المحاضرة العاشرة/ النظائر المشعة Radon Clides

تتواجد النظائر المشعة الطبيعية والمصنعة في التربة والعديد من النظائر المشعة لها فترة نصف عمر طويلة ولها القدرة على التجمع الحيوي في الكائنات الحية.

تشمل النظائر المشعة المصنعة اختبارات الأسلحة النووية، حوادث المفاعلات النووية ومحطات الطاقة حوادث نقل الوقود الذري والمخلفات السائلة للمفاعلات النووية.

- لقد لوحظ تجمع لعنصر (السيزيوم) CS^{137} في النباتات النامية في الأراضي القريبة من مواقع اختبارات الأسلحة النووية علماً بان سلوك (السيزيوم) في الأراضي والنباتات تشابه تماماً سلوك البوتاسيوم **K** ولذلك فان نوع معادن الطين في الأراضي يؤثر تأثيراً كبيراً على صلاحية (السيزيوم) في بيئة النبات.
- العنصر المشع (السترونشيوم) Sr_{38}^{90} له فترة نصف عمر 28 سنة ويتسرب الى البيئة ويلوثها نتيجة لاختبارات الأسلحة النووية ولحوادث محطات الطاقة النووية ولذلك يلقى تلوث التربة بعنصر (السترونشيوم) كثير من الاهتمام لأن سلوكه يشابه سلوك الكالسيوم في السلسلة الغذائية وبالتالي يمكن أن يترسب في العظام نتيجة لوجوده في منتجات الألبان والأغذية الأخرى.
- التخلص من النفايات النووية الناتجة من مصانع الأسلحة النووية ومحطات الطاقة النووي بإلقائها في التربة أدى الى تلوث التربة بالنظائر المشعة الناتجة من تحلل اليورانيوم والبلوتونيوم Pu^{239} , Am^{241} حيث يمكن أن تدمص هذه النظائر المشعة على سطوح حبيبات التربة وترتبط بالمادة العضوية في التربة.
- الرأي العام العالمي في قلق تام من تلوث التربة بالنظائر المشعة وذلك لخطورة التعرض للأشعاعت الذرية على الصحة العامة ولقد أدت حادثة تسرب الإشعاعات النووية من المفاعل النووي في تشرنوبل عام 1986 الى تقوية هذه المخاوف حيث أن هذه الحادثة هددت البيئة في عصرنا الحاضر ليس فقط في أوكرانيا وإنما امتدت آثارها الى العديد من الدول.

ولقد أثرت هذه الكارثة على المناطق الزراعية في روسيا وأوكرانيا وبلاروسيا تأثيراً كبيراً حيث تعرضت الى الإشعاعات وتعدى التركيز الاشعاعي في هذه الأراضي الحد المسموح به عالمياً وأدى ذلك الى خروج هذه الأراضي من الإنتاج الزراعي كله.

تعريف الانحلال الإشعاعي :

يعرف الانحلال الإشعاعي بأنه عملية تلقائية يتحول فيها العنصر إلى عنصر آخر نتيجة إشعاع جسيمات ألفا أو جسيمات بيتا وأشعة كاما.

س / ما الفرق بين الانحلال الإشعاعي والتحول او التفاعل الكيميائي؟

يختلف الانحلال الإشعاعي عن التحول او التفاعل الكيميائي في النقاط الآتية:-

1. الانحلال الإشعاعي عملية تلقائية مستمرة.

2. يعتمد على نوع العنصر المشع ولا يرتبط بالمركب الكيميائي.
3. لا يتوقف على الظروف الفيزيائية (الضغط، درجة الحرارة).
4. تنطلق منه طاقة هائلة.

النواة غير المستقرة والتحلل الإشعاعي:-

تعتبر اغلب العناصر هي عناصر مستقرة وتبقى كما هي إلى ما لا نهاية في حين أن بعضها غير مستقرة (مشعة) بسبب وجود طاقة داخلية زائدة.

تقوم النواة بعمل تغيرات تلقائية (التحلل الإشعاعي) حتى تصبح نواة مستقرة.

وذرات المادة المشعة تنحل بطريقة عشوائية ولكن بمعدل زمني ثابت، وفترة نصف العمر هو الوقت اللازم لكي تنحل نصف ذرات المادة المشعة أو لكي ينخفض النشاط الإشعاعي إلى النصف وبعد مرور ضعفي فترة نصف العمر ينخفض النشاط للربع وبعد مرور ثلاثة أضعاف فترة نصف العمر ينخفض النشاط الإشعاعي للثمن وهكذا....

قانون الانحلال الإشعاعي :-

أي مادة تتمتع بالنشاط الإشعاعي سواء كان طبيعيا او بسبب تدخل الانسان فأنها تضمحل (تتفكك- تنحل) ذاتيا وتتحول الى:-

1. عنصر جديد (بانطلاق جسيمات ألفا β^{+} ، β^{-} ، بروتونات ..... او
2. نظير جديد للعنصر المشعب انطلاق نيوترونات ..... او
3. نفس نظير العنصر ولكن من حالة استقرار بانطلاق أشعة كاما .

بفرض ان لدينا عدد من الانوية المشعة لنفس النظير (عينة نقية) N_0 وحيث إننا لا نستطيع من خلال القوانين الإشعاعية او غيرها المتاحة حاليا توقع أي من الانوية سينحل ومتى يحدث ذلك بالتحديد القاطع ، فأننا نلقي بالظاهرة الى قوانين الاحتمالات ومن ثم فان احتمال انحلال نواة معينة من الثانية الواحدة يأخذ قيمة محددة تختلف باختلاف النظير المشع ونرمز له بالرمز λ.

- فترة عمر النصف

بلا شك انه بمرور الزمن يتناقص عدد الانوية المشعة المتاحة من العينة ومن ثم فانه بعد انقضاء فترة زمنية (طالت ام قصرت طبقا لمعدل التحلل في الثانية الواحدة) سنصل الى ان عدد الانوية التي مازالت مشعة يساوي نصف العدد الأصلي . هذه الفترة الزمنية تسمى " زمن عمر النصف "

زمن عمر النصف: هو الزمن الذي خلاله يتفكك نصف العدد الأصلي من الانوية المشعة ويرمز له $T_{\frac{1}{2}}$ او $t_{\frac{1}{2}}$. وهو احد المعاملات المهمة لوصف المادة المشعة وهو يعتمد مباشرة

ليس على عدد الانوية المشعة وإنما على " ثابت الانحلال " λ (احتمال انحلال نواة معينة في الثانية الواحدة)، ويتم حسابه كالآتي : $T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

متوسط عمر العينة المشعة (τ): هو عبارة عن مجموع أعمار جميع النويات للعنصر المشع مقسوما على عددها، ويمكن تحديده كالأتي : $\tau = 1.443\ T_{\frac{1}{2}}$

من خلال المعالجة الرياضية السابقة يتضح ان لدينا ثلاث معاملات ثابتة وهي بمثابة خصائص تميز مادة مشعة من غيرها وهي:-

1. ثابت الانحلال λ
2. فترة عمر النصف $T_{\frac{1}{2}}$
3. متوسط عمر العينة τ

وحيث ان هذه المعاملات ثابتة للعينة الواحدة فيمكن معرفة احدهما يؤدي الى معرفة باقي المعاملات. والعمر النصفي لا يعتمد على العدد الأصلي للذرات ولا على النشاط الإشعاعي الابتدائي وكل نظير مشع يمتلك عمر نصفي معين. أن الأعمار النصفية للعناصر المشعة تتراوح اقل من (10^{-6} sec) إلى أكثر من (**109** سنة) كما هو واضح في الجدول الأتي :-

العنصر	عمر النصف
235 **Uranium**	700000000 سنة
14 **Carbon**	5730 سنة
226 **Radium**	1622 سنة
60 **Cobalt**	5 سنة
131 **Iodine**	8 أيام
Sodium 24	15 ساعة
212 **Polonium**	1000000/1 ثانية

مثال/ أذا كان لديك غرام واحد من النظير المشع $(^{90}_{38}Sr)$ الذي ينحل بعمر نصفي (**28** سنة) بانبعاث جسيمات بيتا ، احسب ثابت تحلل نشاطه الإشعاعي.

الحل /ان قانون ثابت الانحلال هو:-

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}} \rightarrow \lambda = \frac{0.693}{28\ yr * 3.16 * 10^{7} \frac{sec}{yr}}$$

$$\lambda = 7.83 * 10^{-12}\ sec$$

واجب بيتي / من أين جاء الرقم $(3.16 * 10^{7})$ في حل المثال أعلاه .

حساب عدد ذرات كيلو غرام واحد من أي نظير مشع

ويمكن حساب عدد ذرات كيلو غرام واحد من أي نظير مشع من العلاقة الآتية:- $\mathbf{N = \frac{N_A}{A}}$

عندما:- $\mathbf{N_A}$ / عدد افوكادرو ، $\mathbf{A}$ / العدد الكتلي للنظير المشع.

$$\mathbf{N = \frac{N_A}{A} = \frac{6.02*10^{26}}{90} = 6.69*10^{24} atoms/kgm}$$

ومنه نجد عدد الذرات في غرام واحد ويساوي :-

$$\mathbf{N = 6.69*10^{24}*10^{-3} = 6.69*10^{21}\ atoms/gm}$$

أذن النشاط الإشعاعي الابتدائي هو :-

$$\boldsymbol{\tau = \lambda N}$$
$$\boldsymbol{\tau = 7.83*10^{-1o}*6.69*10^{21}}$$
$$\boldsymbol{\tau = 5.23*10^{12} sec^{-1}}$$

مثال / واجب بيتي /احسب فعالية او نشاط غرام واحد من ($\mathbf{Ra^{266}}$) اذا علمت ان نصف العمر له **(1620 yr)** .

حساب عمر النصف للغازات

لحساب عمر النصف لثاني أوكسيد النتروجين تحت ضوء الشمس الشديد نطبق القانون الأتي

$$\boldsymbol{t_{1/2} = \ln 2/f1}$$

اذ ان $\boldsymbol{f1}$ = ثابت المعدل للتفاعل الكيميائي الضوئي وهي تقع بين $\mathbf{5.6\times10^{-3}\ S^{-1}}$ تحت ضوء الشمس الشديد والصفر في الليل.

س/ جد عمر النصف لثاني أوكسيد النتروجين تحت ضوء الشمس الشديد.

$$\boldsymbol{t_{\frac{1}{2}} = 124 s t_{1/2}} \Longrightarrow \boldsymbol{= \frac{0.693}{(5.6\times10^{-3} s^{-1})}} \Longrightarrow \boldsymbol{t_{1/2} = \ln\frac{2}{f1}}$$

أي ان عمر النصف بثاني أوكسيد النتروجين تحت ضوء الشمس يساوي 120 ثانية تقريباً وهذا ما يدل على أن تفكك الضوئي سريع ومن جهة ثانية يتبين ان ضوء الشمس من بين أفضل عوامل تحطيم او تفكيك الغازات الملوثة والمبيدات وغيرها من الفلزات الثقيلة.

مسائل بيئية متعلقة بالغلاف الجوي

يمكن حساب مدة مكوث الماء في حالة معينة، من خلال القانون الاتي:

مدة مكوث = المقدار الموجود في الجو في الحالة المستقرة ÷ العمليات الواردة او الصادرة

اذ ان المقدار الموجود في الجو في الحالة المستقرة= $\mathbf{1.3\times10^{16}\ kg}$

العمليات الواردة أو الصادرة= $\mathbf{4.96\times10^{17} kg.y^{-1}}$ وهي ناتجة من عمليات عدة.

س/ احسب مدة مكوث الماء في الغلاف الجوي؟

طريقة حساب كفاءة استعمال السماد النيتروجيني بطريقة النظير الثابت

من المعلوم أن ترب المناطق الجافة وشبة الجافة تعاني من قلة النيتروجين المتيسر للنبات ويرجع السبب إلي قلة المادة العضوية وارتفاع درجات الحرارة و درجة تفاعل التربة **PH** وارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم، لذا يتم اللجوء إلي تعويض النقص من خلال إضافة النيتروجين في صورة أسمدة نيتروجينية.

ونظرا لعدم معرفة الكميات المثلي من الأسمدة التي يجب إضافتها من قبل أغلب المزارعين لذا فمن الواجب البحث والتدقيق لمعرفة المعدل الملائم للإضافة حسب نوع السماد ونوع المحصول المراد زراعته ونوع التربة والظروف المناخية المحيطة بها ، حتى يتسنى الوصول إلي إنتاجية عالية من حيث الكمية والنوعية، وحيث أن الاستخدام المفرط من الأسمدة وخاصة النيتروجينية منها، يؤدي إلي عدة سلبيات أهمها تلك المتعلقة بزيادة تكاليف الإنتاج الزراعي وكذلك زيادة التلوث البيئي نتيجة تحولها إلي أيونات نترات التي تساهم في تلوث المياه الجوفية ، وخاصة في المناطق التي يكون فيها مستوى الماء الأرضي قريب من السطح وتحت نظام الري المستمر.

لذا كان لزاما علينا معرفة كفاءة استخدام هذه الأسمدة لتقنيين استخدامها وتفادي السلبيات الناتجة عن الإفراط في إضافتها.

وتتطلب دراسة كفاءة استخدام السماد النيتروجيني معرفة العوامل التي تؤثر علي تيسر هذا العنصر بحيث يتسنى لنا الوصول إلي نتائج دقيقة يمكن الاعتماد عليها في معرفة الكميات التي يمكن إضافتها من هذه الأسمدة كي تسد حاجة النبات بالمعدل المطلوب.

ونظرا لزيادة عدد سكان العالم وازدياد الطلب علي الغذاء فأن الأمر يتطلب زيادة التوسع الرأسي للمساحات الصالحة للزراعة من خلال زيادة إنتاجيتها، من خلال إضافة النيتروجين في صورة أسمدة كيميائية. وتعتبر الترب المناطق الجافة وشبة الجافة فقيرة في محتواها من المادة العضوية التي تعتبر مصدر مهم للنيتروجين، بالإضافة إلي وجود كربونات الكالسيوم وارتفاع درجة الحرارة، ودرجة التفاعل وكذلك قوامها الرملي والذي يساعد في عمليات الفقد إما بالغسيل أو التطاير، مما يؤدي إلي انخفاض كفاءة استعمال هذه الأسمدة.

قد لوحظ منذ سنوات عديدة قلة استفادة النباتات من النيتروجين المضاف من خلال نتائج الدراسات

الحقلية والظروف الخاصة الأخرى فقد وجد أنه من 50 – 70% أو أقل من الأسمدة النيتروجينية استفاد منها النبات ويرجع سبب انخفاض كفاءة النيتروجين ، إلي تطاير الأمونيا وكذلك غسيل النترات واختزالها إلي أمونيا.

وتعد مشكلة غسيل أيونات النترات من أخطر المشاكل خاصة عند الإفراط في التسميد النيتروجيني ويرجع السبب إلي أنه ملوث كبير للمياه الجوفية وخاصة عندما يكون مستوي المياه

الجوفية قريب. وتأتي هذه الدراسة كإحدى الدراسات التي تهدف إلي التقنين في استعمال الأسمدة النيتروجينية وذلك من خلال استعمال الطرق الحديثة والتي منها استعمال تقنية النظائر المستقرة الثابتة مثل N_{15} والمحمل علي الأسمدة النيتروجينية **Labeled** بحيث يتم التحديد الدقيق للكمية التي تصل إلي النبات من النيتروجين المضاف عن طريق السماد مما يعطي إشارة واضحة لمعدل الإضافة التي تقلل من المشاكل الناجمة عن الإضافة المفرطة للأسمدة النيتروجينية من جهة والاستعمال الاقتصادي من جهة أخرى.

وتكمن فكرة استخدام نظير النيتروجين N_{15} كتقنية لتتبع أثر النيتروجين المضاف إلي التربة علي أساس تواجد N_{14}/N_{15} في الطبيعة بنسبة معينة ثابتة وعمر زمني يسمح باستخدامها في البحوث الزراعية ، حيث إن العديد من نظائر النيتروجين النشطة وغير النشطة معروفة ويتراوح رقمها الكتلي من 17 – 12 ويعتبر N_{13} من أنشطها وعمره الزمني10.05 دقيقة فقط مما يحد من استخدامه في التجارب الزراعية والبحوث التي تحتاج إلي فترة زمنية طويلة.

ولهذا فأن عدم وجود عمر زمني محدد لكل من N_{14}/N_{15} سهل استخدامهما في البحوث والدراسات، وكونهما غير نشيطين ذرياً، أمن استخدامهما في البحوث وعلي الصحة والبيئة ، وقد استخدم N_{14}/N_{15} بنجاح في التطبيقات الزراعية وخاصة في الدراسات المتعلقة بالكفاءة السمادية و بالدقة المتناهية في حساب كميات النيتروجين المضافة، و كذلك دراسة الطرق المناسبة لإضافة الأسمدة وكفاءة مصادر العنصر المضاف. وتمثل نسبة N_{15} في الطبيعة 0.366% بينما تمثل نسبة % **99.634** N_{14} من النيتروجين الكلي في الهواء الجوي .

الحسابات

لحساب الكفاءة بهذه الطريقة يتطلب الأمر معرفة البيانات التالية:-

1. نسبة النيتروجين النظير في السماد المستعمل) نسبة التخصيب فمثلا في اليوريا كانت نسبة النيتروجين النظير % 2.17
2. نسبة النيتروجين النظير ونتحصل عليها من قراءة الجهاز.
3. إنتاجية المادة النباتية الجافة معبرا عنها بـ جم / متر
4. نسبة النيتروجين الكلي في أجزاء النبات كنسبة مئوية .
5. معدل إضافة السماد النيتروجيني .

بعد الحصول علي هذه المعلومات تم إتباع الخطوات التالية في حساب الكفاءة

أولا/ حساب كمية النيتروجين الذي مصدره السماد

$$\mathbf{N_{dff}} = \frac{\%N_{15} ao\ plant\ sample}{N_{14} ao\ labeled\ fertilizer\ \%} \times \mathbf{100}$$

وذلك باستعمال المعادلة التالية :

حيث ان النسبة التي في المبسط هي كمية النيتروجين النظير في العينة النباتية. والنسبة التي في المقام هي نسبة النيتروجين النظير في السماد المضاف

ثانياً/ نحسب كمية النيتروجين الكلي في العينة النباتية حيث يساوي

النيتروجين الكلي = الإنتاجية (إنتاجية المادة الجافة) × في نسبة النيتروجين الكلي في العينة المقدرة بطريقة كلداهل

ثالثا/ حساب الكفاءة : باستعمال المعادلة التالية الأتية:

$$\mathbf{Nfue} = \frac{\%N_{dff} \times N\ yield}{Rate\ of\ applied\ N} \times 100$$

حيث N_{dff} تم حسابها بالمعادلة السابقة، **N yield** هي كمية النيتروجين الكلي في النبات ، والمقام هو معدل إضافة السماد النيتروجيني .

قياس الأوزون في الغلاف الجوي

ليس قياس مقدار الأوزون في الغلاف الجوي مهمة سهلة أنه ليس كأخذ عينة من الماء أو التربة ونقلها بسهولة الى المختبر لتحليلها. في بعض الحالات يمكن أخذ كمية من الغاز إلا ان الأوزون يتلف بسرعة بتفاعله مع مادة الوعاء وحتى لو كان من الممكن جلب عينة منه من مكان مرتفع في الغلاف الجوي فانه سوف يكون من الصعب قياسها بسبب تركيز الأوزون المنخفض هناك لذا وعوضاً عن جلب عينة منه ترسل تجهيزات القياس الى الجو وتجرى القياسات في مكان وجود الأوزون ثمة اليوم عدد من المحطات (الحقلية) التي تقوم بقياس الأوزون على نحو مستمر بعضها موجود في مواقع رصد أرضية وبعضها الآخر محمول جواً على مناطيد أو طائرات أو أقمار صناعية والصفة المشتركة بين جميع هذه المنظومات هي تجهيزات القياس المستعملة فيها والتي تعمل على قياس امتصاص الضوء في المجال فوق البنفسجي فوفقا لما رأيناه من قبل يمتص الأوزون الإشعاع الذي تقع أطوال موجاته بين 200 و 315 نانو متر ويكون الامتصاص أعظمياً بالقرب من 255 نانو متراً ان هذه المقدرة على الامتصاص هي التي تستغل لتحديد تركيز الأوزون في الغلاف الجوي وفيما يلي بضعة أمثلة ووصف بسط لبعض المنظومات المستعملة حالياً في قياس الأوزون:-

منظومات قياس الأوزون الأرضية:-

تعتمد المنظومات الأرضية عادة على ضوء الليزر ومقراب كبير للرصد ومن أمثلتها منظومة تجربة ليدار أوزون الستراتوسفير **Stratospheric Ozone Lidar System** العاملة منذ 1988 انها منظومة ليدار (كشف وقياس مسافة بالضوء **Light Detection An Ranging Lidar**) متنقلة محمولة على شاحنة طولها 45 قدم تستطيع هذه المنظومة رسم الهيئة العمودية

لتراكيز الأوزون ودرجة الحرارة وتراكيز الجسيمات المعلقة أيضاً. فحين ارسال ضوء بطول موجة ملائمة (308) نانومتر عمودياً عبر الجو يمتص جزئياً بواسطة الأوزون وتكون درجة تخميده متناسبة مع المقدار الكلي للأوزون في عمود الهواء. لكن المادة الجسيمية الموجودة في عمود الهواء تمنع مرور الاشعاع ايضاً لا بامتصاصه بل ببعثرته وبغية تجاوز هذه المشكلة يجري قياس ثان بواسطة ضوء ذي طول موجة آخر (351) نانو متر لا يمتصه الأوزون. ويكون مقدار الأوزون متناسباً مع الفرق بين قيمتي الامتصاص المرصودتين تسمى طريقة تحديد تراكيز الأوزون هذه بطريقة ليدار الامتصاص التفاضلي **Differential Absorption Lidar (Dial).**

ويستعمل مطياف دوبسون للأوزون **Dobson Ozone Spectrometer** يعتمد على مبدأ مشابه لدراسة الأوزون الكلي في عمود من الهواء ابتكر هذا المقياس في عشرينيات القرن العشرين، وأصبح مقياساً تقارن به المنظومات الأخرى

يقيس جهاز دوبسون شدة الأشعة فوق البنفسجية الشمسية عند أربعة أطوال موجية يمتص الأوزون اثنين منها ولا يمتص الأثنين الآخرين وباستعمال الفرق بين القيم الموافقة للأمتصاص وعدم الامتصاص يحسب المقدار الكلي للأوزون في عمود الهواء باستعمال وحدة دوبسون **Dobson Unit**

تعرف وحدة دوبسون **DU** بدلالة سماكة مكافئة من الأوزون الصافي. يحتوي عمود من الهواء قيمة دوبسون **DU** تصل الى 300 (وهي قيمة قريبة من المتوسط العام للأوزون في الغلاف الجوي) أي حيثما تكون قيمة الأوزون مقاسة مساوية لـ**DU** 300 يكون ثمة ما مقداره **8.315** جزيئاً من الأوزون في عمود من الهواء مساحة مقطعه العرضي تساوي متراً مربعاً واحداً. لكن هذه الجزيئات لا تتوزع متجانساً ضمن العمود الجوي وكثافتها العظمى تقع على ارتفاع 25 كيلومترا تقريباً.

المصادر

غاري و. فان لون ، ستيفن ج.دَفِّي كيمياء البيئة نظرة شاملة ترجمة د. حاتم النجدي، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم التقنية المنظمة العربية للترجمة ؛1999.