتها عن 1 كغ.

ثالثا: الطب

العديد من أعضاء جسم الإنسان تمتص عناصر بعينها كالغدة الدرقية التي تمتص اليود والعظام تمتص الفسفور، وعليه يمكن استخدام أحد النظائر المشعة الذي يمتص من العضو المريض فيعمل على علاج الأورام في ذلك العضو.

من الأمثلة على ذلك استخدام اليود – 131 لتتبع أورام الغدة الدرقية ، ولأجل ذلك يشرب المرضى محلول يحتوي على كميات بسيطة من يوديد الصوديوم NaI^{131} ويتم بعد ذلك تتبع أثر اليود الممتص من الغدة الدرقية بوساطة شاشة كشاشة التلفاز.

يمكن استخدام الثاليوم – 201 لمتابعة أمراض القلب وبخاصة للأشخاص اللذين يعانون من الأزمة القلبية، وذلك بسبب تركز الثاليوم في عضلة القلب السليمة، وبنفس الطريقة يمكن استخدام التكنيتيوم – 99 لمتابعة أنسجة عضلات القلب.

وتستخدم النظائر المشعة أيضاً في الوقت الحاضر في الكشف عن الحمل مبكراً .

رابعا: التعقيم

يمكن تعقيم المواد الغذائية باستعمال الأشعة، حيث يمكن إبادة الكائنات الحية الدقيقة في المنتجات الغذائية بوساطة تيار من جسيمات بيتا أو أشعة غاما، وبنفس الطريقة يتم تعقيم الأدوية والمستحضرات الطبية والمنتوجات الزراعية.

خامسا: الكشف عن تسرب النفط

يمكن الكشف عن حدوث أي تسرب للنفط داخل أنابيب النفط المدفونة تحت سطح الأرض دون الإضطرار للحفر ومحاولة تتبع أنبوب النفط لمعرفة مكان التسرب وذلك باستخدام النظائر المشعة وبتكلفة بسيطة.

تطلق مادة مشعة داخل أنابيب النفط حيث تجري مجراه، فإذا حدث انتشار للنشاط الإشعاعي في منطقة ما دل ذلك على حدوث التسرب في تلك المنطقة.

سادسا: متابعة التفاعلات الكيميائية

تستخدم النظائر لمتابعة آلية (ميكانيكية) التفاعل mechanism of chemical reactions.

فعلى سبيل المثال يتفاعل الكحول مع الحمض العضوي ليعطي استرا وماء.

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + ROH \overset{H^+}{\rightleftharpoons} R-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OR + H_2O$$

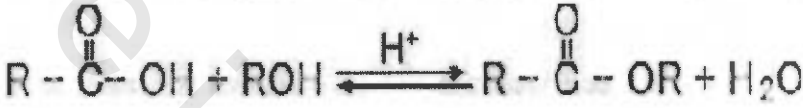
هنالك احتمالان لحدوث التفاعل:

الاحتمال الأول

سحب OH من الكحول و H من الحمض العضوي ويتكون استر وماء.

الاحتمال الثاني

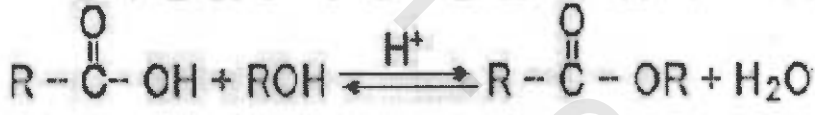
سحب OH من الحمض العضوي و H من الكحول ويتكون استر وماء.



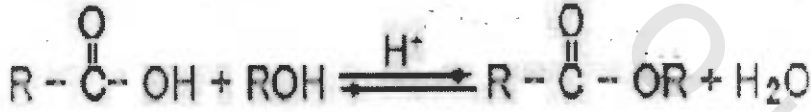
وفي الحقيقة يحدث فعلياً الاحتمال لالثاني، ولمعرفة الآلية الصحيحة يمكن اجراء التفاعل باستخدام نظير الأكسجين 18 في الكحول أو الحمض العضوي، ومتابعة مكان ظهور النظير.

وعلى هذا الأساس:

إذا استخدم نظير الأكسجين فى الكحول فإنه سيظهر فى الإستر.



وإذا استخدم نظير الأكسجين في الحمض العضوي فإنه سيظهر في الماء



وبنفس الطريقة يمكن متابعة أي تفاعل كيميائي كمتابعة حركة الماء في الأنظمة الحيوية كالنباتات، كأن يضاف الماء $_2O^{18}$ المستخدم فيه نظير الأكسجين إلى التربة ومتابعة حركة الماء خلال النباتات التي تحوله في عملية البناء الضوئي إلى سكر.

سابعا: تقدير الأعمار

أ. تقدير أعمار الصخور

تعتبر طريقة تقدير أعمار الصخور من أفضل التطبيقات على ظاهرة النشاط الإشعاعي، فالصخور التي تحتوي على يورانيوم يمكن تقدير أعمارها بمعرفة النسبة بين اليورانيوم 238 والرصاص 206 (تذكر أن الرصاص 206 هو النظير المستقر الذي ينتج من تحلل اليورانيوم- 238. انظر إلى سلسلة النشاط الإشعاعي.

ومن المعروف أن عمر النصف لليورانيوم هو 4.5 بليون سنة (4.5×10^9 سنة)، فإذا كانت النسبة بين U^{238i} / Pb^{206} هي 1 : صفر فهذا يعني أن الصخرة حديثة التكون والدليل عدم تحول اليورانيوم إلى رصاص.

وإذا كانت النسبة بين U^{238} / Pb^{206} هي 1 : 1 فهذا يعني أن الصخرة قد مرت بفترة عمر النصف لليورانيوم وتحولت نصف كمية اليورانيوم إلى رصاص، وهذا يعني أن عمر الصخرة 4.5 بليون سنة.

ومن خلال النسبة بين كمية اليورانيوم والرصاص في الصخرة يمكن تقدير عمرها التقريبي، وفي الحقيقة فإن أقدم صخرة قد تم قياس عمرها بهذه الطريقة عمرها 3.9×10^9 سنة أي أقل من عمر النصف لليورانيوم.

أما الصخور التي لا تحتوي على يورانيوم يقدر عمرها باستخدام طريقة بوتاسيوم – آرغون.

يتحلل البوتاسيوم وفق المعادلة التالية:

$$_{19}K^{40} + {}_{-1}e^{0} \longrightarrow {}_{18}Ar^{40}$$

ويبلغ عمر النصف للبوتاسيوم 1.3×10^9 سنة.

وبحساب النسبة بين K^{40} / Ar^{40i} يمكن تقدير عمر الصخرة بنفس الطريقة التي اتبعت عند تقدير عمر الصخور الحاوية على اليورانيوم.

ب. تقدير أعمار الأشياء التي كانت حية

تقدر عمر الأشياء التي كانت يوما ما حية، مثل العظام والخشب بقياس النسبة بين نظيري الكربون 14 والكربون 12. تمكننا هذه الطريقة من تقدير أعمار أشياء تزيد أعمارها عن 70.000 سنة.

يتكون نظير الكربون 14 في طبقات الجو العليا من التحام النيوترونات مع أنوية النتروجين وفق المعادلة النووية التالية:

$$_{7}N^{14} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{6}C^{14} + {}_{1}P^{1}$$

وبمجرد تكون نظير الكربون يبدأ بالتحلل وفق المعادلة :

$$_{6}C^{14} \longrightarrow {}_{7}N^{14} + {}_{-1}e^{0}$$

عمر النصف لنظير الكربون 14 يساوي 5770 سنة.

وعند تفاعل الكربون مع ألكسجين يتكون غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يحتوي على نظيري الكربون 14 و 12.

وعندما تقوم النباتات بعملية البناء الضوئي فإنها تأخذ غاز ثاني أكسيد الكربون الحاوي على نظيري الكربون وتحوله إلى مركبات عضوية تكون نسبة الكربون 14 و 12 فيها ثابتة.

وعند موت الكائن الحي يستمر الكربون 14 بالتحلل دون أن يتحلل نظير الكربون 12، وبحساب النسبة بين النظيرين يمكن تقدير عمر الكائن الحي.

ج. تقدير عمر الجليد

يتكون نظير الهيدروجين– 3 (التريتيوم) في الجو نتيجةً لالتحام النيوترون بالبروتون أو بفعل التحام النيتروجين بالنيوترون بفعل الأشعة الكونية.

$$_{7}N^{14} + {}_{0}n^{1} \longrightarrow {}_{6}C^{12} + {}_{1}H^{3}$$

ويحتوي ماء المطر على كمية ضئيلة من هذا النظير المشع (عمر النصف = 12.26 عام)، وبقياس نسبة وجوده في الجليد على قمم الجبال يمكن تقدير عمر الجليد، وبنفس الطريقة يمكن تقدير عمر النبيذ.

التأثير الحيوي الإشعاعي

تتعرض أجسامنا بشكل يومي للأشعة من مصدريها الطبيعي والصناعي، فعلى سبيل المثال تتعرض أجسامنا للأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية والأشعة المرئية الصادرة عن الشمس وأمواج الراديو والتلفزيون الصادرة عن محطات البث الإذاعي والتلفزيوني والأشعة السينية (أشعة X) الصادرة عن الإجراءات الطبية المختلفة، كما أن أجسامنا تتعرض لأشعة مصدرها التربة، وجميع هذه المصادر وغيرها من مصادر الإشعاع تصدر طاقة تؤثر في خصائص المادة المستلمة لتلك الإشعاعات.

وعندما تمتص المادة الإشعاع تؤدي طاقتها إلى تهييج أو تأيين المادة.

يحدث التهيج عند انتقال الإلكترونات إلى مستوى طاقة أعلى أو عند زيادة حركة الجزيئات أو ارغامه على التحرك أو الدوران أو الاهتزاز، أما التأين فيحدث عندما تعمل طاقة الإشعاع على إزالة الكترون من الذرات أو الجزيئات.

وبشكل عام تسمى الأشعة التي تعمل على تأيين الذرات أو الجزيئات بالأشعة المؤينة Ionizingradiation، وهي من أكثر أنواع الأشعة تأثيراً على الأنظمة الحيوية كأنسجة جسم الإنسان فتعمل على تأيينها.

معظم الأنسجة الحية تحتوي على 70% ماء بالكتلة، وعند تعرضها للإشعاع فإن الماء فيها يتأين، ومن الشائع تعريف الأشعة المؤينة على أنها الأشعة التي تؤين الماء، وتتطلب هذه العملية 1216 كيلوجول/مول على الأقل لعمل ذلك، ومنها ألفا وبيتا وغاما والأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية.

عند عبور الأشعة المؤينة لأنسجة الكائن الحي يزال إلكترون من جزيء الماء مكوناً أيون H_2O^+، والأيون الأخير يتفاعل مع جزيء ماء آخر مكوناً أيون H_3O^+ وجزيء OH متعادل.

$$H_2O^+ + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + \cdot OH$$

يعد جزيء OH· من الجزيئات النشطة وغير المستقرة لأنه يعد مثالاً على الجذور الحرة Free radical، وهي المواد التي تحتوي على زوج أو أكثر من أزواج الإلكترونات غير الرابطة، ويعبر عن هذا الجذر الحر عادة بنقطة OH·

وهذا الجذر الحر يعمل على بدء عدد كبير من التفاعلات غير المرغوبة داخل أجسام الكائنات الحية.

تعتمد الأضرار التي يحدثها الإشعاع على الأنظمة الحيوية على فعالية الإشعاع وطاقته ومدة التعرض للأشعاع وما إذا كان مصدر الإشعاع من داخل أو من خارج الجسم.

obeikan.com