جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية

محاضرات مقرر:

النظائر المشعة والمستقرة وتطبيقاتها الزراعية

لطلاب السنة الرابعة

قسم علوم التربة

قسم المحاصيل الحقلية

الأستاذ الدكتور ياسر السلامة

2023-2022

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة : Introduction

سجل الانفجار الأول للسلاح الذري في صحراء ولاية New Mexico تموز 1945 بداية العصر الذري . فبرغم استمرار صناعة الأسلحة الذرية من قبل القوى العسكرية نرى تقدماً سريعا في الاستعمالات السلمية للطاقة الذرية منذ نهاية الحرب العالمية الثانية. لم تكن هذه الاستعمالات محددة على الاستخدام المباشر للمفاعلات النووية في توليد الطاقة فقط بل استعملت في تكوين الطرق الجديدة مجتمعة وهي تهتم باستعمال بعض النواتج العرضية من تفاعلات الانشطار النووي والنظائر المشعة.

يمكن تصنيف استعمال النظائر المشعة **(Radioisotopes)** في العمليات الصناعية والمعاملات الطبية وكذلك في البحث العلمي **في خمس فئات رئيسة عامة** على أساس الصفات الخاصة للنظائر المشعة المستعملة و هي :

استعمالات تعتمد على تأثير الإشعاع المتأين للمادة.

- استعمالات تعتمد على تأثير المادة على الإشعاع المتأين وهذا يعني امتصاص الإشعاع المتأين من قبل المادة.
- تقدير الأعمار و يعتمد على سلوك تضاؤل الإشعاعية لبعض النظائر المشعة في الطبيعة
- النقل المباشر للطاقة مثل البطاريات الحرارية الكهربائية الذرية المستعملة في السفن الفضائية
- استعمال النظائر المشعة في اقتفاء أثر النظائر المشعة الثابتة في العمليات الفيزيائية و البيولوجية.

إن استعمال النظائر المشعة كمواد دالة (Tracers) قد هيأ للقائمين بالبحوث العلمية وسائط جديدة ذات قدرات عالية ليس على متابعة نهاية مركب ما في العمليات الفيزيائية و البيولوجية بسهولة بواسطة استعمال مركبات النظائر المشعة المعروفة فحسب بل كذلك سهولة وحساسية فحص الإشعاع الذي يسمح في اكتشاف كمية صغيرة جداً من المركب الموجود في نموذج ما ولقد أصبحت طريقة اكتشاف الإشعاع مستعملة لحل كثير من الأمور التي تخص العلوم البيولوجية والكيماوية والهندسية.

إن استعمال النظائر المشعة في البحث يستلزم فهماً جيداً لمعلومات أساسية معينة حول تجارب كشف الإشعاع. **فيجب على الشخص أن يميز خواص النظائر المشعة وإشعاعاتها.** إذ يشكل اكتشاف الفعالية الإشعاعية وجهاً أساسيا من وجوه طرق اكتشاف الإشعاع في الوقت الذي يتوجب اختيار آلات وطرقاً عملية مناسبة للتجربة المراد القيام بها. ويعتبر ذلك عملاً صعباً بعض الشيء وخصوصاً بعد التقدم السريع الذي حصل في الآلات النووية في السنين الأخيرة. وكذلك **يستلزم استعمال تصميم تجارب جيد** لضمان الاعتماد على النتائج المتحصل عليها من أية تجربة للعناصر المشعة.

المحاضرة الأولى : بنية الذرة

ATOM STRUCTURE

يتركب أي مركب كيميائي من جزيئات تحوي عدداً من الوحدات المتناهية في الصغر تسمى الذرات، والذرة هي أقل وحدة بنائية معروفة حتى الآن وهي بدورها تحوي العديد من المكونات الأصغر منها، ويتركب أي عنصر من ذرات متشابهة، وتختلف العناصر فيما بينها باختلاف مكونات ذراتها

والذرة بدورها تتركب من النواة التي هي مصدر الشحنة الموجبة في الذرة (البروتونات) ، ويدور حولها عدد من الالكترونات وهي مصدر الشحنة السالبة في الذرة وهذه الالكترونات تترتب في مدارات حول النواة ، وحيث أن ذرات أي عنصر هي متعادلة كهربائيا فانه يجب إن تتساوى الشحنة الموجبة في النواة مع الشحنة السالبة على المدارات التي حولها **(تساوي عدد البروتونات في النواة مع عدد الالكترونات على المدارات).**

والجدير بالذكر أن عدد المدارات التي تتوزع عليها الالكترونات يختلف حسب حجم الذرة وتتراوح بين مدار واحد في ذرات أبسط العناصر الكيميائية (الهيدروجين) وثمانية في أكبر الذرات حجما.

وان لكل مدار سعة محددة يمكن حسابها حسب القانون التالي:

عدد الالكترونات في المدار = 2 X (رقم المدار)^2

وتحتوي نواة الذرة على عدد آخر من الجزيئات يسمى **النيترونات** إضافة إلى البروتونات وبالتالي فان الذرة يمكن أن تقسم إلى نواة في مركز الذرة تتكون من بروتونات موجبة ونيترونات متعادلة وغلاف الذرة وتدور به الكترونات سالبة ، وكون الذرة متعادلة كهربائيا فان:

عدد البروتونات الموجبة = عدد الالكترونات السالبة

نواة الذرة :

جسم في مركز الذرة يضم البروتونات والنيترونات الموجودة في أي ذرة لذلك تتركز كتلة الذرة في نواتها ويقدر قطر النواة بحوالي 10:1 من قطر الذرة .

ومن ناحية الأوزان فان كتلة البروتون والنيترون متساوية تقريبا وكل منهما يساوي 2000 ضعف من كتلة الإلكترون.

العدد الذري ATOMIC NUMBER (Z) :

عبارة عن عدد البروتونات في النواة ويرمز لها بالرمز z وهو يفرق بين ذرة وأخرى ويساوي عدد الالكترونات الموجودة حول النواة وبالتالي :

العدد الذري =عدد البروتونات = عدد الالكترونات

الوزن الذري (رقم الكتلة) ATOMIC MASS (A)

الوزن الذري =عدد البروتونات + عدد النيترونات

عدد النيترونات = الوزن الذري - عدد البروتونات

الكتلة الذرية : لذرات العناصر المختلفة كتل ذرية مختلفة ومن المستحيل معرفة كتلة ذرة وحيدة متناهية في الصغر بالوزن المباشر, لذلك تم اعتماد نظير الكربون 12 معياراً لتحديد الكتل الذرية للعناصر الكيميائية الأخرى , إذ أعطي الكربون 12 كتلة تعادل (12) وحدة , ويتم إيجاد كتل الذرات الأخرى بمقارنة كتلتها بكتلة الكربون (12) .

الكتلة الجزيئية : هي كتلة جزيء المركب ونحصل عليها بجمع الكتل الذرية لمكونات الجزيء أي مجموع الكتل الذرية لكل الذرات الموجودة في الجزيء . مثال :

$CH_4 = 16g$

$H_2SO_4 = 98g$

المول : يعبر عن كمية المادة المشاركة في التفاعلات الكيميائية بعدد مولاتها , والمول هو عدد أفوجادرو من المادة (ذرات , جزيئات , أيونات) ويساوي 6.02×10^{23} فعندما نقول أن الكتلة الجزيئية (الكتلة المولية) لحمض الكبريت 98g هذا يعني أن الكتلة المولية تعبر عن كتلة عدد أفوجادرو من الجزيئات الحقيقية . ويمكن حساب عدد مولات المادة كالآتي:

$$n = \frac{m(g)}{M(gmol)^{-1}}$$

حيث :

n : عدد المولات وواحدتها المول (mol)

m : كتلة المادة وواحدتها غرام

M الكتلة المولية وواحدتها غرام / مول

الكيمياء الاشعاعية Radiochemistry :

وهي فرع من فروع العلوم النووية التي تشمل الفيزياء النووية والتكنولوجيا النووية والكيمياء النووية والكيمياء الاشعاعية وتتداخل الكيمياء النووية مع الكيمياء الاشعاعية في مواضيعهما حيث تهتمان بدراسة العناصر المشعة وعمليات الانحلال الاشعاعي ونتائجه وتدرسان كيفية الوقاية من الاشعاع ووسائل الكشف عنه كما تدرسان كيفية استخدام هذا الاشعاع للأغراض الحياتية المختلفة (الطبية والزراعية والصناعية والغذائية والاستكشافية) كما تهتم بدراسة نوى الذرات ومكوناتها والعلاقة فيما بينها والطاقة المتحررة منها وتدرس التفاعلات النووية التي تحدث نتيجة قصف النوى بإشعاع معين وتدرس استخدام الطاقة النووية لإنتاج الكهرباء .

بعض النظريات الذرية المهمة التي حاولت دراسة الذرات :

1- نموذج دالتون:(1803-1808)

يمكن التعبير عن النظرية التي اقترحها بالاتي :

1. الأشياء (المواد) تتكون من العديد من الجسيمات غير القابلة للتجزئة (ذرات) ذات حجم صغير جداً.
2. ذرات نفس العنصر متشابهة في الخواص (الشكل والحجم والكتلة)، وتختلف تماماً عن ذرات العناصر الأخرى.
3. المركبات تتكون نتيجة اتخاذ الذرات بنسب محدودة.
4. الاتحاد الكيميائي عبارة عن تغيير في توزيع الذرات.

لقد أثبتت نظرية دالتون نجاحها من خلال تفسيرها لبعض الحقائق القائمة في ذلك الزمان كما أنها استطاعت أيضا التنبؤ ببعض القوانين غير المكتشفة.

2- نموذج ثومسون

في عام 1896م أجرى ثومسون أبحاثاً حول أشعة الكاثود. وفي عام 1897م، أدهش الأوساط العلمية بإعلانه عن أن الجسيمات المكونة لأشعة الكاثود هي أصغر حجماً بكثير من حجوم الذرات، وقد سميت هذه الجسيمات ب (الإلكترونات).

أظهر اكتشاف الإلكترون للعالم "ثومسون" أن المفهوم القديم عن الذرة منذ ألفى عام، والذي يبين على أنها (الذرة) هي جسيم غير قابل للانقسام كان مفهوماً خاطئاً، كما أظهر أيضاً أن للذرة – في الواقع– ترتيب معقد غير أنه لم يغير مصطلح "الذرة" / غير القابلة للتجزئة إلى "لا ذرة." /

وأدى اكتشاف "ثومسون" عن الإليكترون ذو الشحنة السالبة إلى إثارة الإشكاليات النظرية لدى الفيزيائيين لأن الذرات ككل – تحمل شحنات كهربائية متعادلة فأين الشحنة الموجبة التي تعادل شحنة الإلكترون.

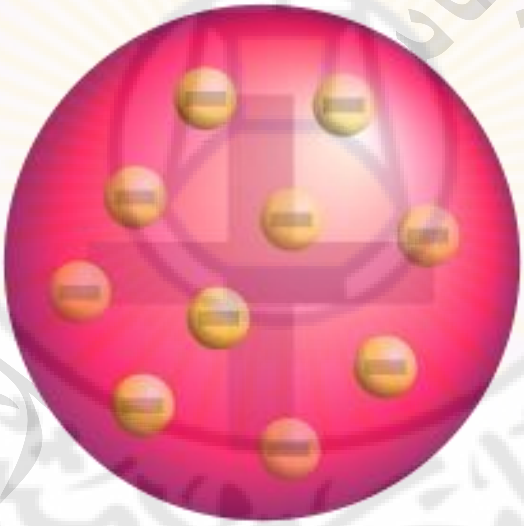
وفى الفترة ما بين عامي (1903 – 1907) حاول – "ثومسون" أن يحل هذا اللغز السابق ذكره عن طريق تكييف نموذج للذرة والتي اقترحها في المقام الأول "اللورد كيلفن" في عام

1902، وطبقاً لهذا النموذج والذي يشار إليه غالباً بنموذج ثومسون فإن الذرة غالباً هنا عبارة عن كرة ذات شحنة موجبة متماثلة أما الشحنات السالبة فإنها منتشرة على الإلكترونات. وترجع أفضلية نظرية " ثومسون" عن الذرة في أنها ثابتة، فإذا لم توضع الإلكترونات في مكانها الصحيح فستحاول أن تعود إلى مواضعها الأصلية ثانية.

حيث توصل ثومسون إلى إن:

1. الذرة كرة مصمتة موجبة الشحنة.
2. تتخلل الالكترونات السالبة الذرة (كما تتخلل البذور ثمرة البرتقال).
3. الذرة متعادلة كهربائياً.

كان عمل ثومسون يمثل تقدماً أساسياً في مجال الفهم العلمي لبنية الذرة مقترحاً نموذجاً عرف فيما بعد بنموذج ثومسون. إن عمله هذا أعطى الكثير من البراهين العملية لكثير من النظريات التي وضعت حول البنية الذرية في عصره.



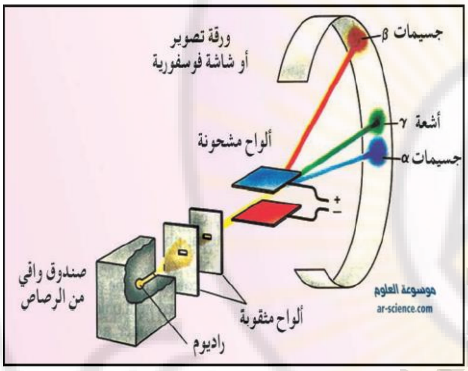
نموذج ثومسون، الشحنة الموجبة موزعة بالتساوي على كل الحجم المشغول بالإلكترونات.

3- نموذج رذرفورد:

اكتشف رذرفورد من خلال تجاربه بأن الشحنة الموجبة للذرة تتركز في مركزها نواة صغيرة مكثفة ومتراصة وعلى أساس ذلك وضع نموذجه الذري الذي عرف بالنموذج النووي. افترض رذرفورد عام 1911م النموذج النووي للذرة معتبراً أن الذرة تتكون من كتلة صغيرة جداً وكثيفة جداً ذات شحنة موجبة تسمى النواة وتحتل مركز الذرة وتحتوي نواة الذرة على جميع البروتونات

ولذا فان كتلة الذرة هي تعبير عن مجموع كتل البروتونات في نواتها (حيث أن قيمة كتل الإلكترونات صغيرة جداً.... فهي قيم مهملة). كما أن شحنة النواة الموجبة ترجع إلى تمركز البروتونات الموجبة بها. وتتوزع الكترونات الذرة حول النواة بنفس الطريقة التي تتوزع بها الأجرام السماوية حول الشمس. وبما أن الذرة متعادلة لذا فعدد الاليكترونات يساوي لعدد البروتونات بالنواة.

قام العالم رذرفورد بإجراء بعض التجارب للوصول إلى حقائق تركيب الذرة. وقد اعتمد في تجارية على استخدام جسيمات ألفا المنطلقة من مادة مشعة وفي اعتقاده أن المادة المشعة تطلق إشعاعاتها في كافة الاتجاهات وبلا حدود وهي تتكون من جسيمات ألفا (Alpha -particles) الموجبة الشحنة وجسيمات بيتا (Beta -particles) السالبة الشحنة وأشعة جاما (Gamma -rays) المتعادلة الشحنة.

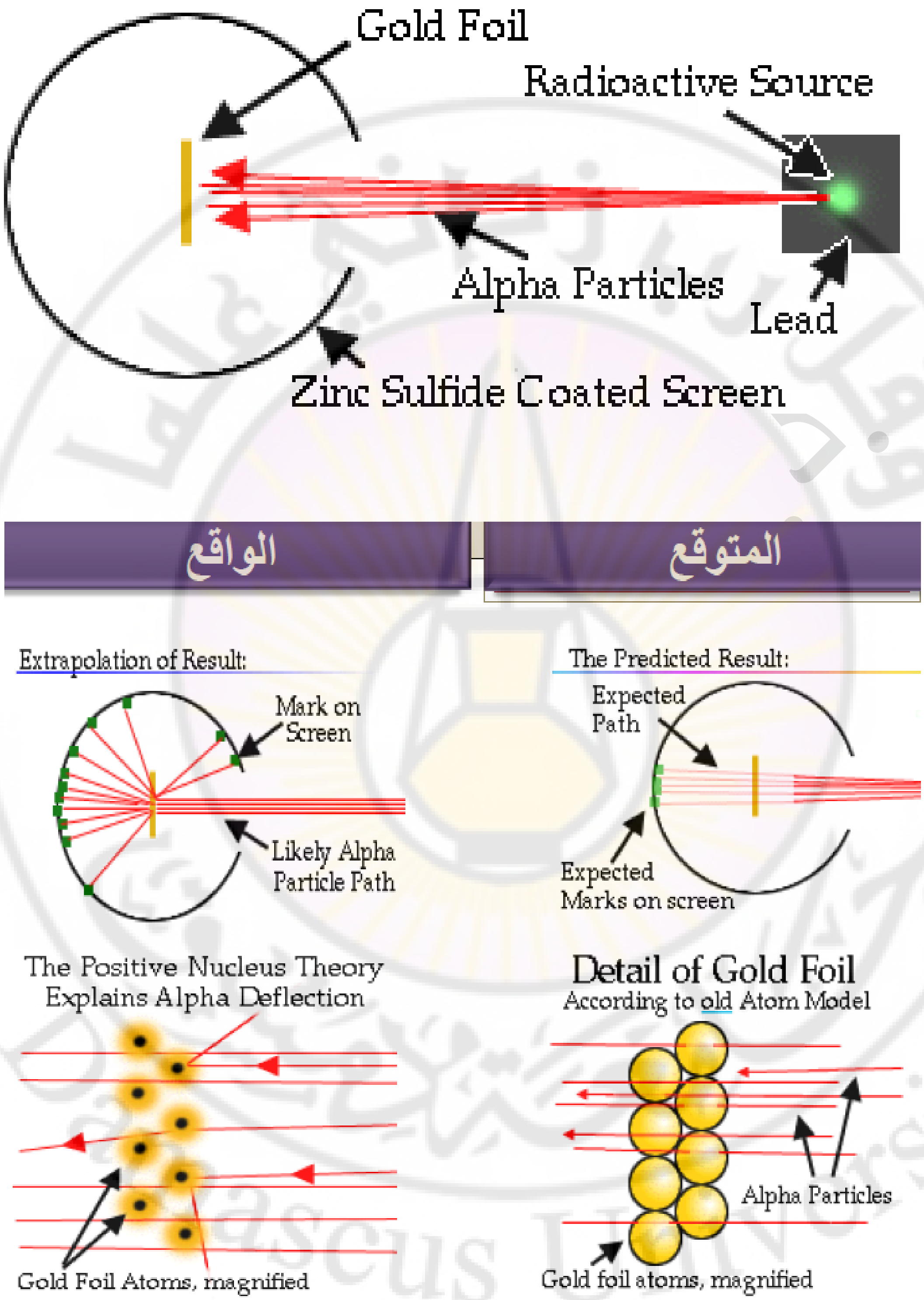


ويمكن اعتبار جسيمات ألفا على أنها ذرات للهليوم فقدت إليكترونين ولذا فان جسيمات ألفا تحمل شحنتين موجبتين ولها كتلة تساوي أربعة مرات كتلة ذرة الهيدروجين.

وقد ساعد "رذرفورد" على تنمية معرفتنا بالذرة ،عندما قام مع "هانز جيجر" بإجراء تجارب رقائق الذهب الشهيرة والتي أظهرت أن للذرة نواة صغيرة ولكنها تحتوى على كل الكتلة تقريباً. فقد قام بإطلاق جسيمات "ألفا" خلال الرقائق الذهبية ثم استقبلت هذه الجسيمات كومضات ضوئية.

لقد سمح رذرفورد بإطلاق حزمة رقيقة للغاية من جسيمات ألفا من مصدر مشع كعنصر البولونيوم بالمرور في اتجاه صفيحة معدنية رقيقة من الفضة أو الذهب ،وبعد اختراق تلك الجسيمات الصفيحة المعدنية استقبلها على لوح من كبرتيد الزنك موضوع خلفها

تجربة رذرفورد



قام رذرفورد عمليا بإطلاق جسيمات "ألفا" خلال الرقائق الذهبية تصل سماكة الرقيقة الذهبية الواحدة إلى حوالي 0.00004 سنتيمتر فقط، ثم استقبل هذه الجسيمات كومضات ضوئية على

شاشة الاستقبال ومرت معظم الجزئيات مباشرة عبر الرقائق في حين انحرفت واحدة فقط من عشرين ألف جزئ (ألفا) إلى حوالى 45° أو أكثر.

هذه التجربة شكلت ثورة علمية في المفهوم الذري وقتها وكانت الطريقة الوحيدة لقبول واستيعاب نتائج هذه التجربة هو تفسير راذرفورد القائم على أن كامل كتلة الذرة تقريبا مجتمعة في المركز وتمتلك هذه النواة حجما صغيراً جداً مقارنة بحجم الذرة الكلية وقد توصل رذرفورد نتيجة ذلك إلى القول ((من خلال التفكير والدراسة أدركت أن هذا الارتداد المتفرق هي نتيجة حتمية للتصادم الفردي فعندما قمت بالعد وجدت أنه من المستحيل أن أحصل على أي نتيجة ولهذا العدد الضخم، إلا إذا أخذت نظام يكون الجزء الأكبر من الكتلة من الذرة فيه مركزا بالنواة الدقيقة. وبعد كل هذا التحليل أستطيع القول بأنني قد توصلت إلى وجود ذرة ذات مركز دقيق جداً به أغلب الكتلة ويحمل شحنة موجبة تعادل شحنة الإلكترون.)).

وتوصل رذرفورد إلى النتائج الآتية :-

1- إن الجزء الأكبر من جسيمات إلفا تخترق صحيفة الذهب دون أن تعاني إي انحراف في مسارها.

2- جزء قليل من جسيمات إلفا قد انحرفت عن مسارها.

3- جزء قليل من جسيمات إلفا تنحرف بزاوية 180^0 إي أنها ترتد إلى الوراء مباشرة.

4- إن عدد جسيمات إلفا التي ترتد إلى الوراء تتناسب طرديا مع سمك الصفيحة المستعملة ونوع مادتها .

إن الطريقة الوحيدة التي مكنت رذرفورد من تفسير نتائج تجربته المدهشة وقدرة الجسيمات على المرور والانحراف ضمن الذرة **هي الاستنتاجات المهمة الآتية :-**

أولاً : وجود فراغ كبير في الذرة دليل على عدم الانحراف الكلي للجسيمات.

ثانياً : احتواء الذرة بعض الجسيمات الثقيلة والمشحونة بشحنات موجبة وبالتالي فإن اقتراب جسيمات ألفا من هذه الجسيمات الموجبة قد تسبب في تنافر بسيط معها ، وبالتالي كان سببا في انحراف بعض جسيمات ألفا.

ثالثاً: تمركز الجسيمات الموجبة الشحنة بالذرة في وسطها مما سبب الانحراف الكلى لجسيمات ألفا (قليلة العدد نظراً لصغر حجم الفراغ الذي تشغله النواة) المارة بمركز النواة. مما سبب الانحراف الكبير لهذه الجسيمات.

نموذج الذرة التي توصل إليها رذرفورد (النموذج النووي):

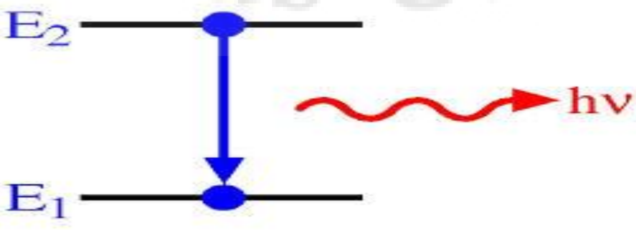
1. الذرة تشبه المجموعة الشمسية (نواة مركزية يدور حولها على مسافات شاسعة الالكترونات سالبة الشحنة)
2. الذرة معظمها فراغ (لأن الذرة ليست مصمتة وحجم النواة صغير جدا بالنسبة لحجم الذرة)
3. تتركز كتلة الذرة في النواة (لأن كتلة الالكترونات صغيرة جدا مقارنة بكتلة مكونات النواة من البروتونات والنيوترونات)
4. يوجد بالذرة نوعان من الشحنة (شحنة موجبة بالنواة وشحنات سالبة على الالكترونات
5. الذرة متعادلة كهربيا لأن عدد الشحنات الموجبة (البروتونات) يساوي عدد الشحنات السالبة (الالكترونات)
6. تدور الالكترونات حول النواة في مدارات خاصة.
7. يرجع ثبات الذرة إلى وقوع الالكترونات تحت تأثير قوتين متضادتين في الاتجاه متساويتين في المقدار هما قوة جذب النواة للإلكترونات وقوة الطرد المركزي الناشئة عن دوران الالكترونات حول النواة.

نموذج بور :

أوجد العالم بور حلاً للمشكلة التي اعترضت نموذج رذرفورد إذ اعتبر أن الالكترون يتواجد على سوية طاقة محددة (طبقة الكترونية محددة ومدار محدد) , وطالما بقي الالكترون في مداره الأصلي لا يحصل تغير في الطاقة ولا يفقد أي طاقة , وانما يحصل التغير في الطاقة عندما يكتسب الالكترون طاقة (تحريض) فينتقل إلى مدار أعلى , ويعود إلى مداره الأصلي عندما يفقد الطاقة :

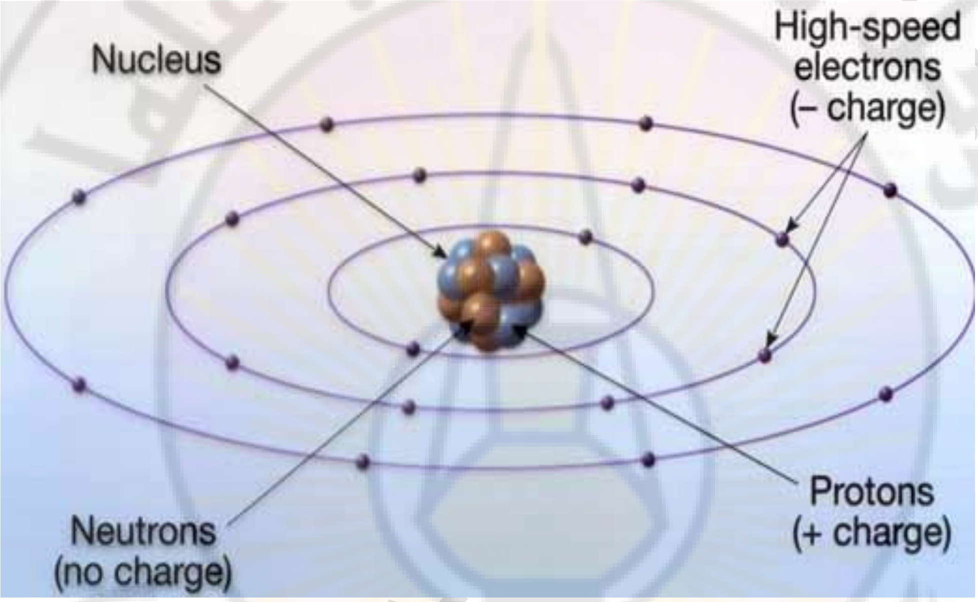
$$\Delta E = h.v$$

حيث : h ثابت بلانك و v تواتر الاشعاع



اعتماداً على ما سبق يمكن صياغة نموذج بور حول بنية الذرة كالآتي :

- تتكون الذرة من نواة تتمركز فيها الشحنة الموجبة (البروتونات) , ومن النيترونات المعتدلة كهربائياً التي اكتشفها العالم شادويك عام 1932 .
- يدور حول النواة جسيمات صغيرة جداً سالبة الشحنة تدعى الالكترونات وتدور حول النواة على مدارات اهليلجية بحسب العالم سمرفيلد .
- يتواجد الالكترون في مدار له سوية طاقة محددة حول النواة , ولا يحصل تغير في الطاقة طالما بقي الالكترون في مداره الأصلي .



حدد بور الطبقات الالكترونية في الذرة حول النواة بسبع طبقات لكل منها سوية طاقة أي أن هناك سبع سويات طاقة حول النواة تتوزع عليها الالكترونات , تتسع كل طبقة الكترونية لعدد أعظمي من الالكترونات يحدد من العلاقة :

$2(n)^2$ حيث n يمثل رقم الطبقة الالكترونية

الطبقة الأولى :

$n = 1$ ويكون عدد الالكترونات فيها $2(1)^2 = 2$ الكترون

الطبقة الثانية :

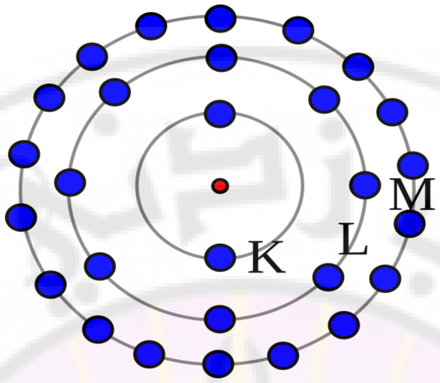
$n = 2$ ويكون عدد الالكترونات فيها $2(2)^2 = 8$ الكترون

الطبقة الثالثة : $n = 3$

ويكون عدد الالكترونات فيها $2(3)^2 = 18$ الكترون

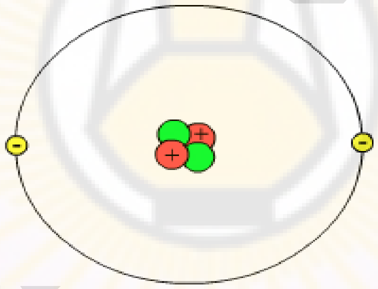
كما أعطى بور رمز لكل طبقة باستخدام الأحرف بحيث كل حرف يوافق رقم الطبقة كالآتي :

(الطبقة)	Q	P	O	N	M	L	K
(رقم الطبقة)	7	6	5	4	3	2	1



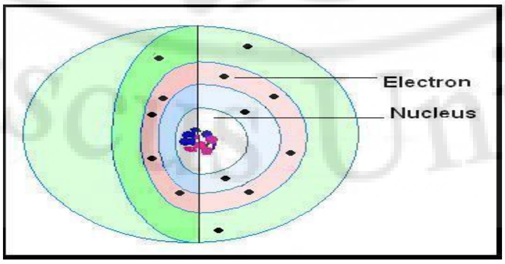
النموذج الذري الحديث

تتكون الذرة من نواة تحتوي على الشحنة الموجبة (بروتونات) تتركز فيها معظم الكتلة النووية محاطة بإلكترونات سالبة الشحنة تتحرك بسرعة كبيرة ولها خواص الموجات وموجودة في فراغ حول النواة يكون احتمال وجودها فيه أكثر من 90% تسمى المجالات الإلكترونية.



شكل ذرة الهليوم

وتظهر فيها النواة وفيها 2 بروتون باللون الأحمر، و 2 نيترون باللون الأخضر ، وسحابة تمثل توقع مكان 2 إلكترون



توضح المستويات في الذرة

التطور التاريخي لنموذج الذرة

مبدأ الشك :

وينص على أنه لا يمكن تحديد مكان وسرعة الالكترون بدقة في آن واحد وانما يمكن تحديد احتمال وجود الالكترون في منطقة من الفراغ .

بناءً على ذلك وباعتبار أن الالكترون في حركة دوران مستمرة فإن احتمال تواجده في نقطة من الفراغ في لحظة زمنية هو الممكن دراسته , ومجموع الاحتمالات التي يتواجد فيها الالكترون تشكل منطقة من الفراغ التي يحتمل أن يتواجد فيها الالكترون , وتدعى هذه المنطقة الغمامة الالكترونية أو المدار .

للمدارات أنواع تتعلق بعدد الالكترونات التي تتواجد عليها فكلما ازداد عدد الالكترونات ازدادت المنطقة الفراغية والمدار تعقيداً .

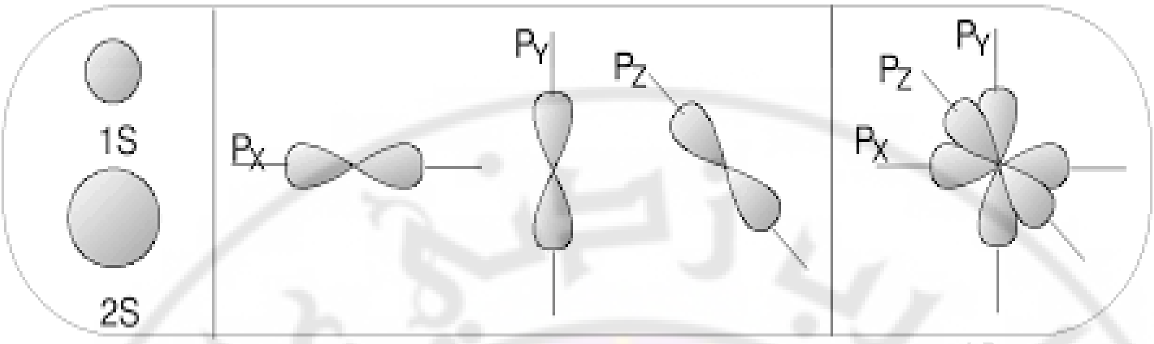
من أهم أنواع المدارات نذكر :

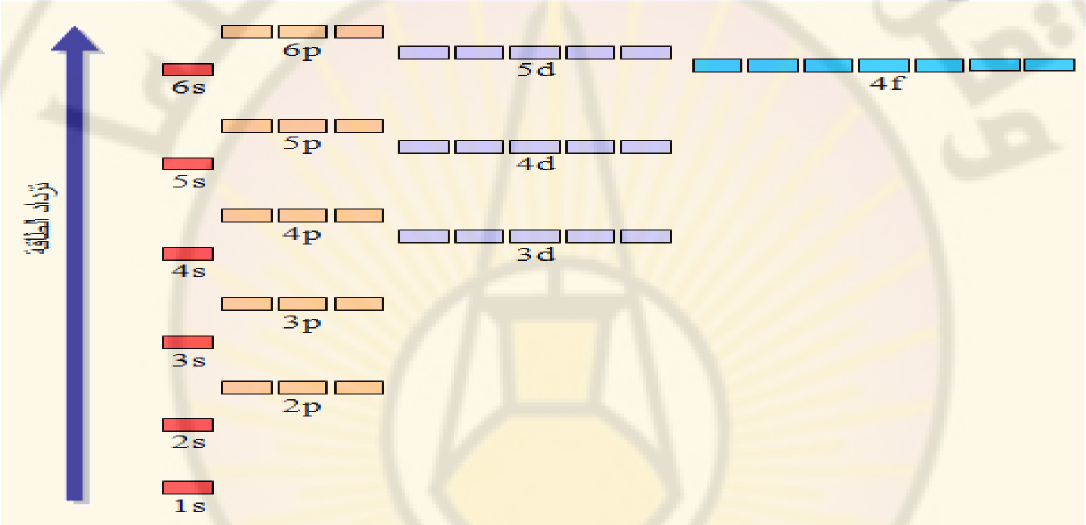
1-**المدارات** S : عبارة عن كرة من الفراغ ويمثل حجرة واحدة تتسع لإلكترونين كحد أقصى

2-**المدارات P** عبارة عن ثلاث حجرات تتسع كحد أعظمي إلى ستة الكترونات

المدارات P : لها شكل مغزلين متقابلين بالرأس وهي ثلاثة أنواع : P_Z , P_Y , P_X

3-**المدارات d** : لها شكل فراغي معقد ناتج عن تجمع المغازل : d_{XZ} , d_{XY} , d_{Z} , d_{Y} , d_{X} وهي عبارة عن خمس حجرات تتسع لعشرة الكترونات كحد أعظمي .





تحتوي الطبقة الالكترونية عدداً من المدارات ,

فالطبقة الأولى K حيث $n = 1$ تحتوي نوعاً واحداً من المدارات 1S

الطبقة الثانية L حيث $n = 2$ تحتوي نوعين من المدارات 2S و 2P

الطبقة الثالثة M حيث 3 = ثلاثة أنواع من المدارات هي : 3S , 3P , 3d

تحتوي الطبقة الالكترونية الأولى الكترونين يتواجدان على المدار $1S^2$ (حيث الأس يمثل عدد الالكترونات) وتحتوي الطبقة الالكترونية الثانية 8 الكترونات موزعة على المدارات $2S^22P^6$ وتحتوي الطبقة الالكترونية الثالثة 18 الكتروناً موزعة على المدارات $3S^23P^63d^{10}$

من أجل تحديد مكان تواجد الالكترونات على الطبقات الالكترونية والمدارات بشكل أكثر دقة نعتمد على الأعداد الكوانتية (أعداد الكم) وهي :

1- **العدد الكوانتي الرئيسي** (n) يعبر عن رقم الطبقة الالكترونية التي يتواجد عليها الالكترون (سوية الطاقة) فهو يعبر عن بعد الالكترون عن النواة :

(الطبقة)	K	L	M	N	O	P	Q
(رقم الطبقة)	1	2	3	4	5	6	7

2- **العدد الكوانتي الثانوي** (l) يتعلق بالشكل الفراغي للمدار وقيمته $L = n-1$:

$L = 0 \quad , \quad 1 \quad , \quad 2 \quad , ...(n-1)$

S P d ....

3- **العدد الكوانتي المغناطيسي** : (m) يتعلق بالأوضاع التي تأخذها المدارات عندما تخضع الذرة لتأثير حقل مغناطيسي خارجي , ويأخذ الأرقام التالية : $-L \; , \; 0 \; , \; +L$

4- **العدد الكوانتي للف الذاتي** (S) يتعلق بدوران الالكترون حول نفسه مع وعكس عقارب الساعة ويأخذ القيمة $+1/2$ مع عقارب الساعة والقيمة $-1/2$ لدورانه عكس عقارب الساعة , ويدعى (السبين)

المدار	أعداد الكم				
رمزه	n	l	m	قيم m المحتملة	قيم S
S	1	0	1	0	+ 1/2 أو -1/2
P	2	1	3	-1 , 0 ,+1	
d	3	2	5	-2 , -1 , 0 , +1 , +2	
f	4	3	7	-3 , -2 , -1 , 0 , +1 , +2 , +3	

يستقر الالكترون على مداره الذي يدور من خلاله حول النواة بسبب التساوي بين قوة جذب النواة له والقوة النابذة الناجمة عن دورانه حول النواة .

قواعد امتلاء المدارات بالالكترونات :

1–**قاعدة البناء** : تملأ الالكترونات المدارات بدأً من المدارات ذي السوية الطاقية الدنيا

2–**مبدأ الاستبعاد** (باولي) : لا يمكن لإلكترونين يتواجدان على المدار نفسه أن يكون لهما الأعداد الكوانتية الأربعة نفسها , فيجب أن يتعاكسا باللف الذاتي .

3–**قاعدة هوند** : تملأ الالكترونات المدارات بحيث يكون عدد الالكترونات الفردية أعظمياً .

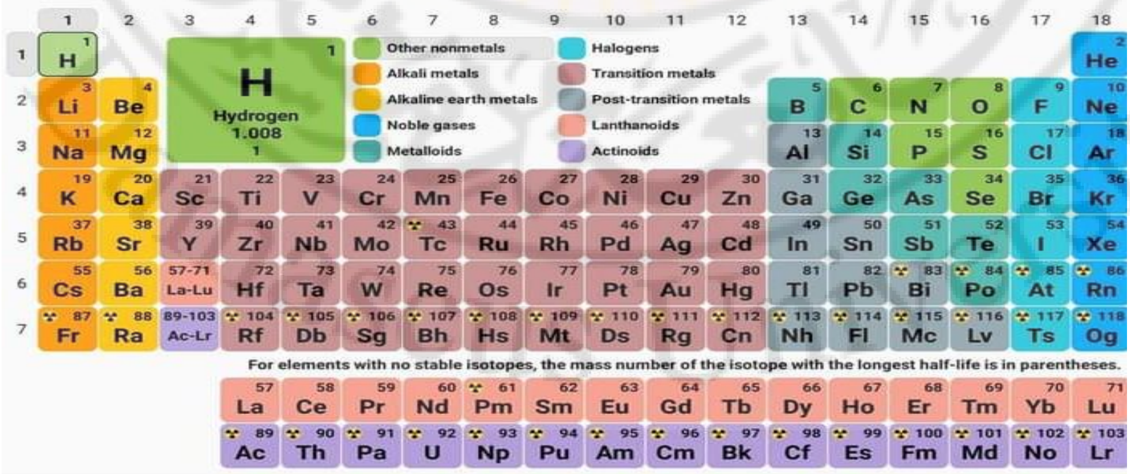
العناصر ELEMENTS :

العناصر التي كانت معروفة (92) عنصر تبدأ بالهيدروجين وتنتهي باليورانيوم وزاد ما عرف من العناصر حتى الآن إلى ما يزيد (118) لكن العناصر بعد ال (92) غير موجودة في الطبيعة فقد تم استحداثها صناعياً .

وقد جرت عدة محاولات لترتيب هذه العناصر منها ثلاثيات إدوابيز 1829. ثم ثمانيات نيولاند 1864 . إلى أن توصل إلى الترتيب الدوري للعناصر كل من العالم الروسي ماندلييف و الألماني لوثر ماير 1869.

ويتلخص هذا الجدول بالتالي:

تتدرج كل من الخواص الطبيعية والكيمائية للعناصر إلى(7)مجاميع أفقية متصاعدة حيث تتدرج بزيادة الوزن الذري لهذه العناصر . والى(8) مجاميع عمودية تتشابه في صفاتها الكيميائية والفيزيائية .



الجدول الدوري

المحاضرة الثانية : النشاط الإشعاعي RADIO ACTIVITY

خاصية طبيعية للذرات غير المستقرة التي تطلق الطاقة الزائدة عنها وتشكل نشاطاً يسمى النشاط الإشعاعي أي أنها عملية تحول تلقائية للأنوية غير المستقرة لعنصر ما إلى أنوية ذرات عنصر آخر عن طريق انبعاث نوع معين من الأشعة . وقد دلت التجارب على وجود ثلاث أنواع من الأشعة : (ألفا ، بيتا ،جاما) يمكن الفصل بينها باستخدام مجال كهربائي أو مغناطيسي .

مصادر الإشعاع:

يوجد نوعان من الإشعاع هما:

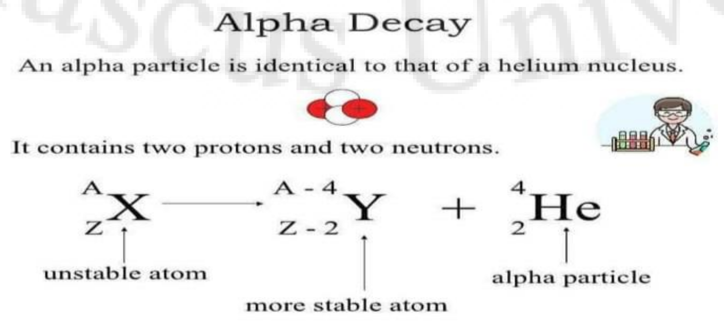
- ✓**الإشعاع الطبيعي** :وهو الذي يحدث فيه تحلل أو تفتت تلقائي لذرات العناصر المشعة وهذا التحلل لا يحدث في جميع الذرات بنفس الوقت.
- ✓**الإشعاع الصناعي** :مجموعة تفاعلات نووية يمكن إجراؤها صناعياً تنطلق منها طاقة يمكن التحكم فيها كما في المفاعلات النووية أو يصعب التحكم بها كما في القنابل الذرية, ويتم التفاعل النووي عند قذف نواة عنصر بقذيفة معينة حيث يحدث اضطراب نووي داخل النواة يؤدي إلى تكوين نظير للعنصر المشع أو المستقر أو يؤدي للحصول على عنصر آخر جديد وهذا متوقف على نوع القذائف المستخدمة.

أنواع الأشعة :

أشعة ألفا ALPHA RADIATION :

عبارة عن جسيمات وهي أثقل الجسيمات المنطلقة من نواة الذرة وهي تساوي نواة ذرة هليوم He (وزنها الذري 4 وشحنتها 2موجب والعدد الذري 2)

وتتحول النواة التي انطلق منها جسيم ألفا إلى نواة جديدة يقل وزنها الذري بمقدار 4 وعددها الذري بمقدار 2.



$$polonium\ {}^{210}_{84}Po \xrightarrow{\rightarrow {}^{4}_{2}He} {}^{206}_{82}Pb(stable)$$

وبسبب ثقل وزن جسيمات ألفا فإنها تفقد طاقتها بعد مسافات قصيرة وتبعاً لذلك فإن صفاتها يمكن أن تتلخص بما يلي:

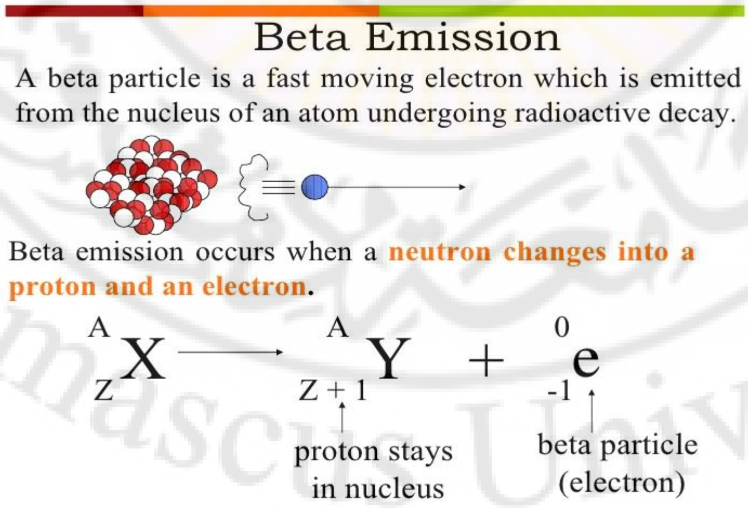
ليس لها القدرة على الاختراق (يمكن إيقافها بورقة كتابة عادية) .

- ليس لها أخطار خارجية على الإنسان يمكن لطبقة الجلد الميتة أن توقفها .
- لها أخطار داخلية على الإنسان وذلك عند ابتلاعها أو وصولها إلى الأمعاء أو استنشاقها ووصولها إلى الرئة حيث يمكن أن تؤين بعض الخلايا الحية وعندها يكون ضررها الداخلي كبيراً .
- لا يمكن قياسها بسهولة لضعف قوة اختراقها للكواشف .
- قدرتها على تأين الغازات كبير . سرعتها قليلة 10/1 من سرعة الضوء.

2-أشعة بيتا BETA RADIATION

عبارة عن الكترونات تنطلق هذه الكترونات بسبب تحلل أحد النيترونات المتفاعلة كما يلي :

$${}^{32}_{15}P \xrightarrow{\beta} {}^{32}_{16}S$$



ينطلق الإلكترون بينما يبقى البروتون ويتحول إلى عنصر آخر ، وبسبب قلة أو خفة وزن جسيمات بيتا فإن لها قوة اختراق أكبر من ألفا وتستطيع اختراق حوالي 10 ملم من الأنسجة ويمكن إيقافها بحاجز حديدي من المعدن سماكته 3ملم .

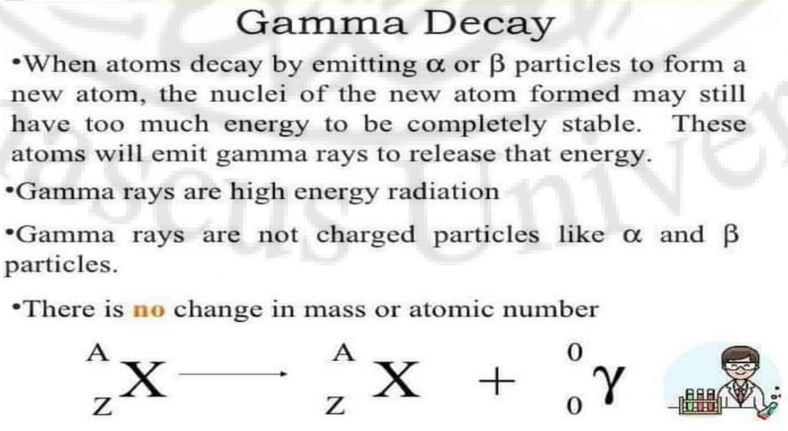
ومن أهم صفاتها :

- قوة اختراقها أكبر من أشعة ألفا ويمكن إيقافها برقائق معدنية.
- لها أخطار داخلية وخارجية (على الجلد والعيون)
- شحنتها سالب واحد .
- قدرتها على تأيين الغازات أقل من أشعة ألفا .
- يمكن قياسها بسهولة بسبب طاقتها العالية وقدرتها على اختراق الكواشف وخاصة الوميضية .
- سرعتها عالية 10/9 من سرعة الضوء وكتلتها تساوي كتلة إلكترون.

3-أشعة جاما GAMMA RADIATION

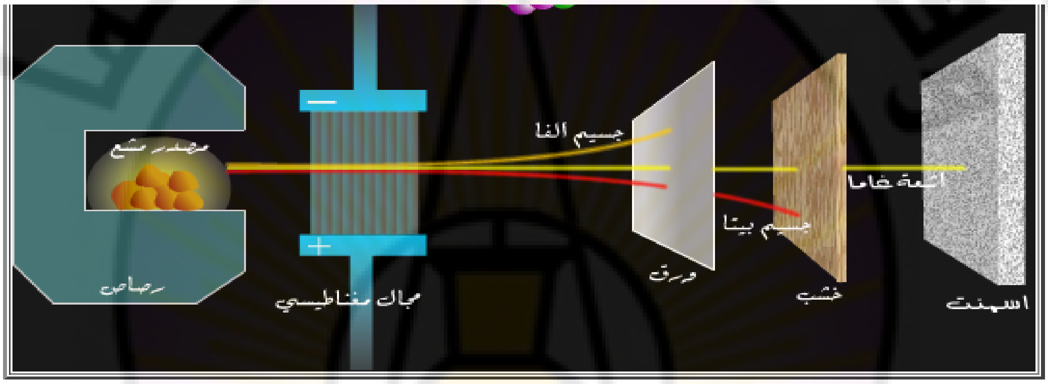
عبارة عن موجات أو أشعة كهرومغناطيسية مثل أشعة الرادار والراديو الميكروويف والأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء لكن أشعة جاما تختلف عنها بأنها لها طاقة أكبر وأعلى ذبذبة وأصغر في طول الموجة كما أنها تسبب تأيين الوسط المارة فيه بعكس الأشعة الأخرى ،وتختلف أشعة جاما عن الأشعة السينية **x-ray** من حيث تأثيرها على الوسط المارة فيه ،وكذلك من حيث مصدرها حيث أن مصدر أشعة جاما النواة أما مصدر أشعة إكس فهو الإلكترونات على المدارات . ولا يصاحب انطلاق أشعة جاما تغير في الوزن الذري أو العدد الذري وبالتالي لا يتغير العنصر لأنها موجات .

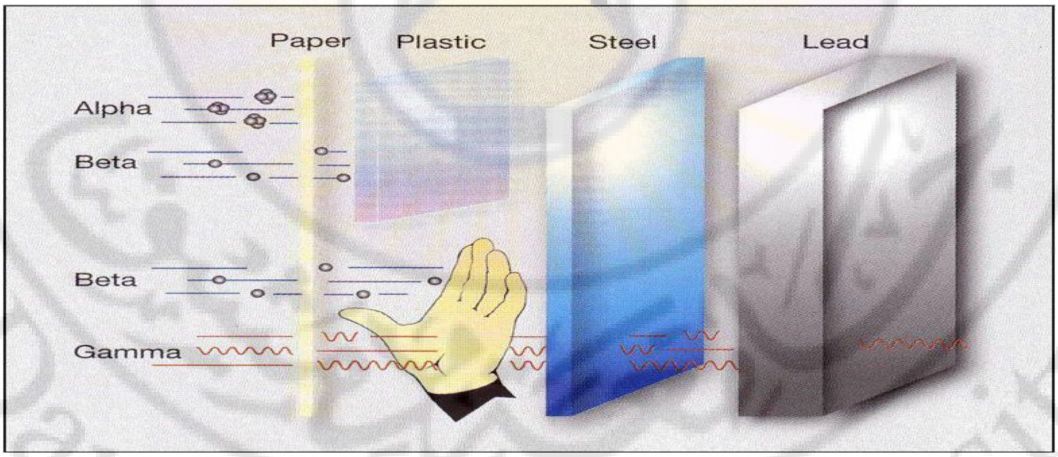
$^{127}_{53}I\ X\ ^{1}_{0}n \rightarrow ^{128}_{53}I$ (مشع) + أشعة غاما



ومن أهم صفاتها :

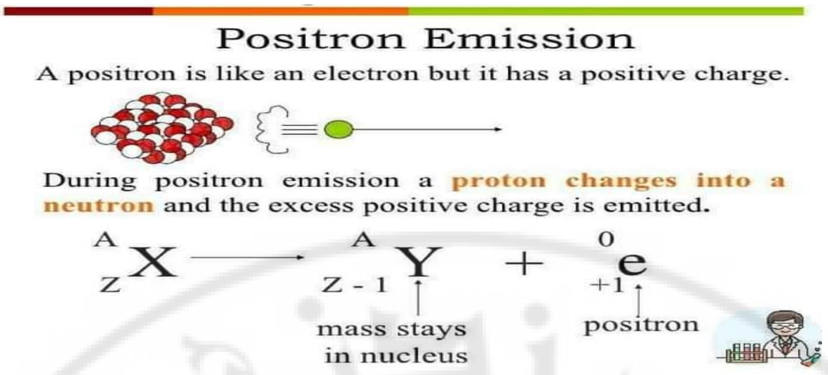
- لها قوة اختراق كبيرة ولا يمكن إيقافها، لكن يمكن الإقلال منها باستخدام بعض الحواجز ذات الكثافة العالية مثل الرصاص.
- ليس لها شحنة
- لها تأثير بيولوجي خارجي وداخلي .
- يمكن قياسها بسهولة .
- سرعتها تساوي سرعة الضوء وهي عديمة الكتلة والشحنة .
- قدرتها على تأيين الغازات ضعيفة .





4-البوزيترون: Positron

وهو جُسيم أولي لا يدخل في تكوين المادة العادية، ويعتبر الجسيم المُضاد للإلكترون. وهو يتطابق مع الإلكترون في الصفات والخصائص الفيزيائية كافةً، فيما عدا الشحنة الكهربائية؛ إذ يحمل **البوزيترون** شحنة كهربائية موجبة على عكس الإلكترون الذي يحمل شحنة كهربائية سالبة، في حال اصطدامها يحدث ما يعرف بإبادة إلكترون–**بوزيترون**

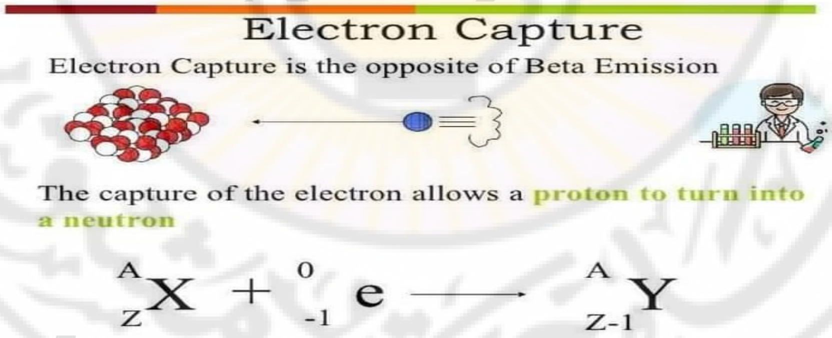


5-الأسر الإلكتروني : Electron Capture

هو عملية تحدث في نواة غنية بالبروتونات؛ حيث يضمحل بروتون إلى نيوترون مُطْلِقًا بوزيترونًا ذا طاقة عالية من النواة. وهو تحوّل نووي داخلي تسعى فيه النوى التي تظهر نقصاً في عدد النترونات neutrons الضروري للوصول إلى الحالة المستقرة؛ إلى تعديل هذا النقص، وهذا التحول النووي يتنافس مع تفاعل نووي آخر يتحول بموجبه أحد البروتونات إلى نترون مع إطلاق بوزيترون positron (تفكك بيتا الموجب) ونيوترينو Neutrino

$$p \rightarrow n + \beta^{+} + \nu$$

والنيوترينو: هو جسيم أولي بكتلة أصغر كثيرا من كتلة الإلكترون، وليست له شحنة كهربائية.

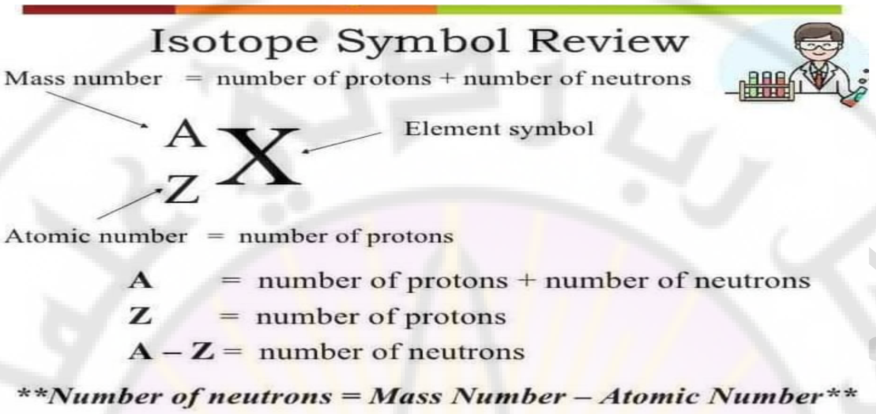


Summary

Reaction	What happens?	Mass #	Atomic #
Alpha Decay α	Lose Helium Nucleus	-4	-2
Beta Decay β-	Lose electron from nucleus (neutron turns into proton)	No change	+1
Electron Capture	Gain electron in nucleus (proton turns into neutron)	No change	-1
Positron Emission β+	Lose positron (proton turns into neutron)	No change	-1
Gammy Decay γ	Emit high energy gamma ray	No change	No change

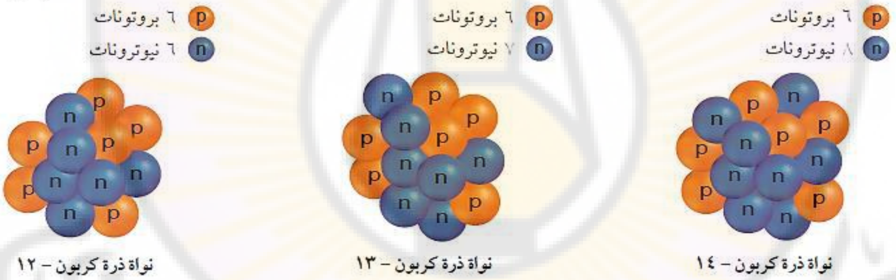
النظائر ISOTOPES

النظائر : هي ذرات العنصر التي لها العدد نفسه من البروتونات وأعداد مختلفة من النيترونات , ويرمز لها بـ $_{Z}^{A}X$



أمثلة : $^{1}_{1}H$, $^{2}_{1}H$, $^{3}_{1}H$

$^{12}_{6}C$, $^{13}_{6}C$, $^{14}_{6}C$



كما هو معروف فإن عدد البروتونات في ذرات أي عنصر ثابتة. وإذا تغير هذا العدد يصبح عنصراً جديداً مختلفاً ومثال ذلك إذا أخذنا بروتون من ذرة هيليوم التي تحوي بروتونين وإلكترونين فإنها تصبح ذرة جديدة مختلفة هي الهيدروجين.

$$^{4}_{2}He \longrightarrow \ ^{1}_{1}H$$

لكن إضافة نيترون إلى ذرة هيدروجين تحوي بروتون واحد ولا تحوي أي نيترون فإن ذرة جديدة تتكون تسمى الديتريون لكنها مازالت ذرة هيدروجين لأنها ذات بروتون واحد وإذا ما أضفنا بروتوناً ثانياً فإن ذرة جديدة تتكون تسمى التريتيوم Tritium لكنها مازالت ذرة هيدروجين لأنها ذات بروتون واحد . وبهذه الحالة تسمى الذرتان الجديدتان بنظائر الهدروجين.

ويمكن القول إن النظائر هي **عبارة عن صور مختلفة للعناصر الكيميائية تحوي أنويتها نفس عدد البروتونات لكنها مختلفة في عدد النيترونات وتشغل نفس المكان في الجدول الدوري للعناصر الكيميائية أي أنها ذات خوص كيميائية متشابهة وبالتالي النظائر لها نفس العدد الذري لكن أوزانها الذرية مختلفة** . وإذا استعرضنا الجدول الدوري للعناصر الكيميائية نجد أنه توجد نظائر لكل العناصر ويتراوح عددها من 3 إلى أكثر من 50 نظير للعنصر الواحد كما أن هناك نظائر لا توجد في الطبيعة لكن يمكن استحداثها صناعياً باستخدام المفاعلات والمعجلات النووية.

وبصفة عامة إن العناصر الكيميائية توجد في الطبيعة بصورة خليط مع بعض نظائرها ، كما يمكن تقسيم النظائر إلى نوعين :

1- **نظائر مستقرة** : ثابتة لا يحدث لأنويتها أي تفكك تلقائي مثل بعض نظائر النتروجين ،الصوديوم ،الكلور .

2- **نظائر مشعة** : يحدث لأنويتها تفكك تلقائي وهذا لا يحدث في جميع الذرات بوقت واحد إنما تدريجياً مثل نظائر اليورانيوم ، وفسفور ،كوبالت.

وفي هذا المجال يمكن التفريق ببين التعاريف التالية:

Isotopes: عبارة عن نويات متماثلة في عددها الذري ومختلفة في عدد الكتلة مثل :

$$^{40}_{20}Ca \qquad ^{42}_{20}Ca$$

Isotones: عبارة عن نويات متماثلة في عددها نيتروناتها ومختلفة في عدد بروتوناتها مثل:

$$^{39}_{19}K_{20} \qquad ^{40}_{20}Ca_{20}$$

Isobars: عبارة عن نويات متماثلة في عددها الكتلي ومختلفة في عدد بروتوناتها مثل :

$$^{113}_{48}Cd \qquad ^{113}_{49}In$$

Isomers: نويات متماثلة في عدد النيترونات وعدد البروتونات ولكنها قادرة على الوجود لفترة زمنية قابلة للقياس في مستويات طاقة مختلفة. و يمكن تعريفها بانها نويدات لها نفس العدد الذري والعدد الكتلي ولكنهما يختلفان بالخصائص الإشعاعية كشكل الانحلال وطاقته وعمر النصف وغالبا ما يكون احدهما مشع والآخر مستقر مثلا : ^{60m}Co , ^{60g}Co حيث يرمز للنويدة المستقرة g وتعني ground state وللنويدة المشعة m وتعني metastable

للنشاط الاشعاعي تطبيقات عديدة :

- ✓توليد الطاقة الكهربائية
- ✓تشخيص ومعالجة الأمراض الخطيرة
- ✓الانشطار النووي : هو تفكك أو انشطار نوى ثقيلة (اليورانيوم) إلى نوى أخف (مبدأ القنبلة الذرية)
- ✓الاندماج النووي : اندماج قوى خفيفة (الهيليوم) لتشكيل نواة أثقل(مبدأ القنبلة الهيدروجينية)

ما هو الفرق بين التفاعل النووي والتفاعل الكيمياوي :

التفاعل النووي	التفاعل الكيمياوي
1- ذرات عنصر واحد معين تتحول الى ذرات عنصر آخر	1- ماده واحده تتحول الى ماده أخرى ولكن لا تتغير هوية الذرات
2- البروتونات والنيوترونات ودقائق اخرى تشارك في التفاعل , في حين ان الالكترونات المدارية نادرا ما تشترك في التفاعل	2- الالكترونات المدارية هي التي تشترك في التفاعل حيث تتكسر اواصر وتتكون اواصر غيرها وان الدقائق النووية لا تشترك في التفاعل
3- التفاعل يصاحبه تغير كبير في الطاقة وتغيرات ممكن حسابها في الكتلة	3- التفاعل يصاحبه تغير طفيف في الطاقة بدون تغير في الكتلة
4- سرعة التفاعل تتأثر بعدد النوى ولا تتأثر بدرجة الحرارة او العوامل المساعدة او نوع المركب المتواجد فيه العنصر المشع	4- سرعة التفاعل تتأثر بدرجة الحرارة والتركيز والعوامل المساعدة ونوع المركب المتواجد فيه العنصر

مقارنه بين اشعة اكس واشعة جاما :

اشعة اكس	اشعة جاما
1- تنبعث عندما تعاني الالكترونات المدارية تغيرا في موقعها بين المدارات	1- منشئها من نواة الذرة حيث تنتج من التغيرات التي تحصل في النواة
2- طيفها قد يكون مستمرا او خطي	2- طيفها مستمرا
3- طيفها صفه مميزه للذرات	3- طيفها صفه مميزه للنواة
4- لا يمكن تمييز النظائر المختلفة بواسطة طيفها	4- يمكن ان يستخدم طيفها للتمييز بين النظائر المختلفة

المحاضرة الثالثة : السلاسل الاشعاعية

تتميز نوى الذرات التي رقمها الذري أعلى من اثنين وثمانين بالنشاط الاشعاعي ، نظراً لزيادة عدد البروتونات فيها، وهو ما يؤدي لزيادة قوى التنافر الكولونية لحد كبير ينتج عنه عدم استقرار هذه النوى وتفككها فيما بعد مع انبعاث جسيمات الفا (α) .وتنتقل بذلك نوى الذرات ذات الأعداد الذرية الأكبر من العدد المذكور سابقا إلى وضع الاستقرار عن طريق خضوعها لسلسلة من التحولات ليس من الضروري ان تكون جميعها من النوع ألفا (α) إلا أنه خلال التحولات الفا (α) تزداد نسبة تحول النيترونات الى البروتونات وهذا ما يفسر عدم استقرار النوى الوليدة الناتجة عن هذه التحولات بما يتوافق مع نسبة الاستقرار المذكورة سابقاً. وتخضع النوع المشعة بعد عدة تحولات من النوع (α) لتحول من النوع (β) الذي ينتج عنه تحول أحد النيترونات المتواجدة ضمن النواة الى بروتون في كل تحول وفق المعادلة:

$$n \xrightarrow{\beta} P + e^- + v$$

وهكذا يمكن أن تصل قيمة النسبة بين النيترونات والبروتونات نتيجة للتحولات (β) الى نسبة الاستقرار المعلومة ولا يحصل ذلك بالنسبة لتحولات ألفا (α) . تستمر سلسلة التحولات في النوى المشعة الى ان تصل إلى نوى مستقرة غالبا ما تكون الرصاص.

من المعروف جيدا أنه لا ينتج عن تحولات بيتا (β) أي تغير في العدد الكتلي للنواة المشعة وينقص هذا العدد بمقدار أربع وحدات في حالة التحول ألفا (α)، وبناء على ذلك نجد أن الباقي من قسمة (A) على أربع يكون نفسه لجميع نوى ذرات السلسلة الإشعاعية، ويعني هذا أن أرقام الكتلة لجميع أفراد اي سلسلة إشعاعية تتناقص بمعدل رقمي ثابت. وينتج عن ذلك وجود أربع سلاسل إشعاعية فقط لان ناتج قسمة (A)على أربع سيكرر نفسه بعد ذلك ،ويمكننا هذا من التعبير عن عدد الكتلة (A) لأي سلسلة إشعاعية معطاة بالعلاقة:

$$A = 4n + C$$

حيث تأخذ (n) قيماً صحيحة فقط ، واما (C) فهو عدد ثابت من أجل السلسلة . يتضح مما سبق أنه توجد أربع سلاسل قيمة (A) لكل منها تعطي بالعلاقات الآتية :

$$A = 4n+3 \quad , A = 4n + 2 \; , \quad A = 4n + 1 \; , \quad A = 4n$$

تسمى السلاسل الناتجة 4n أو 4n+1 أو……..، ولكن رغم ذلك يوجد لهذه السلاسل تسميتها الخاصة المألوفة وهي:

1-سلسلة الثوريوم 4n :

تتبع أرقام كتلة جميع أفراد هذه السلسلة العلاقة A= 4n بعد انبعاث جسيمات ألفا (α).
ويعتبر عنصر الثوريوم أطول العناصر عمرا فيها وهو يتميز بمدة عمر نصف ($T_{1/2}$) مساوية (2.01×10^{10} سنة) ، ونظراً لذلك سميت هذه السلسة باسمه.
ينتج الثوريوم $^{232}_{92}Th$ كما هو معروف عن تحول اليورانيوم $^{236}_{92}U$ بعد إصدار أشعة ألفا (α) مع الإشارة إلى أن عمر النصف لليورانيوم يساوي ($T_{1/2}=2.39 \times 10^{7}$ year) سنة ، وهو لا يتجاوز $\frac{1}{5}$ من عمر الارض ، ولهذا السبب يصعب او ربما يستحيل وجوده في المنابع المشعة الطبيعية.
تنتهي أسرة الثوريوم بالرصاص $^{208}_{82}Pb$ وهو عنصر مستقر وتحتوي هذه السلسلة (*11*) عنصراً ، وتحدث التحولات المتتالية فيها كما يلي :

$^{232}_{90}Th$ —إصدار جسيم(α)→ $^{228}_{88}Ra$ —إصدار جسيم(β)→ $^{228}_{89}Ac$ —إصدار جسيم(β)→

$T_{1/2}$ =11مليار سنة $T_{1/2}$ = 5.7 سنة $T_{1/2}$ = 6.13 ساعة

Thorium → **Radium** → **Actinium** →

$^{228}_{90}Th$ —إصدار جسيم(α)→ $^{224}_{88}Ra$ —إصدار جسيم(α)→ $^{220}_{86}Rn$ —إصدار جسيم(α)→

$T_{1/2}$ = 1.9 سنة $T_{1/2}$ = 3.64 يوم $T_{1/2}$ = 55.6 ثانية

Thorium → **Radium** → **Radom** →

$^{216}_{84}Po$ —إصدار جسيم(α)→ $^{212}_{82}Pb$ —إصدار جسيم(β)→ $^{212}_{83}Bi$ —إصدار جسيم(α)→ $^{208}_{82}Pb$ → مستقرة

$T_{1/2}$ = 0.15 ثانية $T_{1/2}$ = 10.6 ساعة $T_{1/2}$ = 60.6 دقيقة

Polonium → **Lead** → **Bismuth** → **Lead**

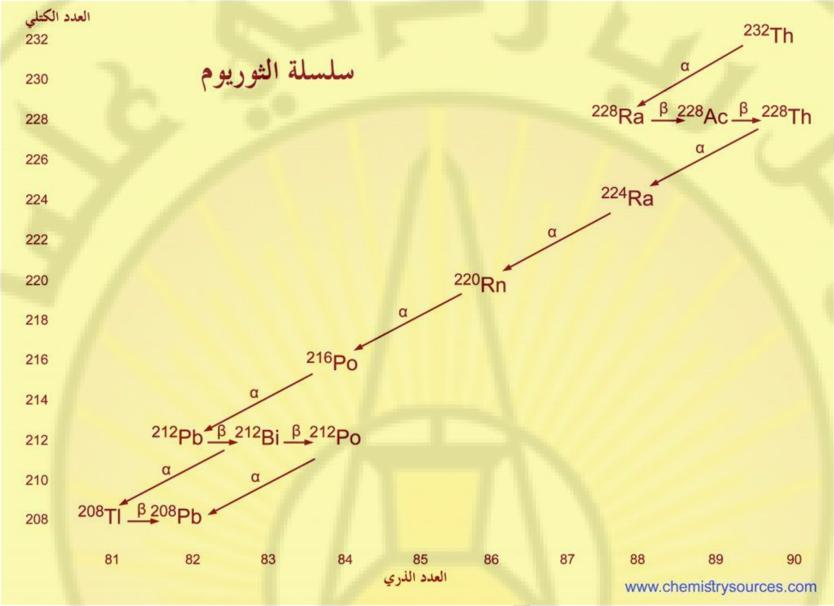
تجدر الإشارة إلى ان علم الجيوفيزياء استطاع إثبات أن اليورانيوم $^{236}_{92}U$ كان احد عناصر اليورانيوم الطبيعية عندما كان الكون حديث العهد، وكان ذلك بناءً على الدراسات التي أثبتت احتواء فلزات اليورانيوم الصافي كالبشبلند Pecheblend على كميات ضئيلة من الثوريوم، ويتفق هذا مع الفرضيات القائلة أن هذه الكميات الضئيلة تنتج عن تفكك اليورانيوم $^{236}_{92}U$ يتم

الحصول على هذا النظير لليورانيوم بوساطة المفاعلات النووية التي تستخدم التفاعل النووي الآتي:

$$^{235}_{92}u + \text{n} \longrightarrow {}^{236}_{92}U + \gamma$$

ويكتب هذا التفاعل أحيانا وفق الصيغة الآتية:

$$^{235}_{92}u(\text{n},\gamma){}^{236}_{92}U$$



2 - سلسلة النبتونيوم :

تتبع أرقام كتل جميع عناصر هذه السلسلة العلاقة A=4n+1 بعد إصدار جسيمات (α)، وتتميز هذه السلسلة بأن مدة عمر النصف لأطوال عناصرها عمرا وهو عنصر النبتونيوم ($^{237}_{93}Np$) تساوي (2.2) مليون سنة، وهي مدة صغيرة جداً بالمقارنة مع عمر الكون الذي يقدر بمدة تزيد عن (٣) مليار سنة، ولهذا السبب لا تواجد عناصر هذه السلسلة في الطبيعة حاليا ويمكن القول إن نوى ذرات عناصرها تحولت إلى نوى ذرات أخرى مستقرة هو نوى ذرات عنصر البزموت ($^{209}_{83}Bi$) ، ويتم الحصول على عناصر هذه السلسلة بالطرق الصناعية وهي الوحيد التي لا تنتهي بأحد عناصر الرصاص المستقرة، بل بعنصر البزموت وتحوي(14) عنصراً.

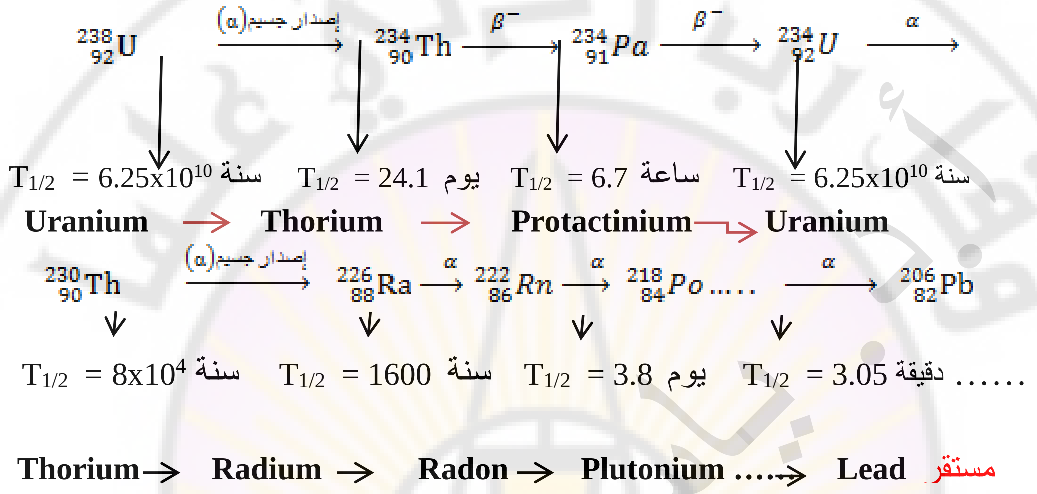
تحدث التحولات المتتالية في هذه السلسلة وفق الآتي:

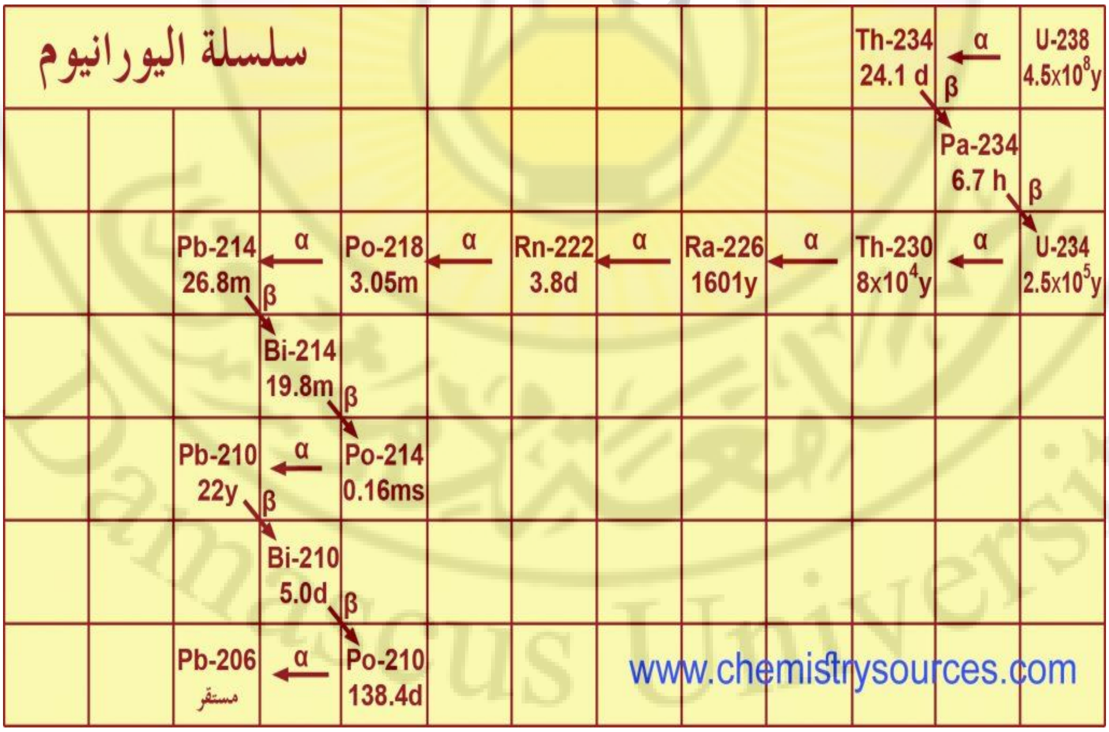
$$^{241}_{94}\text{Pu} \xrightarrow{\text{إصدار جسيم }(\alpha)} {}^{241}_{95}\text{Am} \xrightarrow{\text{إصدار جسيم }(\beta)} {}^{237}_{93}Np \xrightarrow{\text{إصدار جسيم }(\alpha)} {}^{233}_{91}Pa\ldots \rightarrow {}^{209}_{83}Bi$$

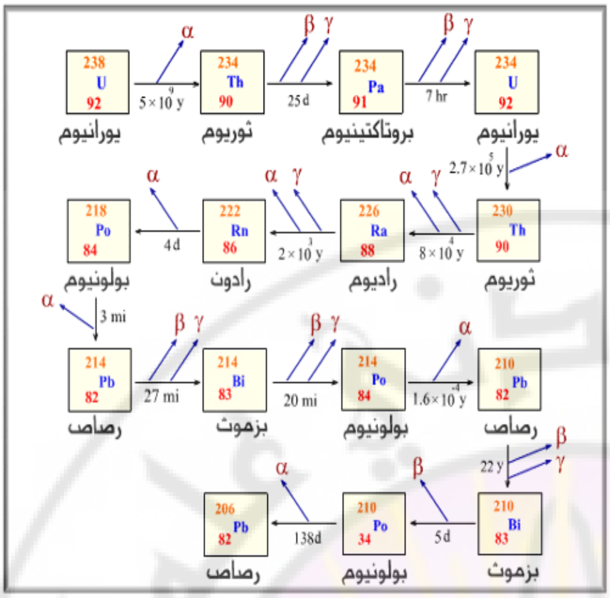
Plutonium → Americum → Neptunium → Protactinium….. → Bismuth

3 – سلسلة اليورانيوم:

تتبع ارقام كتل جميع عناصر هذه السلسلة العلاقة $A=4n+2$ بعد إصدار جسيمات (α) ، وتسمى أحياناً بسلسلة اليورانيوم _ راديوم، وتعتبر مدة عمر النصف لها أطول مدة عمر نصف لأية سلسلة معروفة، وتبتدئ عناصرها باليورانيوم الطبيعي الثقيل $^{238}_{92}U$ الذي تقدر مدة عمر النصف له بـ ($6.25 + 10^{10}$) سنة، وتخضع لتحولات متتالية تصدر منها جسيمات الفا(α). وتنتهي عناصر هذه السلسلة بأخف عناصر الرصاص ثقلاً ^{206}Pb وتحوي (15) عنصراً.







٤ – سلسلة الاكتينيوم:

تتبع أرقام كتل جميع عناصر هذه السلسلة العلاقة: A=4n+3 بعد إصدار جسيمات (α) ، تبدأ عناصر هذه السلسلة بعنصر اليورانيوم الطبيعي الثقيل $^{235}_{92}U$ والذي تقدر مدة عمر النصف له بـ (1.02×10^{9}) سنة. اكتسب العنصر $^{235}_{92}U$ شهرة كبيرة تجاوزت نطاق الفيزياء النووية، وذلك نظراً لكونه العنصر الطبيعي الوحيد الذي تنشطر نواته عند ملاقاة النيترونات البطيئة لها. تنتهي هذه السلسلة بنضير الرصاص ($^{207}_{82}Pb$) وتحتوي(14) عنصراً. وتحدث التحولات المتتالية في هذه السلسلة وفق الاتي :

$^{235}_{92}U$ —إصدار جسيم (α)→ $^{231}_{90}Th$ —β^-→ $^{231}_{91}Pa$ —α→ $^{227}_{89}Ac$ —β^-→

$T_{1/2}$ = 1.02 x 10^9 سنة $T_{1/2}$ = 25.6 ساعة $T_{1/2}$ = 3.3 x 10^4 سنة $T_{1/2}$ = 22 سنة

Uranium → Thorium → Protactinium → Actinium →

$^{227}_{90}Th$ —إصدار جسيم (α)→ $^{223}_{87}Fr$ —β^-→ $^{223}_{88}Ra$ —α→ $^{219}_{85}At$ —β^-→

$T_{1/2}$ = 18.7 يوم $T_{1/2}$ = 22 دقيقة $T_{1/2}$ =11 يوم $T_{1/2}$ = 0.9 دقيقة

Thorium → **Francium** → **Radium** → **Astatin**

$^{219}_{89}Rn$ —إصدار جسيم (α)→ $^{215}_{83}Bi$ —β^-→ $^{215}_{84}Po$ —α→ $^{211}_{82}Pb$ —α→ $^{207}_{82}Pb$

$T_{1/2}$ $T_{1/2}$ = 7.4 3.9دقيقة $T_{1/2}$ =1.8 ثانية ميلي = $T_{1/2}$ = 36.1 دقيقة   مستقرة

Radon → Bismuth → Plotonium → Lead → Lead

ملخص خصائص السلاسل الاشعاعية

السلسلة	عنصر البداية	عمر النصف	عدد العناصر	عنصر النهاية
الثوريوم 4n	^{232}Th	2.01 X10 ^{10} year	11	^{208}Pb
النبتونيوم 4n+1	^{237}Np	2.2 X10 ^{6} year	14	^{209}Bi
اليورنيوم 4n+2	^{238}U	6.25 X 10 ^{10} year	15	^{206}Pb
الاكتينيوم 4n+3	^{235}U	1.02 X10 ^{9} year	14	^{207}Pb

النشاط الاشعاعي الصنعي:

استطاع العلماء منذ بدايات الثلاثينيات القرن الماضي تصنيع عدد كبير من النظائر المشعة اقترب عددها من 1500 نظير اضافة للنظائر المشعة المتواجدة في الطبيعة وقد تمكنوا من تحقيق الهدف السابق من خلال صدم النوى المستقرة بالنترونات المنتجة في المفاعلات النووية وبالجسيمات المشحونة وبأشعة غاما (γ) وبالنترونات السريعة التي تم تسريعها في المسرعات ومن امثلة ذلك :

1) يتم الحصول على نظير الكوبالت: $^{60}_{26}Co$ المشع من خلال تعريض الكوبالت $^{59}_{26}Co$ المستقر للنترونات في مفاعل نووي (وهو ما يسمى بالتشعيع) وينتج عن اصطدام النترونات بنواة ذرة الكوبالت $^{59}_{26}Co$ من قبل هذه النواة وتحولها الى نواة ذرة الكوبالت $^{60}_{26}Co$ وانطلاق فوتون من فوتونات غاما(γ) وذلك وفق للتفاعل الاتي :

$$^{59}_{26}Co + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{60}_{26}Co + \gamma$$

2) يتم الحصول على نظير الفسفور المشع ($^{32}_{15}P$) بالأسلوب السابق نفسة وذلك من خلال تعريض الفسفور ($^{31}_{15}P$) للنترونات في مفاعل نووي حيث ينتج عن اصطدام للنترونات بنواة ذرة الفسفور امتصاصه من قبل هذه النواة وتحولها لنواة نظير الفسفور($^{32}_{15}P$) وانطلاق اشعة غاما وذلك وفق للتفاعل الاتي :

$$^{31}_{15}P + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{32}_{15}P + \gamma$$

3) يحصل نفس الامر عند تعريض الكلور المستقر ($^{32}_{17}Cl$)والكبريت المستقر ($^{32}_{16}S$) للنترونات في المفاعل النووي وذلك وفق الاتي :

$$^{32}_{17}Cl + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{32}_{15}P + ^{4}_{2}\alpha$$

$$^{32}_{16}S + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{32}_{15}P + ^{1}_{1}P$$

يسمي التفاعل الاخير المعطى بالعلاقة باسم الأسر النتروني .

تعتبر التفاعلات السابقة مصدرا مهما لانطلاق اشعة الفا (α) وغاما(γ).

يتم الحصول على اشعاعات (β)من خلال اصطدام نترون بنواة نظير اليورانيوم ($^{238}_{92}U$) والذي ينتج عنة امتصاص النترون من قبل هذه النواة وتحولها الى نواة اليورانيوم ($^{239}_{92}U$) وهو نظير غير مستقر يتفكك وينتج عن ذلك تحوله الى نظير النبتونيوم ($^{239}_{93}Np$) وانطلاق اشعة بيتا (β) ويتفكك لنظير الاخير الى نظير البلولوتونيوم ($^{239}_{94}Pu$) وانطلاق اشعة بيتا من جديد مع الاشارة ان ذلك يحصل في المفاعلات النووية وذلك وفق المعادلات التالية:

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{239}_{92}U + \gamma$$

$$^{239}_{92}U \xrightarrow{\text{اصدار}\ \beta} ^{239}_{93}Np$$

$$^{239}_{93}Np \xrightarrow{\text{اصدار}\ \beta} ^{239}_{94}Pu$$

اضافة لهذه الطريقة التي يتم بوساطتها الحصول على النظائر المشعة صناعيا فانه يمكن ايضا الحصول على النظائر المشعة صنعياً عن طريق قذف نوى النظائر المستقرة بالجسيمات المشحونة المسرعة حتى طاقات معينة بوساطة المسرعات النووية ومن امثلة ذلك ما يلي :

١- يتم الحصول على نظير الفوسفور المشع ($^{30}_{15}P$) من خلال قذف ذرات الالمونيوم ($^{27}_{13}Al$) بجسيمات ألفا (α) أو بقذف نوى ذرات الكبريت ($^{32}_{16}S$) بالديترونات وذلك وفقاً للتفاعلات الآتية:

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

$$^{32}_{16}S + ^{2}_{1}H \longrightarrow ^{30}_{15}P + ^{4}_{2}He$$

٢- يتم الحصول على نظير الصوديوم ($^{22}_{11}Na$) المشع من خلال قذف نوى ذرات الفلور ($^{19}_{9}F$) المستقر بجسيمات ألفا او بقذف نوى ذرات المغنيزيوم ($^{24}_{12}Mg$) المستقر بالديترونات وذلك وفقاً للتفاعلين الآتيين:

$$^{19}_{9}F + (^{4}_{2}He) \longrightarrow ^{22}_{11}Na + ^{1}_{0}n$$

$$^{24}_{12}Mg + ^{2}_{1}H \longrightarrow ^{22}_{11}Na + ^{4}_{2}He$$

وبهذا الشكل يتم إنتاج الصوديوم المشع الذي يعتبر مصدراً لأشعة غاما أيضاً.

ومن أهم القذائف المستخدمة للحصول على النظائر المشعة :

(النيترون – البروتون – الدوتيريوم – أشعة ألفا (نواة ذرة الهليوم)

$^{1}_{0}n+^{127}_{53}I\longrightarrow^{128}_{53}I+\gamma rays$	نيترون
$^{1}_{1}H+^{7}_{3}Li\longrightarrow 2^{4}_{2}He+$ طاقة	بروتون
$^{12}_{6}C+^{2}_{1}H\longrightarrow^{10}_{5}B+^{4}_{2}He+$ طاقة	دوتيريوم
$^{4}_{2}He+^{14}_{7}N\longrightarrow^{17}_{8}O+^{1}_{1}H$	أشعةألفا

Damascus University

المحاضرة الرابعة: التفاعلات النووية

أنواع التفاعلات النووية

تختلف التفاعلات النووية باختلاف القذيفة فإما تكون القذيفة نيوترون أو بروتون أو ديوترون أو جسيم ألفا أو أشعة جاما. وفي ما يلي أهم أنواع التفاعلات النووية:

أولا: التفاعلات النووية بالنيوترونات:

هناك نواتج تفاعل مختلفة للتفاعل النووي بالنيوترونات وهذا الاختلاف ناتج عن اختلاف طاقة النيوترون التي بدأ بها التفاعل.

- **تفاعل نيوترون – جاما (n , γ) Reaction**

يتم هذا التفاعل عندما تكون سرعة النيوترونات منخفضة مثل التفاعل التالي:

$$^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \longrightarrow [^{28}_{13}Al + \gamma]$$

$$^{27}Al\ (n, \gamma)\ ^{28}Al$$

وفي هذا التفاعل يكون الناتج نظير للعنصر المتفاعل.

- **تفاعل نيوترون – بروتون (n,p) Reaction**

في هذا التفاعل يتحد البروتون بإلكترون من الوسط المحيط بالنواة ويتحول البروتون إلى ذرة هيدروجين مثل التفاعل التالي:

$$^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \longrightarrow [^{15}_{7}N] \longrightarrow ^{14}_{6}C + ^{1}_{1}H$$

$$^{14}N\ (n , p)^{14}C$$

- **تفاعل نيوترون – ألفا (n,α) Reaction**

في هذا التفاعل يجب أن تكون سرعة النيوترون عالية. مثل:

$$^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \longrightarrow [^{27}_{13}Al]^{+} \longrightarrow ^{24}_{11}Na + ^{4}_{2}He$$

$$^{27}Al\ (n ,\alpha)\ ^{24}Na$$

- **تفاعل نيوترون – نيوترون (n,n) Reaction**

يتم هذا التفاعل عندما تكون طاقة النيوترون ما بين 100 كيلو إلكترون فولت إلى بضعة ميجا إلكترون فولت (100 Kev – few Mev) وفي هذا التفاعل تكون طاقة النيوترون الخارج أقل من طاقة النيوترون الداخل (القذيفة) وتترك النواة في حالة إثارة تصل بعدها إلى حالة الاستقرار بانبعاث أشعة جاما، والنواة الناتجة هي عبارة عن النواة المتفاعلة.

- **تفاعل نيوترون – 2 نيوترون (n,2n) Reaction**

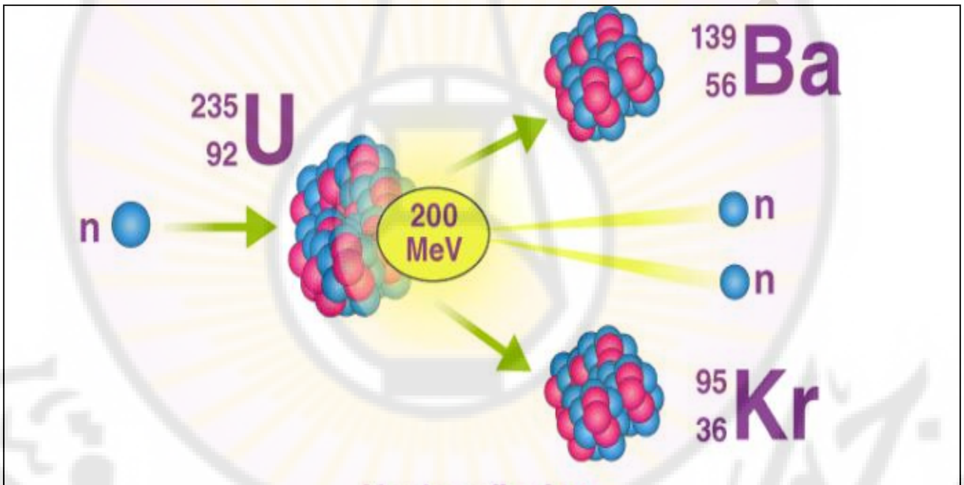
يحتاج هذا التفاعل نيوترون ذو طاقة عالية تكفي للتغلب على طاقة الربط للنيوترونين ويكون الناتج في هذا التفاعل هو عبارة عن نظير للنواة المتفاعلة ذات وزن ذري أقل من الوزن الذري للمادة المتفاعلة بواحد مثل التفاعل التالي:

$$^{27}_{13}Al + {}^{1}_{0}n\ (fast) \longrightarrow {}^{26}_{13}Al + 2\ {}^{1}_{0}n$$

$$^{27}Al(n,2n)\ ^{26}Al$$

- **تفاعل النيوترون الذي يؤدي إلى الانشطار النووي Fission Reaction**

هو تفاعل بين نيوترونات سريعة أو بطيئة مع الأنوية الثقيلة $Z > 92$ وينتج عن هذا التفاعل عدد من النيوترونات ونواتين متوسطتين وطاقة هائلة 200 Mev لكل انشطار .



ثانياً: التفاعلات النووية بالبروتونات P– Reactions

تختلف التفاعلات النووية بالبروتونات تبعا فاختلاف الطاقة الحركية للقذيفة (البروتون)، والبروتون عبارة عن نواة ذرة الهيدروجين. ومن تفاعلات البروتون ما يلي:

- **تفاعل بروتون – ألفا (p–α) Reaction**

ينتج عن هذا التفاعل نواة مختلفة ونواة الهيليوم مثل:

$$^{27}_{13}Al + {}^{1}_{1}H \longrightarrow [\,^{28}_{14}Si]^{*} \longrightarrow {}^{24}_{12}Mg + {}^{4}_{2}He$$

$$^{19}_{9}F + {}^{1}_{1}H \longrightarrow [\,^{20}_{10}Ne]^{*} \longrightarrow {}^{16}_{8}O + {}^{4}_{2}He$$

$$^{27}Al(p,\alpha)\ ^{24}Mg$$

$$^{19}F(p,\alpha)\ ^{16}O$$

- **تفاعل بروتون – نيوترون (P,n) Reaction**

يكون هذا التفاعل ماص للحرارة دائما Endoergic ويرجع ذلك إلى أن مجموع أوزان المواد الناتجة أكبر من مجموع أوزان المواد المتفاعلة لأن وزن النيوترون أكبر من وزن البروتون مثال ذلك:

$$^{18}_{8}O + ^{1}_{1}H \longrightarrow [^{19}_{9}F] \longrightarrow ^{18}_{9}F + ^{1}_{0}n$$

$$^{18}O(p,n)\ ^{18}F$$

- **تفاعل بروتون – جاما (P, γ) Reaction**

في هذا التفاعل تخرج أشعة جاما بطاقة عالية كأحد نواتج التفاعل مثل:

$$^{27}_{13}Al + ^{1}_{1}H \longrightarrow [^{10}_{5}B]^{*} \longrightarrow ^{28}_{14}Si + \gamma$$

$$^{27}Al\ (p,\gamma)\ ^{28}Si$$

- **تفاعل بروتون – ديتريون (P, d) Reactin**

في هذا التفاعل يكون الناتج عبارة عن نظير للنواة المتفاعلة مثل:

$$^{9}_{4}Be + ^{1}_{1}H \longrightarrow [^{10}_{5}Be]^{*} \longrightarrow ^{8}_{4}Be + ^{2}_{1}H$$

$$^{9}Be(p,\ d)\ ^{8}Be$$

والديتريون هو عبارة عن الهيدروجين الثقيل الذي يحتوي على بروتون ونيوترون.

ثالثا: التفاعلات النووية بالديتريونات d– Reaction

يوجد ثلاثة أنواع من التفاعلات النووية بالديتريون، ويتم إنتاج الديتريون بواسطة السيكلترون بطاقة عالية تصل إلى عدة ميجا إلكترون فولت ومن هذه التفاعلات ما يلي:

- **تفاعل ديتريون – ألفا (d,α) Reaction**

ويعتبر هذا التفاعل طارد للحرارة Exothermic ومن الأمثلة على هذا التفاعل ما يلي:

$$^{27}_{13}Al + ^{2}_{1}H \longrightarrow [^{29}_{14}Si]^{*} \longrightarrow ^{25}_{12}Mg + ^{4}_{2}He$$

$$^{16}_{8}O + ^{2}_{1}H \longrightarrow [^{18}_{8}F]^{*} \longrightarrow ^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He$$

$$^{27}Al\ (d,\alpha)\ ^{25}Mg$$

$$^{16}O(d,\alpha)\ ^{14}N$$

- تفاعل ديتريون – بروتون (d,P) Reaction

يعتبر هذا النوع من التفاعل طارد للحرارة والنواة الناتجة من التفاعل عبارة عن نظير للنواة المتفاعلة مثل:

$$^{23}_{11}Na + {}^{2}_{1}H \longrightarrow [^{25}_{12}Mg]^{*} \longrightarrow {}^{24}_{11}Na + {}^{1}_{1}H$$

$$^{31}_{15}P + {}^{2}_{1}H \longrightarrow [^{33}_{16}S]^{*} \longrightarrow {}^{32}_{15}P + {}^{1}_{1}H$$

$^{23}Na(d,P)\,^{24}Na$

$^{31}P(d,P)\,^{32}P$

- تفاعل ديتريون – نيوترون (d,n) Reaction

من أمثلة هذا النوع من التفاعل ما يلي:

$$^{12}_{6}C + {}^{2}_{1}H \longrightarrow [^{14}_{7}N]^{*} \longrightarrow {}^{13}_{7}N + {}^{1}_{0}n$$

$^{12}C(d,n)\,^{13}N$

رابعا: تفاعلات ألفا Reaction – α

يوجد نوعين فقط من تفاعل ألفا يكون الناتج فيهما إما نيوترون أو بروتون وهما:

- تفاعل ألفا – نيوترون (α,n) Reaction

من أمثلة هذا النوع من التفاعل ما يلي:

$$^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}He \longrightarrow [^{31}_{15}P]^{*} \longrightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$$

$$^{23}_{11}Na + {}^{4}_{2}He \longrightarrow [^{27}_{13}Al]^{*} \longrightarrow {}^{26}_{13}Al + {}^{1}_{0}n$$

$^{27}Al\,(\alpha,n)\,^{30}P$

$^{23}Na(\alpha,n)\,^{26}Al$

- تفاعل ألفا – بروتون (α, P) Reaction

مثال هذا التفاعل ما يلي:

$$^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}He \longrightarrow [^{31}_{15}P]^{*} \longrightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{1}_{1}H$$

$^{27}_{13}Al(\alpha,\ P)\,^{30}_{14}Si$

خامسا: تفاعلات بأشعة جاما γ – Reaction

من تفاعلات أشعة جاما النووية تفاعل جاما – نيوترون (γ,n) Reaction ومن أمثلة هذا التفاعل:

$$^{9}_{4}Be + \gamma \longrightarrow [^{9}_{4}Be]^{*} \longrightarrow {}^{8}_{4}Be + {}^{1}_{0}n$$

$$^{31}_{15}P + \gamma \longrightarrow [^{31}_{15}P]^{*} \longrightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$$

$$^{9}Be(\gamma,n)\,^{8}Be$$

$$^{31}P(\gamma,n)^{30}P$$

وعندما تكون طاقة أشعة جاما عالية يمكن حدوث تفاعل جاما – بروتون (γ,P) Reaction.

تفاعل الاشعاع مع المادة :

ويشير مصطلح الإشعاع **Radiation** إلى جميع الجسيمات المشحونة وغير المشحونة والأشعة الكهرومغناطيسية التي تنتج من العمليات الذرية والنووية الطبيعية والاصطناعية وبواسطة المعجلات. إن الاشعة يمكن أن تصنف الى أشعة مؤينة وأشعة غير مؤينة كما يأتي:

2-2-1 الأشعة غير المؤينة Non-Ionizing Radiations

تشمل الأشعة غير المؤينة جميع أشكال الاطياف الكهرومغناطيسية التي لا تشكل ايونات عند تفاعلها المباشر مع مكونات المادة. تحتل هذه الاشعة منطقة واسعة من الطيف الكهرومغناطيسي تمتد من الاشعة الضوئية فوق البنفسجية والاشعة تحت الحمراء التي اهم مصادرها الشمس وصولا الى الترددات الراديوية والأمواج المايكروية (الهاتف الخلوي) والاطياف الكهرومغناطيسية المنخفضة التردد(خطوط نقل الطاقة الكهربائية) ، وتنتمي الامواج الصوتية و فوق الصوتية وتحت الصوتية الى الاشعة غير المؤينة.

2-2-2 الاشعة المؤينة Ionizing Radiations

إن مصطلح التأيين يقصد به قدرة الاشعاع على أن يؤين ذرات او جزيئات الوسط الذي يمر فيه، إذ تشمل الاشعة المؤينة بقية الطيف الكهرومغناطيسي الذي يكون فيه الطول

الموجي للإشعاع بحدود من $\lambda \approx (0.01 - 10)nm$ مثل الاشعة السينية، وأشعة جاما التي يكون طولها الموجي أقل من الطول الموجي المذكور للأشعة السينية.

وتقسم الإشعاعات المؤينة الى مجموعتين تبعاً لطريقة تفاعلها مع المادة :

أ- الإشعاعات المؤينة بصورة مباشرة **Directly Ionizing Radiations**

وتشمل الجسيمات المشحونة السريعة التي تعطي طاقتها إلى المادة مباشرةً عبر مجموعة من التفاعلات الكولومية الصغيرة على طول مسار الجسيم.

ب- الإشعاعات المؤينة بصورة غير مباشرةٍ **Indirectly Ionizing Radiations**

وتشمل الأشعة السينية والنيترونات وأشعة جاما . تقوم هذه الإشعاعات بإعطاء طاقتها كلياً أو جزئياً إلى الجسيمات المشحونة في المادة، وبعد ذلك تقوم الجسيمات المشحونة هذه بإعطاء طاقتها إلى المادة بطريقة الإشعاعات المؤينة نفسها بصورة مباشرةٍ ، أي عبر مرحلتين هما مرحلة إنتاج الجسيمات المشحونة ومرحلة انتقال الطاقة من هذه الجسيمات إلى المادة. والذي يهمنا في هذه الدراسة هو أشعة جاما فقط.

إن أشعة جاما هي أشعة كهرومغناطيسية ليست لها شحنة كهربائية، ففي انحلال جاما تنتقل النواة من حالة إثارة الى حالة أقل إثارة أو الى الحالة الأرضية وذلك بانبعاث إشعاعات جاما. وتستخدم هذه الاشعة في مجالات عديدة مفيدة للبشرية منها الفيزياء النووية والفيزياء الطبية والفيزياء الصحية وفي الزراعة والصناعة وغيرها.

أولاً: تفاعلات جسيمات ألفا مع المادة:

Reaction Between Alpha Particles and Material Medium

تعتبر جسيمات ألفا جسيمات ضخمة من حيث الكتلة والشحنة، إذا ما قورنت مع غيرها من أنواع الإشعاع، إذ أن جسيم ألفا يتكون من بروتونين ونترونين ويحمل بذلك كتلة تساوي أربعة أضعاف واحدة الكتل النووية، وشحنة كهربائية موجبة تعادل ضعفي شحنة الإلكترون .تؤثر جسيمات ألفا لدى مرورها عبر وسط مادي على الإلكترونات المدارية لذرات الوسط بقوى كهربائية شديدة تدفع بتلك الإلكترونات إلى الطبقات الخارجية ذات السويات الطاقية الأعلى، أو تقوم بنزعها كليا من الذرات مخلفة وراء ها أزواجا من الأيونات الموجبة والسالبة.

يخسر جسيم ألفا قدراً كبيراً من الطاقة خلال مسافة قصيرة في المادة وغالبا ما تخسر جسيمات ألفا كامل طاقتها خلال مسافات صغيرة نسبيا في الأوساط المادية.

وعلى سبيل المثال فإن جسيم ألفا الذي يحمل طاقة قدرها3.5 ميغا إلكترون فولط يقطع في الهواء حوالي 20 مم ويولد على امتداد مساره ما يقارب مئة ألف زوجا أيونياً، بينما تبلغ المسافة التي يقطعها الجسيم ذاته بالطاقة ذاتها في النسيج البيولوجي حوالي 0.03 مم (30مايكرومتر.) تعتبر جسيمات ألفا أقل أنواع الإشعاع قدرة على الاختراق.

ثانياً: تفاعلات جسيمات بيتا مع الاوساط المادية

Reaction Between Beta Particles and Material Medium

تتفاعل جسيمات بيت مع الأوساط المادية عبر آليتين هما:

1) تأيين مباشر Direct Ionizations :

جسيمات بيتا صغيرة جدا إذا ما قورنت بجسيمات ألفا، وهي تحمل شحنة سالبة تساوي الشحنة الكهربائية الأولية (شحنة الإلكترون). أما كتلة جسيمات بيتا فهي صغيرة إلى حد يسمح بإهمالها . وفي الحقيقة فإن جسيمات بيتا مماثلة تماما للإلكترونات المدارية في ذرات الوسط الماص، وبسبب تماثلها مع تلك الإلكترونات في شحنتها الكهربائية فإن جسيمات بيتا قادرة على إحداث تأيين مباشر لذرات الوسط عبر دفعها بعض الإلكترونات المدارية بقوة بعيداً عن ذراتها.

إن قدرة جسيمات بيتا على إحداث تأيين مباشر في ذرات الوسط أصغر بوضوح من قدرة جسيمات ألفا، الأمر الذي يسمح لجسيمات بيتا بعبور مسافات أطول في الأوساط المادية من تلك التي تقطعها جسيمات ألفا المماثلة لها في الطاقة.

هكذا فإن جسيم بيتا بطاقة 3.5 ميغا إلكترون فولط يقطع حوالي 11 م في الهواء وحوالي 17 مم في النسيج البيولوجي .ولما كانت المسافة التي تقطعها جسيمات بيتا في المادة تتوقف على ما تحمله هذه الجسيمات من طاقة، فإن جسيمات بيتا ذات الطاقات المنخفضة لا تقطع إلا مسافات قصيرة نسبيا في الأوساط المادية (لا تتعدى المسافة التي يقطعها جسيم بيتا ذو الطاقة 0.157 ميغا إلكترون فولط الذي ينبعث من نواة الكربون^{14} 300مم في الهواء و 0.8مم في النسيج البيولوجي).

2) توليد إشعاع الكبح Generation of arrest Rays

قد يحدث أن يمر بعض جسيمات بيتا، لاسيما تلك التي تحمل طاقات عالية نسبياً، عبر الجوار المباشر للنواة (المشحونة إيجاباً) في إحدى ذرات الوسط الماص .عندئذ تتعرض جسيمات بيتا(المشحونة سلباً) لتأثير قوة جذب شديدة تجبرها على الانحراف عن مسارها الأصلي، الأمر الذي يقتضي أن تخسر هذه الجسيمات جزءاً من طاقتها يتم إصداره على شكل أشعة إكس .يعرف هذا النوع من الإشعاع باسم إشعاع الكبح.

ثالثاً: تفاعل أشعة جاما مع المادة

Interaction of Gamma-Rays with Matter

تتفاعل أشعة جاما مع المادة بثلاث عمليات رئيسة هي:

1) الظاهرة الكهروضوئية Photoelectric Effect وتسمى الظاهرة الإلكترو ضوئية، وفي هذا التفاعل يتفاعل الفوتون (أشعة جاما) مع أحد الإلكترونات المرتبطة بالذرة أي مع أحد الإلكترونات في المستويات الداخلية للذرة فيختفي الفوتون تماما ويظهر الإلكترون الذري منطلق ويسمى الإلكترون الضوئي ويحمل طاقة تساوي الفرق بين طاقة الفوتون الساقط وطاقة ربط الإلكترون بالذرة.

$$E_e \text{ (Energy of electron)} = E_\gamma - B E_e$$

حيث أن BE_e هي طاقة ربط الإلكترون بالذرة و E_γ هي طاقة أشعة جاما.

ويملأ المكان الشاغر للإلكترون المنبعث بواسطة إلكترونات من المدارات الخارجية للذرة ويتبع ذلك انبعاث أشعة إكس المميزة للعنصر.

2) إستطارة كومبتن Compton Scattering

وهو تفاعل أشعة جاما مع الإلكترونات الحرة للذرة (إلكترونات المدار الأخير). وفي هذا التفاعل يتشتت الشعاع الساقط أي يتغير إتجاهه، وتقل طاقته بمقدار ما يعطى للإلكترون من طاقة وينطلق هذا الإلكترون بطاقة E.

$$E = E_\gamma - E_\gamma^-$$

حيث :

E_γ طاقة أشعة جاما الساقطة و

E_{γ}^{-} هي طاقة أشعة جاما بعد التشتت (الانحراف).

3) إنتاج الأزواج Pair Production

عندما يتفاعل الفوتون (أشعة جاما) مع النواة يختفي تماما هذا الفوتون ويظهر بدلا عنه إلكترون وبوزيترون e+, e−، وتحدث هذه الظاهرة عندما تكون طاقة جاما الساقطة أكبر من 1.022 Mev، وبعد ذلك يفقد كل من الإلكترون والبوزيترون طاقتهما الحركية نتيجة للتصادمات المتتابعة مع الذرات حتى يصلا إلى السكون. ويتفاعل الإلكترون مع البوزيترون ويكونا فوتونين طاقة كل منهما 0.511Mev (أشعة الفناء).

إن احتمالية حدوث أية عملية من العمليات الثلاث يعتمد على طاقة أشعة جاما الساقطة وعلى نوع المادة الماصة، فاذا كانت طاقة الاشعاع الساقط اقل من 1022keV فان ظاهرة الامتصاص الكهروضوئي هي الممكنة، اما اذا كانت طاقة الاشعاع الساقط اعلى من 1022keV فان عملية انتاج الزوج هي الممكنة .

إن من المهم معرفة الطرائق المختلفة لتفاعل الاشعاع النووي مع المادة ،لأن عملية تحليل اطياف اشعة جاما تتطلب هذه المعرفة ، لتمكننا بعد ذلك من فهم كيفية معاملة الكواشف النووية لأشعة جاما .

ملخص لتفاعل الاشعة مع المادة

الإشعاع	العملية	ملاحظات
ألفا	تصادمات لامرنة مع الإلكترونات المدارية	تهييج وتأيين لذرات الوسط
بيتا	• تصادمات لامرنة مع الإلكترونات الذرية	• تهييج وتأيين لذرات الوسط
	• تبطيء بسبب الحقل الكهربائي الشديد المحيط بالنواة	• انبعاث إشعاع الكبح
أشعة غاما / إكس	• المفعول الكهرضوئي	• امتصاص الفوتون
	• تبعثر كومبتون	• تبعثر الفوتونات
	• توليد أزواج إلكترون – بوزيترون	• انبعاث فوتوني فناء طاقة كل منهما 0.51 ميغا إ ف

المحاضرة الخامسة : وحدات قياس الإشعاع Unites of Radiation

أصبح استخدام النظائر المشعة خلال النصف الثاني من القرن العشرين واسع الانتشار حيث أنها أصبحت تستخدم في مجالات تطبيقية كثيرة ومنها على سبيل المثال في الزراعة والصناعة والطب والأبحاث التطبيقية وغيرها. والإشعاعات المؤينة الناجمة عن هذه المصادر الإشعاعية المختلفة النوع والقوة تؤثر على مستخدميها وتمثل خطورة على صحة الإنسان . وتلاشى هذه الأخطار الإشعاعية على مستخدميها يتطلب وجود برنامج لوقاية العاملين من أخطار الإشعاعات المؤينة تتوافر فيه الشروط المنصوص عليها بواسطة المنظمات الدولية المتخصصة في دراسة تأثير الإشعاعات المؤينة على الإنسان والوقاية منها، ومن هذه المنظمات اللجنة الدولية لشؤون الوقاية من الإشعاعات المؤينة.

((International Commission On Radiological Protection ,ICRP))

وإن هذا يتطلب وجود أجهزة قياس يستخدم فيها وحدات قياس تعتمد أساساً على الوحدات المتعامل بها دوليا.

أ- وحدات قياس النشاط الإشعاعي:

- وحدات النشاط الإشعاعي القديمة هي: **الكيوري Curie** (ولازالت مستخدمة حتى اليوم):

ا كيورى $=3.7\text{X}10^{10}$ انقسام نووي في الثانية :

1 curie (Ci) =3.7 X10^{10} dps (222 X10^{10} dpm)

1mCi= 3.7 X10^{7} dps (222 X10^{7} dpm)

1µCi=3.7 X10^{4} dps (222 X10^{4} dpm)

1nCi=37 dps (2220 dpm)

- وحدات قياس النشاط الإشعاعي الحديثة وتعرف باسم **البيكريل (Bq)** وهي تمثل عدد التحويلات النووية التي تحدث نتيجة انقسامات النويات انبعاث أشعة وهي تمثل عدد التحويلات النووية في وحدة الزمن ويمكن القول أن:

البيكريل = إنقسام نووي في الثانية

1 disintegration per second (1 dps) =1 **Bq**

1000(10^{3}) dps = ***K* Bq**

(10^{6}) dps = 1000 *K* Bq = **1*M* Bq**

(10^{9}) dps = 10^{6} *K* Bq = 1000 *M* Bq =**1*G* Bq**

وبالتالي فان مصدر إشعاعي قوته1 curie يعادل 10^{10} X 3.7 بيكريل

مثال(1) :

المطلوب حساب عدد التحويلات الإشعاعية لمصدر مشع قوته 100 ميللى كيوري.

1 كيورى =1000 ميللى كيورى

عدد التحويلات لمصدر مشع قوته 100 ميللى كيورى =

$3.7 \times 10^{10} \times (100 / 1000) = 3.7 \times 10^{9}$ بيكريل

مثال(2) :

المطلوب حساب عدد التحويلات النووية في الثانية لمصدر مشع قوته 1 ميللى كيورى.

الحل:

1 كيورى =1000 ميللى

1 كيوري = 3.7×10^{10} تحويله في الثانية

1 كيوري= 3.7×10^{10} بيكريل

عدد التحويلات لمصدر مشع قوته 1 ميللى كيورى = $3.7 \times 10^{10} \times (1 / 1000)$

= 3.7×10^{7} تحويله في الثانية

= 3.7×10^{7} بيكريل

مثال(3) :

المطلوب حساب عدد التحويلات النووية في الثانية لمصدر مشع قوته 1 ميكروكيورى

الحل:

1 كيورى =10^{6} ميكروكيورى

عدد التحويلات النووية في الثانية لمصدر مشع قوته 1ميكروكيورى

$= 3.7 \times 10^{10} \times (1 / 10^{6})$

$= 3.7 \times 10^{4}$ تحويله في الثانية

$= 3.7 \times 10^{4}$ بيكريل

ب-وحدة كثافة التدفق الإشعاعي : (Radiation flux density)

كثافة تدفق الجسيمات أو الفوتونات عند نقطه ما p هو عدد الجسيمات المارة خلال وحدة المساحة في الثانية عند تلك النقطة ، وفي حالة المصدر النقطي (حجم المصدر صغير بالنسبة للمسافة) .

كثافة التدفق : $\Phi = S/A$

حيث (S)هي شدة المصدر (جسيم/ ثانية)، A مساحة سطح الكره التي يكون المصدر في مركزها ونصف قطرها R وحيث ان مساحة سطح الكرة التي نصف قطرها Rهو $4\pi R^2$.

إذن كثافة التدفق: $\Phi = S/ 4\pi R^2$

أي كثافة التدفق عند نقطه على سطح الكره يتناسب طرديا مع شدة المصدر وعكساً مع مربع المسافة بين النقطة والمصدر. وتعرف هذه العلاقة بقانون التربيع العكسي.

وتوجد علاقات لحساب كثافة التدفق الناتجة عن المصادر ذات الإشكال حيث يصدر من المصدر أنواع مختلفة من الإشعاعات، أو إشعاعات من نفس النوع بطاقات إشعاعية مختلفة وعليه يجب حساب قوة التدفق الإشعاعي حسب نوع الأشعة وطاقتها

وعليه فان **كثافة التدفق الإشعاعي تعرف** بكمية الطاقة المارة خلال وحدة المساحة (1سم^2)في الثانية عند نقطة معينه.

ت- وحدة التعرض الإشعاعي:

عند تعريض الخلايا الحية للإشعاعات المؤينة تمتص هذه الخلايا جزءا من الطاقة التي تحملها هذه الإشعاعات وربما الطاقة كلها . وهذه الطاقة الممتصة داخل الخلايا هي التي تؤدي إلى تلفها . وتعرف كمية الإشعاعات التي يتعرض لها جسم الكائن الحي بالتعريض EXPOSURE وأنسب طريقه لقياس كمية الإشعاعات التي يتعرض لها جسم الكائن الحي هي قياس الشحن الكهربائية ناتج عن امتصاص حجم الخلية لأشعة جاما أو أكس و تؤدي تلف بخلايا الإنسان .

وتعرف وحدة التعرض الإشعاعي بكمية الإشعاعات السينية أو جاما في وحدة حجم 1سم^3 من الهواء عند الظروف المعيارية (عند درجة صفر وضغط جوي قدره 760 مم زئبقي)

وتسمى وحدة التعرض الإشعاعي **بالرونتجن (Rontgen)**.

و الرونتجن هي تعريف لوحدة التعرض الإشعاعي في الجو حيث أنها عبارة عن عدد التأينات التي تنتج في الجو عند درجة حرارة قدرها صفر مئوية وتحت ضغط هوائي قدره 760 مم زئبقي.

كما يعرف الرونتجن بأنه عبارة عن كمية الإشعاعات المؤينة التي ينتج عنها تفاعلا مع 1سم^3 من الهواء يحدث به عدد من التأينات تحمل شحنة موجبة أو سالبة قيمتها وحدة الشحنة الاستاتيكية (Static Coulomb) وتمثل وحدة عمل قدره 87.7 أرج في الغرام .

1رنتجن = وحدة الشحنة الاستاتيكية/ سم ^{3}

$$1\ SC/Cm^3 = 1\ R = 87.7\ erg/g$$

حيث أن: الأيون الواحد = 4.8×10^{-10} SC

1 رونتجن = 1000 ميللي رونتجن

1 رونتجن = 10^6 ميكرو رونتجن

1 ميللي رونتجن = 1000 ميكرورونتجن

ث– وحدات الجرعة الممتصة:

عند تساقط الإشعاعات المؤينة على خلية يحدث تفاعل بها ينتج عن هذا التفاعل تأين لجزيئات الخلية نتيجة امتصاص الطاقة الإشعاعية Energy داخل جسم الخلية ويكون تأثير الإشعاعات المؤينة على جسم الخلية تأثير تراكمي في حالة تكرار تعرضها للإشعاعات المؤينة والخطر الناتج عن هذا التأثير يتطلب التحديد الكمي لكمية الجرعة الإشعاعية الممتصة داخل الخلية بوحدات قياس النظام الدولي أهمها:

1. الغراي : Gry

عبارة عن وحدة الجرعة الإشعاعية الممتصة والمستحدث استخدامها بواسطة المنظمات الدولية المتخصصة في دراسة نظم وفلسفة الوقاية من الإشعاعات المؤينة **ويمكن تعريفها** بأن كمية الطاقة الإشعاعية الممتصة داخل خلية من جسم الإنسان وزنها 1كيلو غرام وتعطي تأثير فعال في هذه الخلية قدره 1 جول .

1 غراي = 1 جول لكل كيلوجرام

$$1Gy = 1\ Joule/Kg$$

$$1\ Gy = 1000\ m\ Gy$$

$$1\ Gy = 10^6 \mu Gy$$

$$1\ mGy = 1000\ \mu Gy$$

2. الراد: Rad :

وكانت تستخدم قبل الغراي الأحرف الأولى من Radiation Absorbed dose **ويعرف الراد** بأنه كمية الطاقة الإشعاعية الممتصة في وزن 1غرام من خلايا جسم الإنسان وتعطي تأثير إشعاعي قدره 100 أرج (100erg)

أي :

100 أرج = 1 راد

1 راد = 1000 ميللي راد

1راد = 10^6 ميكرو راد

1 ميللي راد = 1000 ميكرو راد

العلاقة بين الغراي والراد :

واحد غراي = 100 راد

ج- مكافئ الجرعة :

يختلف التأثير الضار النسبي للإشعاعات على خلايا جسم الإنسان باختلاف نوع الإشعاعات ، فمثلا في حالة الجسيمات المشحونة(الفا وبيتا) فتأثيرها اكبر عند مقارنتها بجرعة مكافئة من أشعة غاما وكذلك في حالة النيترونات السريعة فأن هذا التأثير النسبي أكبر عند مقارنته بجرعة من أشعة غاما. وعليه فقد تم استخدام الوحدات التالية :

1. السيفرت : (Sv) Sievert :

وهو تعريف الجرعة المكافئة ويكافئ الجرعة الممتصة X للمعامل الوزني النسبي Wt

وهو تعريف للوحدات حديثة التداول لمكافئ الجرعة الإشعاعية المؤثرة على خلايا جسم الإنسان

1 سيفرت = 1000 ميللي سيفرت

1سيفرت = 10^6 ميكروسيفرت

1 ميللي سيفرت = 1000 ميكروسيفرت

2. الريم : Rad Equivalent Man (Rem))

عبارة عن الجرعة الممتصة بواسطة خلية جسم الإنسان بعد حساب المعامل النسبي نتيجة اختلاف التأثير الإشعاعي عل خلية جسم الإنسان باختلاف أنواعه.

1 سيفرت = 100 ريم

ا ريم = 1000 ميللي ريم

1 ريم = 10^6 ميكرو ريم

1 ميللي ريم = 1000 ميكرو ريم

3. <u>**مكافئ الجرعة المجمعة : Collective dose(S)**</u>

هي المجموع الكلي لمكافئ الجرعة (E) خلال فترة معينة لمجوعة العاملين (Ni) لاستخدام مصدر مشع.

S=Ei Ni

4. **الجرعة المكافئة الفعالة: Effective Equivalent Dose(H_E)**

من المعروف أننا يمكن أن نتعرض للإشعاعات بصورة متجانسة ولكننا نعلم أيضا أن أعضاء الجسم تختلف فيما بينها بحساسيتها للإشعاعات وخاصة فيما يتعلق بالسرطان والأضرار الوراثية . وإذا أضفنا كل المخاطر الناتجة عن سيفرت واحد في كل الأنسجة فإننا نحصل على قيمة للمخاطر الكلية لكل سيفرت عندما يتعرض الجسم كله وتحسب من القانون التالي :

$$H_E = Wt \times Ht$$

حيث :

Wt : معامل وزني يمثل نسبة الضرر في نسيج ما إلى الضرر الكلي عندما يتعرض الجسم للإشعاعات بطريقة متجانسة :

Ht : متوسط الجرعة المكافئ في نسيج من أنسجة الجسم

أ.د. ياسر السلامة
وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المحاضرة السادسة :أجهزة قياس الإشعاع Radiation counters

يعتمد الكشف عن الإشعاعات على حدوث ظاهرة التأين أو إثارة ذرات أو جزيئات مادة الكاشف عند سقوط الإشعاعات عليها . فمثلاً عند سقوط جسيمات ألفا أو بيتا على المادة يتكون عدد من الأزواج الأيونية أو موجات كهرومغناطيسية في المادة ، و يتناسب عدد هذه الأزواج الأيونية مع طاقة الجسيمات المتساقطة على مادة الكاشف حيث تزيد بزيادتها و تقل بنقصانها أو انخفاضها ، و عند تجميع الالكترونات أو الأيونات الناتجة عن التأيين و قياس الشحنة الكهربائية الناتجة عن هذه الأزواج " أو التيار الكهربائي الناتج" يمكن معرفة عدد الجسيمات الساقطة و طاقتها.

و يستخدم أنواع متعددة من الكواشف تتوقف على نوع الإشعاع الساقط " ألفا – بيتا – جاما" و شدة الإشعاع و طاقة الإشعاع و شكل المصدر المشع نفسه ، وتعتمد الكواشف على التأثيرات الفيزيائية أو الكيمائية للإشعاع المؤين على مادة الكاشف نفسه، و التي يمكن تلخيص أنواعها في الآتي:

1)تأين في الغازات الموجودة في أجهزة GM-tube

2)تأين أو تهيج في مادة الكاشف " الصلبة و السائلة"

3)التنشيط النيوتروني

4)الجهاز متعدد القنوات.

5)التغيرات في التراكيب الكيماوية " لمادة غروية حساسة " مثل أفلام التصوير .

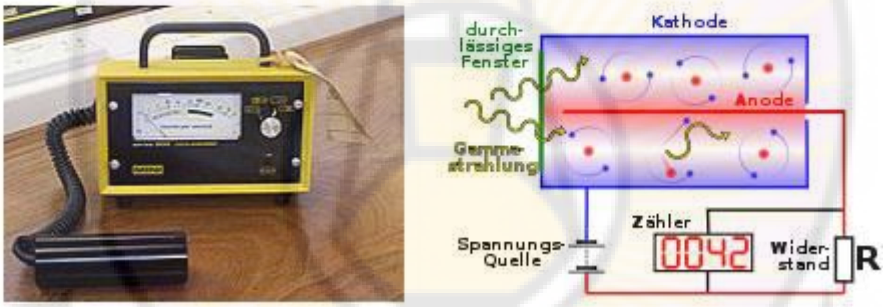
و سنوضح أمثلة لهذا فيما يأتي.

<u>اولاً: الكواشف الغازية :</u>

يعتمد عمل هذه الكواشف على قياس التيار الكهربائي للالكترونات و الأيونات الناتجة عن مرور الإشعاعات في حيز معين من الغاز ، و من أمثلتها عدادات جيجر و عدادات التأين و العداد التناسبي.

أ–**عداد جيجر:** و يتكون من أنبوبة زجاجية اسطوانية صغيرة تحتوي على غاز هو في العادة غاز الأرغون مع نسبة من الكحول و يمتد داخل الأنبوبة سلك رفيع يمثل القطب الموجب و يسمى الأنود ، و يبطن جدار الأنبوبة من الداخل بطبقة معدنية رقيقة تمثل

الكاثود و يفصل بين القطبين الغاز المخلخل و الذي يعمل كعازل في حالته العادية و توصل الأنبوبة بمصدر جهد عالي " حوالي ألف فولت" و عند سقوط الإشعاعات يتأين هذا الغاز و تتجه الأيونات الموجبة إلى جدار الأنبوبة السالب ، و أثناء اندفاع الأيونات تصطدم بجزئيات الغاز غير المؤينة فتولد شحنات سالبة و هكذا تتكاثر عدد الالكترونات المولدة بنسبة معينة و بالتالي يمر تيار كهربائي بالدائرة نتيجة للتأين الحادث في الأنبوبة و الذي يمكن قياسه و تكبيره بأجهزة القياس الخارجية ، و تتناسب شدة هذا التيار مع شدة طاقة الإشعاعات المؤينة الساقطة على الكاشف ، عندما يمر التيار الكهربائي داخل الأنبوبة تنطفئ الأنبوبة و تعود لحالتها الطبيعية و تصبح صالحة لاستقبال جسيمات جديدة في فترة زمنية قصيرة، و عندما تكون الأنبوبة مشحونة من الأيونات فإنها لا تتأثر بدخول جسيم مؤين جديد إلا بعد أن تعود لحالتها الطبيعية ، وتسمى الفترة الزمنية التي تمر بها الأنبوبة و هي غير مستعدة لاستقبال أي

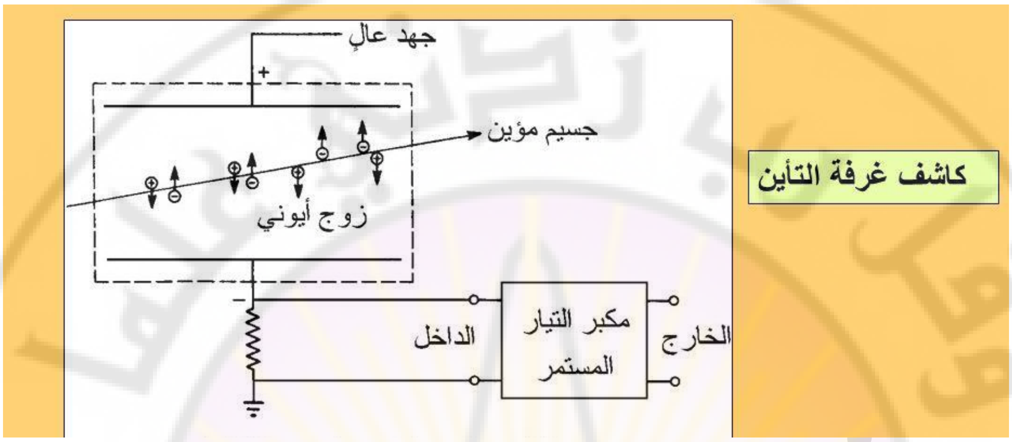


جسيم إذ لا يكون لدخوله أي أثر على عملية التأين بمدة موت الأنبوبة ، و باستخدام عداد جيجر يمكن تعيين عدد من الجسيمات المشحونة التي تمر خلال العداد في وحدة الزمن و لكن لا يستطيع العداد التمييز بين أنواع الجسيمات المشعة كما لا يستخدم لقياس طاقتها المتنوعة.

ب- *عدادات حجرة التأين:*

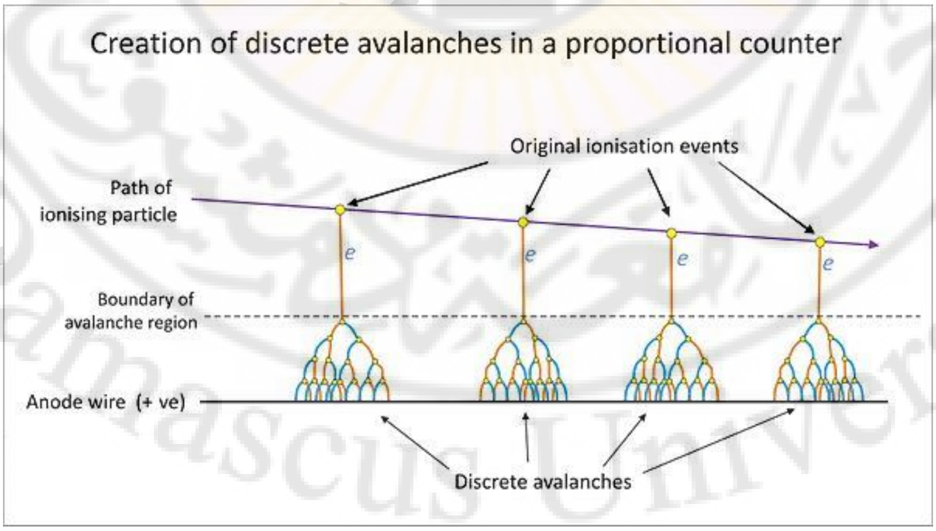
و هي عبارة عن حجرة أو إناء يمكن أن يتخذ أشكالاً و أحجاماً مختلفة و يملأ بأحد الغازات الخاملة تحت ضغط معين " حسب نوع الغرفة" ، و يوجد داخل الغرفة قطبان معدنيان موصل بهما قطب جهد كهربائي و عند مرور الإشعاع إلى داخل الغرفة عن طريق

نافذة مناسبة " من الميكا أو البريليوم" يتأين الغاز فيها فتتكون الأزواج الالكترونية – الأيونية و عند وجود فرق جهد كهربائي بين القطبين تنجذب الالكترونات السالبة في اتجاه القطب الموجب و يؤدي سريان تلك الشحنات الكهربائية إلى مرور تيار كهربائي يتناسب مع شدة الإشعاعات الساقطة.



ج- العداد التناسبي:

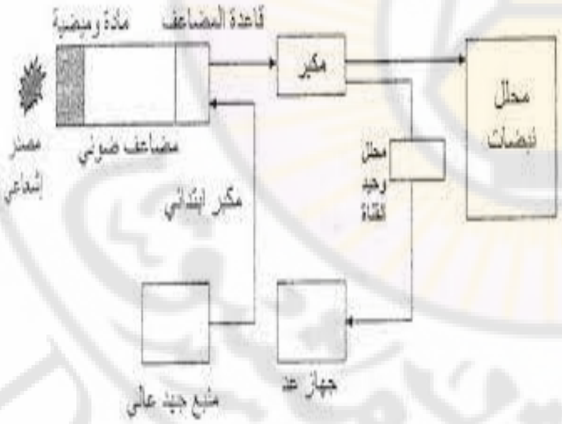
و هو يشبه حجرة التأين لكنه يعمل بتطبيق فرق جهد كهربائي أكبر على قطبين بحيث تكتسب الالكترونات الناتجة عن التأثير طاقة كافية لتأيين الغاز أكثر فأكثر من خلال الاصطدامات بذراته مما يؤدي إلى زيادة عدد الالكترونات المتجمعة و تضخيم النبضة الكهربائية و هو يستخدم للتمييز بين الجسيمات المختلفة.

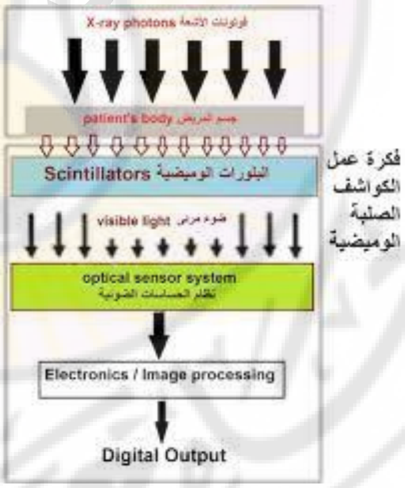


ثانياً:الكواشف الوميضية

1. الصلبة:

عند سقوط الإشعاعات المؤينة كالجسيمات المشحونة " ألفا" و الالكترونات " بيتا" و إشعاعات جاما على بعض المواد تثار ذراتها ثم تعود الذرات المثارة إلى حالتها المستقرة مطلقة وميضاً لذا تعرف مثل هذه المواد بالمواد الوميضية Scintillators و للكشف عن الإشعاعات المؤينة باستخدام المواد الوميضة يتم اختيار المواد الوميضية السريعة أي التي ينطلق وميضها خلال زمن لا يتجاوز ميكرو ثانية واحدة من لحظة الإثارة ، و تستخدم مادة أيوديد الصوديوم المنشط بعنصر الثاليوم NaI "Ti" في شكل متبلور كمادة وميضية للكشف عن إشعاعات جاما ، أما بالنسبة للجسيمات ألفا فيستخدم طبقة رقيقة من كبريتيد الزنك ZnS أما بالنسبة للكشف عن النيوترونات فتستخدم بلورة تحتوي على خليط من كبريتيد الزنك و البارافين " لاحتوائه على نسبة عالية من الهيدروجين و عند اصطدام النيوترون بالهيدروجين ينطلق البروتون الذي يتم تسجيله في الكاشف.





وعند سقوط فوتونات أشعة جاما على البلورة يتحرر عدد من الالكترونات ، هذه الالكترونات سريعة و تحدث إثارة و تأين لمادة الكاشف و حتى تعود إلى حالتها المستقرة الثابتة تنبعث ومضات الفوتونات التي تتناسب مع كمية وطاقة فوتونات جاما الساقطة عليها ، و عندما تنبعث هذه الفوتونات من الكاشف لتسقط على الكاثود الضوئي الموجود في أنبوبة المضاعف الضوئي photomultiplier الذي يتصل بسلسلة من وحدات المضاعفة dyanodes حيث يتم تكبير و مضاعفة الالكترونات الضوئية التي تنطلق من سطح الوحدات

dyanod فمثلاً يدخل الالكترون الواحد إلى المضاعف الضوئي فيخرج منه خمسة الكترونات و يتكون المضاعف الضوئي photomultiplier من العديد من الوحدات dyanods قد تصل إلى 11 و التي تضاعف الالكترون الواحد إلى ما يصل إلى 50 مليون إلكترون و هذه الالكترونات تخرج على هيئة نبضات كهربائية Pulses تتناسب مع أشعة جاما الساقطة على البلورة و يتم تكبير النبضة خطياً بواسطة مكبر Amplifier حيث تصل بعد ذلك إلى محلل لحجم و سعة النبضات pulse-size Analyzer حيث تخزن النبضات و تصنف تبعاً لحجمها ثم تخزن في جزء خاص بالذاكرة الالكترونية و بعد زمن معين تجمع القراءة المسجلة في فترة زمنية معينة.

2. العدادات الوميضية السائلة Liquid Scintillation Counters

و تتركب أجهزتها من :

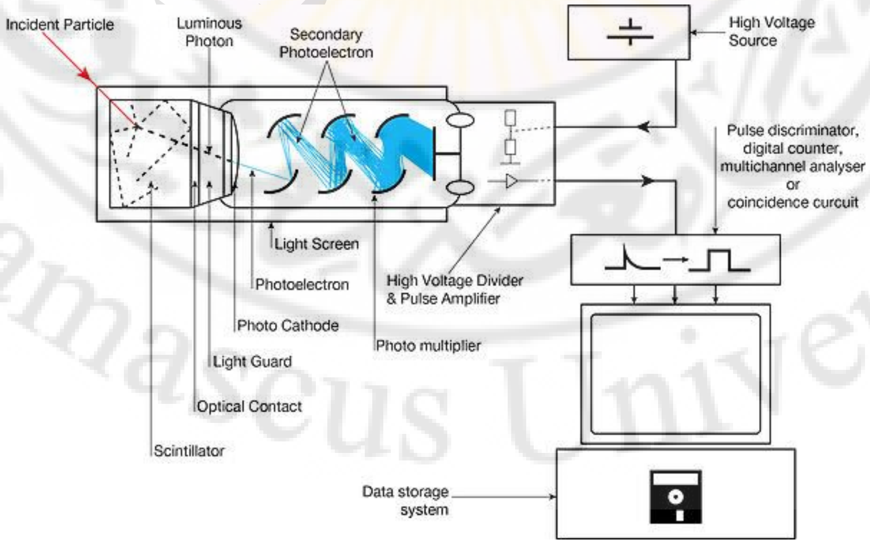
1- أنبوبتي مضاعف ضوئي.

2- وحدة تبريد أنبوبة المضاعف الضوئي و أحياناً لا توجد.

3- دائرة تزامن Coincidence circuit

4- مقياس الحدود العليا و السفلى Upper –and Lower – Level discriminator

5- عداد قياس Scalarو جهاز ال liquid scintillation



و لها استخدام واسع في عد جسيمات بيتا ذات الطاقة المنخفضة مثل ^{14}C و^{3}H و كذلك جسيمات بيتا ذات الطاقة المرتفعة المنبعثة من ^{32}P فمثلاً يوضع مع العينة المراد عد

جسيمات بيتا ذات الطاقة المنخفضة الصادرة منها محلول عضوي من مادة متفلورة حيث يحيط بنويات الذرات المشعة أو الجزيئات بالكامل ، و إذا كانت العينة غير ذائبة في المذيب العضوي يمكن وضعها في معلق متماثل Uniform Suspension و هناك العديد من المواد القابلة للتألق مثل lakazol dipheny PPo 2.5 مع التولين Toluene أو الداي أوكسان dioxane كمذيب ، و نظرية عمل عداد الوميض السائل liquid scintillator هي أن الجسيمات المتأينة بسبب المواد المشعة تحدث إثارة و تأين لجزيئات المذيب " التولين مثلاً Toluene التي بدورها تنقل طاقة هذه الإثارة إلى جزيئات PPO المناسب فتحدث لها تألقاً Fluoresce or Scintillation نتيجة لاكتسابها هذه الطاقة و إثارتها ثم عودتها إلى حالتها العادية Ground State بانبعاث ضوء الفوتونات و عند انبعاث هذه الومضات فإنها تصل إلى أنبوبة المضاعف الضوئي الذي يحرر الكترون و نتيجة لاتصاله بسلسلة من وحدات المضاعفة dyanodes فإنه يتم تكبيرها بدرجة كبيرة جداً في كل مرحلة تضاعف dyanode مكونة نبضات كهربائية تتناسب مع الومضات المضيئة المنبعثة من المادة المتفلورة و التي تتناسب مع شدة الإشعاعات .

<u>دائرة التزامن Coincidence Circit</u>

و هي مصممة على إصدار نبضة واحدة عند تلقي نبضة واحدة من كل من أنبوبتي المضاعف الضوئي أما الخلفية Background أو النبضات الناتجة من الشوشرة الالكترونية Noises سوف ترفض من دائرة التزامن و الكاشف Detector جزء من النظام غالباً ما يلزم تبريده لكي يقلل من الشوشرة Noises الناشئة عن الحرارة المرتفعة في أنبوبة المضاعف الضوئي.

<u>وحدة تمييز الحدود العليا:</u>

و هي تسمح بمرور النبضات التي حجمها أو طاقتها أعلى من حد طاقي معين E و ترفض الأقل ، أما وحدة تمييز الحدود السفلى فهي تسمح بمرور النبضات التي حجمها أو طاقتها أقل من E و ترفض الأعلى ، و تقوم هذه الوحدات بالعمل على تجانس النبضات طبقاً لأسس معينة ثم تمرر هذه النبضات على جهاز المسح Scalar الذي يحول هذه النبضات إلى عدات يمكن حسابها مع الزمن ، و يجدر بالذكر أنه في حالة جسيمات بيتا ذات الطاقة

العالية يتم القياس بدون استخدام Scintillator Liquid و يستخدم أسلوب شيرنكوف technique Cerenkov Counting و فيها تذاب العينة المشعة أو المتأينة في الماء كما يوضح محلول شيرنكوف و هذه الجزيئات المتأينة ترحل خلال الوسط " الماء " بسرعة أكبر من سرعة الضوء محدثة ومضة ضوئية تسمىCerenkov .

ثالثاً: الجهاز المتعدد القنوات Multi channel Analyzer والتنشيط النيوتروني:

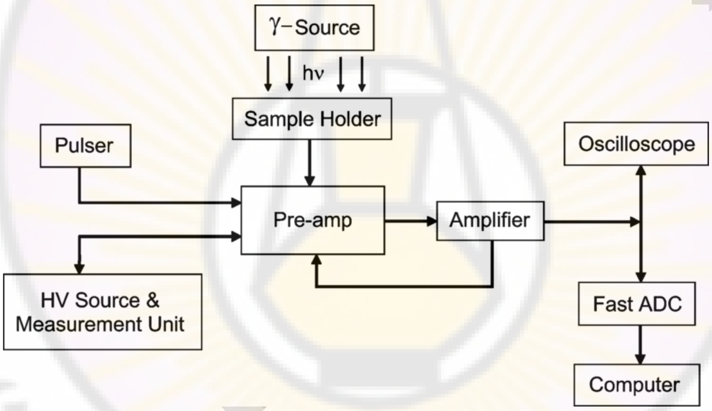
و هو يتكون من أربعة أجزاء:

1-الكاشف Detector و يمثل وسيلة إدخال Inputs

2-نظام التحكم الالكتروني Electronic System

3-المحلل Analyzer

4-وسيلة العرض و الإخراج Display/ Output



أولاً الكاشف و يتكون من ثلاثة أجزاء :

أ- وعاء نيتروجين سائل Liquid Nitrogen Dewar

ب-وحدة التبريد Cryostat و هي عبارة عن نظام تبريد و تفريغ يحفظ الكاشف " من الجرمانيوم – ليثيوم " في درجة حرارة تحت درجة -198 مئوية " حتى لا تحدث شوشرة Thermal Noise أو فقد و تسرب الكتروني ، و يكون في حالة مستقرة Ground State.

ت-صندوق المكبر الابتدائي Preamplifier / Electronics Package وبه مكبرات ابتدائية بالإضافة إلى مرشح للضغط العاليFilter High Voltage بالإضافة إلى دائرة حساسة تبين درجة حرارة وحدة التبريد Cryostat

ثانياً **نظام التحكم الالكتروني:**

و فيه يتم التحكم في الجهد العالي High Voltage و نظام التحكم في فتحة القياس

ثالثاً **: المحلل متعدد القنوات Multi- channel Analyzer :**

و أهم جزء فيه هو المحول الرقمي المتناظر Analog to Digital Converter ADC حيث تصل النبضات الخطية إلى المحلل فيقوم بتحويلها إلى أرقام ثم تخزن في ذاكرة الكمبيوتر ذات القنوات المتعددة حيث تكون هذه القنوات معنونه و مرقمة و مرتبة حسب طاقة هذه النبضات.

رابعاً وحدة العرض Display:

و هي إما طابعة أو حاسب ذو شاشة يمكن رؤية و طباعة الأشكال القميّة الناتجة في القنوات كلا حسب طاقته كما يمكن أيضاً حساب صافي المساحة لكل قمة عند طاقة معينة و بالتالي نسبتها إلى تركيز العنصر كما سنوضح بعد ذلك في فصل آخر.

رابعًا: التصوير الإشعاعي التلقائي Autoradiography:

هذه العملية ما هي إلا عملية تصوير كيميائي Photochemical و في عملية التصوير الإشعاعي التلقائي A-rad يتفاعل الإشعاع المؤين مع هاليد الفضة في مستحلب تصويري Photography emulsion، و عند وضع مادة مشعة بالقرب من لوح فوتوغرافي أو فيلم فوتوغرافي سوف تظهر مواضع مظلمة على الفيلم و هذه المناطق السوداء تعبر عن شدة الإشعاع في المادة ، و تكون شدة السواد دالة على الانتقال الخطي للطاقة LET Liner Energy Transfer للإشعاع الجسيمي ، و يلاحظ أن أشعة جاما و أشعة إكس لها LET منخفضة و لذا لا يستخدم لتتبعها طريقة التصوير الإشعاعي التلقائي ، حيث أن الفوتونات الناشئة سوف تخترق مساحة كبيرة من مستحلب التصوير مما ينتج سحابات أو ضباب على اللوح بينما في جسيمات ألفا و جسيمات بيتا منخفضة الطاقة و التي لها LET مرتفعة فإنها تكون ذات أثر كبير على اللوح الفوتوغرافي ، أما الجسيمات من بيتا ذات الطاقة العالية فإنه ينشأ عنها صورة إشعاعية منتشرة نتيجة لطول مسار هذه الجسيمات في المستحلب ، و يجب أن تكون خواص المستحلب وسطاً بين الحبيبات الدقيقة لزياد حساسيتها و دقتها تجاه المادة المعرضة لها ، و ذلك لأنه يلزم حوالي 10^7 من جسيمات ال Soft Beta لكل سم ^{2} من المستحلب.

و هذه الطريقة تكون مناسبة عملياً عند دراسة توزيع مادة مشعة في نسيج حيوي و تعتبر A-rad طريقة ضرورية لقياس و تتبع الإشعاع إلا أنها لا تعتبر طريقة للقياس الكمي للإشعاع و هناك طريقة أحدث تستخدم فيها A-Rad مع الميكروسكوب الالكتروني لدراسة الأنسجة المرقمة بالتريتيوم ^{3}H.

العوامل المؤثرة على العد الإشعاعي:

عندما يحدث انحلال لذرة تنبعث فوتونات أو جسيمات ، فعلى سبيل المثال ذرة ^{60}Co تبعث جسيم بيتا أو فوتونين من الجاما أو أحيانا واحد من كل منهما ، و يلزم لانبعاث الجسيمات أو الفوتونات حوالي 10^{-10} من الثانية أو أقل بينما الاستجابة اللحظية لأسرع أجهزة العد تحتاج 7^{-10} من الثانية ، أي أنه لا تعرف أجهزة عملياً بها كفاءة عد تساوي 100% لذا فإنّ النسبة بين معدل العد إلى معدل التحلل يعرف بكفاءة العد:

$$\text{كفاءة العد} = \frac{\text{عدد العدّات في الثانية للعينة}}{\text{عدد الاضمحلالات الفعلية في الثانية}}$$

$$E = \frac{rs(CPS)}{A^*(dps)}$$

أي يمكن القول بأن جزءاً فقط من الكمية الكلية المتحللة في العينة هو الذي يتم عده و عموماً فإنّ كفاءة العد في الأجهزة المختلفة أيضاً يؤثر فيها عوامل عديدة مثل :

1- امتصاص العينة في الوسط الداخلي بها :

يحدث أحياناً أثناء قياس عينة ما أن يمتص جزء من الإشعاع داخل العينة نفسها و تتناسب الكمية الممتصة داخل العينة تناسباً طردياً مع تركيز الذرات المشعة في العينة مع ثبات جميع الظروف الأخرى مثل نوع مادة الامتصاص ووضعها الهندسي حيث أن الزاوية بين مصدر الإشعاع و الكاشف مرتبة و مقسمة إلى 4π و على ذلك فإنه في حالة المصادر الصغيرة المشعة تكون الزاوية أقل من 2π أي يكون العامل الهندسي النصف . كما أن الامتصاص الذاتي يتناسب عكسياً مع حجم العينة لذا فإنه لتقليل الخطأ الناتج عن الامتصاص الذاتي Self –absorption يجب أن تكون كل القياسات لأحجام ثابتة من العينات Constant Volume مع تقليل الحجم إلى أقل حجم ممكن بالتبخر أو الترسب الكيميائي.

2-تأثير الخلفية Background

لا يمكن قياس النشاط الإشعاعي بدون أخذ الخلفية Background بعين الاعتبار فعند غياب المادة المشعة نلاحظ أن هناك قراءات تدل على وجود نشاط إشعاعي نتيجة لمصادر طبيعية أو صناعية تؤثر في قراءة الجهاز و هو ما يسمى بالخلفية و التي يؤدي إلى خطأ في العد ما لم يقدر و يطرح من العدات الكلية حتى يمكن الحصول على صافي العدات الفعلية Net Countو قد تتغير الخلفية B.G أثناء العد لذا يجب تقديرها في بداية العد و نهايته ، و يمكن تقسيم المصادر الإشعاعية المسببة للخلفية إلى:

1- مصادر طبيعية للإشعاع مثل :

- الأشعة الكونية Cosmic rays،
- النظائر المشعة الطبيعية المحيطة مثل المواد الموجودة في الرصاص أو الكربون الموجود في الخشب أو البوتاسيوم -40 .
- المواد الكيميائية العادية مثل أملاح اليورانيوم و الثوريوم و البوتاسيوم.

2-**مصادر صناعية للإشعاع مثل** : ساعات اليد حيث تحتوى العلامات المضيئة على مواد تشع إشعاعات طبيعية و المواد المشعة المخزنة في حجرات مجاورة ، و تلوث أجهزة العد و التساقط الذري.

التغلب على مشكلة الخلفية:

أ- **وسائل صناعية**: إحاطة أنبوبة الكاشف بكتل من الرصاص حيث يقلل هذا من الخطأ المحتمل بحوالي 15% .

ب- **وسائل إحصائية** : حيث يمكن تقليل الخطأ المحتمل بزيادة زمن عد العينة بالنسبة لزمن عد الخلفية فمثلاً إذا كانت العينة تعطي 400 عدة/ دقيقة و عدات الخلفية B.G هي 40 عدة / دقيقة أي أن النسبة بينهما تساوي عشرة فإنّ معنى ذلك أنه يجب أن يكون زمن عد العينة أكبر 10 مرات من زمن الخلفية B.G

أهم العوامل الواجب اتخاذها عند تجهيز العينة للعد الإشعاعي :

1-أن تكون العينة متجانسة عند العد

2- يجب أن توحد ظروف العد لجميع العينات

3-يجب أن يتم تجهيز العينة بأقل قدر ممكن من الفقد

4- اختيار جهاز العد المناسب من حيث الكفاءة ونوع الإشعاع وكمية الإشعاع

5-يجب وضع العينة في لمكان الملائم لجهاز العد ويفضل المنتصف

5-ضبط جهاز العد وتقدير الكفاءة العد بدقة وحسابها كنسبة مئوية.

المحاضرة السابعة : قوانين التفكك الإشعاعي

Radioactive decay laws

التحلل الإشعاعي هو عملية إحصائية بحتة تخضع لقوانين الإحصاء الفيزيائية حيث لا يمكننا التنبؤ في الوقت اللازم لتحقيق مجموعة الظروف التي تسمح لعملية التحول هذه أن تتم . ويمكن لنظير مشع أن يمكث لفترة طويلة في حالته الأصلية دون أي تغيير ثم فجأة يتحول إلى نظير آخر أو حالة أخرى باعثاً إشعاعات نووية .

فإذا فرضنا أنّ (N)هي عدد الذرات المشعة الموجودة في مادة مشعة في زمن معين (t) فأن التغير في (N)لوحدة الزمن في وقت معين $\frac{dN}{dt}$ يتناسب طردياً مع عدد الذرات الموجودة في هذه اللحظة.

$$\frac{dN}{dt} \; \alpha \; N$$

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

حيث λ هو ثابت التناسب و يعرف بأنّه ثابت الانحلال decay constant و الإشارة السالبة وضعت لأنّ عدد (N)يتناقص مع الزمن t.

و من المعادلة السابقة نجد أنّ:

$$\lambda = -\frac{1}{N}\frac{dN}{dt}$$

أي أنّ ثابت الانحلال هو عبارة عن الجزء من الذرات المشعة المتحللة في وحدة الزمن و بتكامل المعادلة السابقة يمكن أن تحصل على الصورة الآتية:

$$N = N0\, e^{-\lambda t}$$

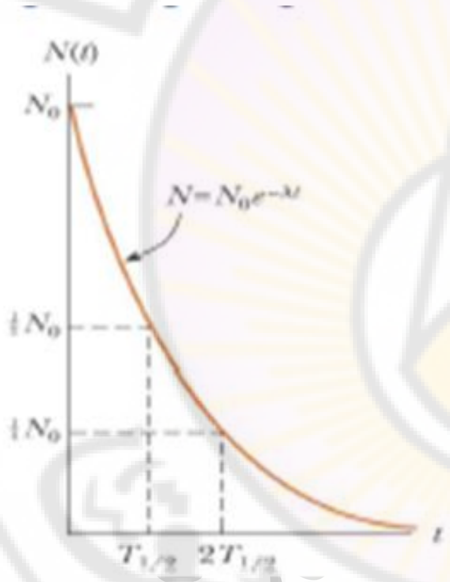
حيث:

No =عدد الذرات الموجودة في البداية (t=o)، N عدد الذرات المتبقية بعد زمن (t) و e عبارة عن قاعدة اللوغاريتم الطبيعي و تساوي 2.7183.

عمر النصف للمادة المشعة:Half-life

من المعادلة : $N= N0\ e^{-\lambda t}$

التي نستطيع بوساطتها حساب عدد النوى المتفككة عند اية لحظة (t) أن التفكك الاشعاعي لنوى ذرات النظائر المشعة مرتبطة بعلاقة أسية مع الزمن Exponential مع ، وتسمى الفترة الزمنية التي ينخفض خلالها عدد نوى النظير المشع الأساسي الخاضعة لعملية التفكك الى النصف بمدة عمر النصف أو الدور ، ويرمز لها $t^{1/2}$ وهي عبارة عن صفة ثابتة لكل نظير مشع وغير متعلقة بعدد الأنوية عند البداية ومستقلة عن الزمن أيضاً، ولكنها تختلف باختلاف النظير المشع ، ونجد أن مدة عمر النصف لبعض النظائر المشعة لا تزيد عن جزء من مليار جزء من الثانية ويمكن أن تصل الى اكثر من عشر مليارات من السنيين عند بعض النظائر المشعة الأخرى .



ويمكن الوصول الى العلاقة الاحصائية التي يمكن بوساطتها حساب مدة عمر النصف بافتراض أن عدد نوى الذرات الموجودة في عينة ما من نظير مشع هي N_0 وانخفضت الى $N_0/2$ عند الزمن $t^{1/2}$ وبالتعويض بالعلاقة السابقة :

$$\frac{1}{2} No=No\ e^{-\lambda t\frac{1}{2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda t\frac{1}{2}}$$

نأخذ اللوغاريتم الطبيعي للطرفين :

$$-\ln_2 = -\lambda t\frac{1}{2}$$

$$t^{1/2} = \ln 2/\lambda$$

$$t^{1/2} = 0.693/\lambda$$

حيث عند $t\frac{1}{2}$ تصبح (N) ذات قيمة تساوي $\frac{1}{2}$ (N_O)

و حيث أنّ λ قيمة ثابتة لكل نويات معينة فإنّ هذا يكون حقيقياً أيضاً بالنسبة ل $t_{\frac{1}{2}}$ فهي أيضاً قيمة ثابتة لكل نويات مشعة معينة.

و يميز $t_{\frac{1}{2}}$ بوحدات الزمن بينما ال λ بمقلوب وحدة الزمن.

مدة عمر النصف البيولوجي:

هو الزمن الذي يأخذه جسم أي كائن حي ليستطيع التخلص من نصف كمية النظير المشع لأي عنصر كيميائي يكون قد تم ادخاله الى جسمه بعد تمثيله غذائيا ثم اخراجه بطرق الاخراج العادية من جسم هذا الكائن الحي .

مدة عمر النصف المؤثرة:

عبارة عن الزمن المطلوب لأي نظير مشع حتى يفقد نصف شدة نشاطه الاشعاعي بعد ادخاله الى جسم أي كائن حي ، ويحصل ذلك نتيجة لحدوث التفكك الإشعاعي والاخراج البيولوجي ، وتعطى مدة عمر النصف المؤثرة وفقا للصيغة الاتية:

مدة عمر النصف المؤثرة= $\dfrac{\text{مدة عمر النصف البيولوجيةX مدة نصف العمر الإشعاعية}}{\text{مدة عمر النصف البيولوجية+مدة نصف العمر الإشعاعية}}$

العمر الوسطي أو الحياة الوسطية للنظير :

$$Tm = \frac{1}{\lambda} \quad \text{أو} \quad Tm = 1.44 * t^{\frac{1}{2}}$$

و حيث أنّ معدل الانحلال $\frac{dN}{dt}$ يعرف بالنشاط الإشعاعي أو ال Activity(A^x) أي أنّ :

(معادلة رذوفورد) $A^x = \lambda N$

أو

$$A^x = A^x{}_0 e^{-\lambda t}$$

وهنا يمكن ذكر بعض القوانين المستنتجة من هذا القانون :

(ثابت الانحلال): $$\lambda = \frac{1n2}{t\frac{1}{2}}$$

صور أخرى لقانون التفكك الإشعاعي:

$$\frac{A}{A_O} = \frac{N}{N_O} = 2^{-\frac{t}{t^{\frac{1}{2}}}}$$

عدد فترات نصف العمر:

$$S = \frac{t}{t^{\frac{1}{2}}}$$

عدد الذرات = $\dfrac{\text{عدد وأفوكادر } X \text{ المادةكتلة}}{\text{رقم الكتلة}}$

عدد الذرات = $$N = \frac{A(dps)}{\lambda(s^{-1})}$$

أمثلة ومسائل

احسب عدد الذرات الموجودة في 1 غ من المادة المشعة:

عدد الذرات = (عدد أفوكادر X المادة كتلة) / رقم الكتلة

$$N=\frac{(g)M * N^{o}}{A}$$

$$N^{O} = 6.022X10^{23}$$

$$N = 6.002X10^{23} / A$$

مثال :

لدى باحث 100 ميكروكيوري من الفوسفور المشع ^{32}P يراد استخدامها في تجربة تستمر 30 يوماً احسب مقدار الإشعاع المتبقي من العينة علماً أن فترة نصف العمر للفوسفور المشع هي 14.3 يوم

الحل :

$$N = No * e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \frac{1n2}{t\frac{1}{2}}$$

$$\lambda = \frac{0.693}{14.3}$$

$$N = 100 * e^{\frac{-0.693*30}{14.3}}$$

=23.36 µci

احسب نفس الكمية معبراً عنها d p s و d p m

Ci=1000mci

mci=1000µci

µci=1000 nci

$$23.36 * 3.7 * 10^{4} \text{ dps}$$

$$23.36 * 222 * 10^{4} \text{ dpm}$$

مسألة :

لدى باحث 10 ميلي كيوري من الفوسفور المشع ^{32}P فترة نصف العمر له 14.3 يوماً احسب الكمية المتبقية من الإشعاع بعد 18 سا و120 يوم

الحل :

$$0.75=\frac{18}{24} \Leftarrow 120.75=120+0.75$$ يوم

$$N = No * \ell^{\lambda\tau}$$

$$N = 10\ell^{\frac{-0.693*120.75}{14.3}}$$

0.02 mci =20 µci

مسألة :

عينة من مادة مشعة فترة نصف العمر لها 44 دقيقة احسب الجزء المتبقي من العينة بعد 100 دقيقة

الحل :

$$\frac{N}{No} = 2^{-s} \Leftrightarrow S = \frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{100}{44} = 2.27$$

$$N = No * 2^{-2.27}$$

$$\Rightarrow N = 0.20N_0$$

مسألة :

إذا علمت إن نشاط مادة مشعة 100 كيوري فكم يبلغ هذا النشاط بعد مضي ثلاث فترات نصف عمر

الحل :

$$\frac{N}{NO} = 2^{-s}$$

$$\frac{N}{NO} = \frac{N}{100} = 2^{-3} \Rightarrow N = 12.5Ci$$

$$100 \rightarrow 50 \rightarrow 25 \rightarrow 12.5$$

مسألة:

إذا علمت إن عينة مشعة نشاطها 16 كيوري وفترة نصف العمر لها ساعتان فبعد أي زمن يبلغ هذا النشاط 1 كيوري

الحل :

$$\frac{A}{Ao} = 2^{-s}$$

$$\frac{1}{16} = 2^{-S} \Rightarrow 16 = 2^{s} \Rightarrow 1n16 = s1n2$$

$$S = \frac{1n16}{1n2} = 4$$

$$S = \frac{t}{t^{\frac{1}{2}}} \Rightarrow t = 4*2 = 8\,h$$

مسألة :

يراد تقدير فترة نصف العمر لعنصر ما، أخذنا منه عينة ووضعناها في جهاز العد الإشعاعي فأعطت 10792 عدة/دقيقة CPM وبعد مرور 26 ساعة عدت نفس العينة فأعطت 2743 عدة/دقيقة CPM من البيانات السابقة :

احسب فترة نصف العمر.

الحل :

$$\mathrm{N = No} * e^{-\lambda t}$$

$$LogN = LogNo - \frac{\lambda}{2.3} * 26$$

$$Log2743 = Log10792 - \frac{\lambda}{2.3} * 26$$

$$\lambda = 0.0526 \approx 0.053$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t^{\frac{1}{2}}}$$

$$t^{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{0.053} = 13.1h$$

مسألة :

منبع مشع له نشاط إشعاعي مقداره 300 ميلي كيوري . كم يبلغ نشاط هذا المنبع بعد 24 ساعة إذا علمت أن فترة نصف العمر تساوي 2.28 ساعة.

الحل :

$$N = NO * e^{-\lambda t}$$

$$= 300 * e^{-\frac{0.693}{2.28} * 24}$$

$$= 0.475 \text{ mci}$$

$$= 475 \text{ µci}$$

مسألة :

لديك قطعة من الذهب $^{198}_{79}Au$ نشاطها الإشعاعي(20 كيوري) يراد إجراء تجربة على هذه القطعة عندما تصبح شدة نشاطها الإشعاعي 200 ميلي كيوري فبأي وقت يمكن إجراء هذه التجربة علماً أن فترة نصف العمر هي : 2.6935 يوم

الحل :

$$\frac{N}{NO} = 2^{-s} \Rightarrow \frac{0.2}{20} = 2^{-s}$$

$$\frac{20}{0.20} = 2^{s}$$

$$100=2^S$$

$$1n100 = S1n2 \Rightarrow S = \frac{1n100}{1n2} = 6.64$$

$$S = \frac{t}{t^{\frac{1}{2}}} \Rightarrow t = 6.64 * 2.6935$$

=17.89 days

مسألة :

احسب عدد الذرات الموجودة في ا كغ من اليورانيوم المشع $^{235}_{92}U$

الحل :

عدد الذرات = $\frac{\text{عدد وأفوكادر } X \text{ المادةكتلة}}{\text{رقم الكتلة}}$

$$N = \frac{6.022*10^{23}*1*1000}{235}$$

$$N = 2.562*10^{2} \text{ Atoms}$$

مسألة :

أحسب ما يلي:

1. عدد ذرات Co^{60} اللازمة لإنتاج نشاط إشعاعي مقداره 1Ci علما بأن فترة نصف العمر له 5.2 سنة.
2. الزمن اللازمة كي تتحول أربع أخماس الذرات المشعة إلى ذرات مستقرة.
3. كمية الإشعاع المتبقي بعد مضي أربع فترات نصف عمر معبرا عنها بوحدات dpm ,dps ,mCi
4. العمر الوسطي للكوبالت المشع Co^{60} .

الحل :

$$N = \frac{A(dps)}{\lambda(s^{-1})}$$

$$N = \frac{1x3.7x10^{10}}{\frac{0.693}{5.2X365x24x60x60}} = 8.75x10^{18} Atoms$$

$$\lambda = \frac{0.693}{5.2x365x24x60x60} = 4.23x10^{-9} \text{ sec.}$$

$$= 0.1333y.$$

$$\frac{A}{A_0} = 2^{-S} \Rightarrow \frac{1}{5} = 2^{-S}$$

$$\Rightarrow 2^{S} = 5$$

$$\text{Log } 2^{S} = \text{Log}5$$

$$\text{Slog}2 = \text{Log}5$$

$$S = \frac{Log5}{Log2} = 2.322$$

$$S = \frac{t}{t^{\frac{1}{2}}} = 2.322X5.2$$

$t = 12.07$ سنة

$$\frac{N}{N_0} = 2^{-S} = 2^{-4} = \frac{1}{16}$$

$$N = 0.0625Ci$$

$$N = 0.0625X1000 = 62.5mCi$$

$$N = 0.625X3.7X10^{10} dps$$

$$N = 0.0625X222X10^{10} = 13.431x10^{10} dpm$$

العمر الوسطي:

$$t_m = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{4.23X10^{-9}} = 236406619 sec.$$

$t_m = \frac{1}{0.1333} = 7.5$ سنة

قانون التخفيف الإشعاع:

يستخدم التخفيف الإشعاعي وسيلة تقدير كمي انتشرت في الآونة الأخيرة فإذا فرضنا أن لدينا زجاجة بها مادة مشعة وكتلتها معروفة فإن النشاط الإشعاعي البدائي يكون :

$$S_i = \frac{A}{m_i}$$

ثم نقلنا محتويات الزجاجة إلى زجاجة أخرى تحتوي على نفس النظير للمادة الموجودة في الزجاجة الأولى ولكنها غير مشعة ، فإن النشاط الإشعاعي النهائي يساوي:

$$S_f = \frac{A}{m_i + m}$$

فإذا أخذنا عملية القسمة بين النشاط النوعي البدائي والنهائي نجد أن :

$$\frac{S_i}{S_f} = 1 + \frac{m}{m_i}$$

$$m = m_i\left(\frac{S_i}{S_f} - 1\right)$$

مسألة :

في بحث ما يراد تقدير كمية فيتامين C في عينة من التفاح، تم أخذ ألف غرام من التفاح وخلطت مع 100مل من محلول به فيتامين C بقدر 2 ميلي غرام مرقم بالكربون14 الذي نشاطه الإشعاعي $2.1X10^5$dpm وبعد الخلط أخذت 20 ميلي غرام وعدت على جهاز كفاءة العد فيه 80% حيث أعطت 794000 عدة /دقيقة، المطلوب حساب كمية فيتامين C في العينة ونسبتها .

$$S_i = \frac{2.1X10^5\,dpm}{2} = 1.05X10^5\,dpm/mg$$

$$S_f = \frac{79400Cpm}{20} X \frac{100}{80} = 4962.5dpm/mg$$

$$m = m_i\left(\frac{S_i}{S_f} - 1\right)$$

$$m = \left(\frac{1.05X10^5}{4962.5} - 1\right)2 = 40.3mg/1000g$$

نسبة فتامين C في العينة: (غرام /100 غرام عينة)

$$40.3X\frac{1}{1000}X\frac{100}{1000} = 4.03X10^{-3}\,\%$$

المحاضرة الثامنة :

التقانات النووية المستخدمة في العلوم البيولوجية

1.استخدام النظائر المشعة كمصدر للإشعاع Radiation Sources

ويعتبر ^{60}Co من اكثر النظائر شيوعاً كمصدر لأشعة جاما

2.استخدام النظائر المشعة كوسائل اقتفائية: Tracer Techniques

وذلك عن طريق اضافتها الى نظام حيوي (تربة – نبات–حيوان) وبالتالي سهولة تتبعها وقياسها بواسطة أجهزة القياس الاشعاعي وبالتالي يمكن استخلاص النتائج المطلوب اختبارها وفقا لبعض الاسس العلمية والمعادلات الخاصة بكل حالة.

ومن أكثر أسس الاقتفاء النظائرية شيوعاً في المجال الزراعي يمكن تلخيصها في الاتي:

A.التبادل النظائري: Isotopic Exchange

تنفرد النظائر المشعة لمختلف العناصر بخاصية التشابه التام في جميع الخواص الكيماوية و البيولوجية مع نظائرها غير المشعة الموجودة طبيعياً في أي نظام حيوي- و بالتالي فإنّ حدوث التبادل بين العنصر الطبيعي الثابت مع نظيره المشع لا يحدث أي تغيير أو اضطراب في النظام الحيوي من الناحية الكيماوية أو البيولوجية ، و لكن عن طريق خاصية الإشعاع التي يتميز بها النظير المشع فإنه يمكن اقتفاؤه و تقديره عملياً عن طريق أجهزة القياس الإشعاعي ومثال ذلك تقدير القيمة –E " E–value" التي تمثل محتوى التربة من العنصر الميسر و ذلك باستخدام عنصر مشع "Carrier– free radio–isotope "

B. التخفيف النظائري: Isotopic Dilution

كما أشار Fried and Dean 1952 تعتمد هذه النظرية على أنه يخلط كمية معلومة من عنصر مرقم "Labelled Element" ذو نشاط إشعاعي Specific Activity معلوم إلى نظام حيوي Biological system يحتوي على كمية غير معلومة من نفس العنصر المضاف فإنّه بعد عملية الخلط و الوصول إلى حالة التجانس التام " حالة الاتزان" سوف نحصل على قيمة للنشاط الإشعاعي مخالفة للقيمة المعلومة المضافة و هذه القيمة تتناسب عكسياً مع كمية

العنصر غير المعلومة مسبقاً و الموجودة طبيعياً في النظام الحيوي المراد اختياره. والمثال التطبيقي لذلك هو تقدير القيمة "A-value "Aعن طريق الاختبار البيولوجي.

3.التصوير الاشعاعي: Autoradiography

ويتم ذلك بوضع المادة المحتوية على النظير المشع فوق أفلام خاصة وتترك لبعض الوقت تحت ضغط خفيف وينتج عن ذلك صورة لهذه المادة (ورقة نبات – بادرة – جذر-......الخ) وتتفاوت درجة دكنتها Blacking intensity تبعا لدرجة تركيز العنصر المشع في أجزاء المادة وبقياس درجات الدكنة يمكن التعرف على مواقع تجمع العنصر المشع ونسبة تركيزه ولكن بشكل تقريبي.

4.التنشيط الإشعاعي : Activation Analysis

ويتم ذلك بتعريض المادة او النظام البيولوجي الى حزمة من النيترونات ضمن المفاعل النووي لتحويل كل محتويات المادة المشعة أو النظام الحيوي من العناصر الثابتة الى عناصر مشعة وباستخدام جهاز المحلل متعدد القنوات Multi- channel analyzer يمكن تقدير العناصر المراد تقديرها .

5.التشتت النيتروني : Neutron Scattering

ومن أمثلة ذلك جهاز تقدير الرطوبة النيتروني Neutron Moisture Meter

ويتلخص الأساس العلمي لهذا الجهاز في أن النيترونات السريعة المنطلقة منه قد تعدل من سرعتها أو تشتتها عند تصادمها بذرات الهيدروجين الموجود في ماء الرطوبة الأرضية ووفقاً لبعض القوانين الطبيعية المصمم على أساسها الجهاز يمكن قياس الرطوبة الارضية على أعماق مختلفة بالحقل، ومن قراءات مباشرة على الجهاز بعد معايرته بين الحين والاخر لتوخي الدقة وضبط قراءة الجهاز.

النقاط الواجب مراعاتها عند استخدام النظائر

العوامل الواجب مراعاتها عند استخدام النظائر المشعة في أبحاث التربة والنبات:

1-أن لا يكون هناك تأثير كيميائي للمادة المشعة على النظام تحت الدراسة.

2-أن لا يصل تركيز المادة المشعة إلى الدرجة التي تؤثر على النبات أو الأحياء الدقيقة في التربة.

3-نقاوة النظير المشع المستخدم ، فالفسفور المشع يجب أنة لا يستخدم خيط من نظائره نظرا لاختلاف فترة نصف لعمر لكل منهم مما يؤدي لحدوث أخطاء جسيمة في عمليات الحساب وتفسير النتائج .

4- يجب معرفة الطرق المثلى لتحديد كمية المادة المشعة الواجب استعمالها في التربة بحيث تكون مؤدية للغرض وبنفس الوقت لا تضر النبات النامي أو الأحياء الدقيقة أو القائم على التجربة.

أهم النقاط الأساسية التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند إجراء تجربة عملية يستخدم بها مواد مشعة:

إن الاحتياطات الواجب اتباعها أثناء استخدام النظائر المشعة كثيرة نذكر منها:

1-استخدام وعاء مزدوج الجدران توضع فيه المادة المشعة لتقليل خطر الانسكاب فإذا كانت المادة المشعة في دورق فيجب وضعها وعاء أكبر لتلافي خطر الانسكاب

2-استخدام أوعية وأغطية محكمة الإغلاق

3- استخدام أوعية غير قابلة للكسر عند ضغط المواد المشعة وعادة ما تستخدم أوعية من البولي ايثيلين المقوى

4-يجب أخذ الاحتياطات الكاملة أثناء نقل المواد المشعة من أماكن إنتاجها إلى أماكن تداولها

5-استخدام خزانة أو غرفة الغازات في المخابر عند النقل من وعاء إلى أخر وعند التخفيف للمواد المشعة

6-يجب تحديد خطوات العمل بدقة قبل البدء بالتعامل مع المادة المشعة

7-يجب ارتداء القفازات واللباس الواقي من الإشعاع

8- يجب استخدام الماسك الطويل الزجاجي تحمل الزجاجات الحاوية على المواد عالية الإشعاع وخاصة عند إخراجها من المفاعل ويجب عدم مسكها باليد مباشرة

9-عندما تكون المادة المشعة من النوع الفا ، فانه يجب استخدام النظارة الخاصة لوقاية العينين

10-يجب وضع علامات الإشعاع وخطره على المناطق التي بها مواد مشعة حسب خطورة المادة المشعة (خطرة –عالية الخطورة – متوسطة الخطورة)

11-يجب وضع حاجز من الرصاص بين المادة المشعة والجسم وذلك لتقليل كمية الإشعاع الواصلة للقائم بالعمل .

12-يجب عدم استخدام الماصة عن طريق الفم لسحب محاليل بها مواد مشعة بل تستخدم الماصة الالكترونية لهذا الغرض

13-يجب استخدام صندوق خشبي عند خلط المواد المشعة مع التربة

14-يجب استخدام ورق ماص تغطى به أماكن إجراء التجربة وذلك لامتصاص أي نقطة من المادة المشعة قد تقع بشكل عفوي

15-يجب غسل الأيدي قبل تناول أي شيء بالفم

16-يجب تغطية الجروح بالبلاستر الطبي أو اللاصق الطبي قبل التعامل مع المواد المشعة

17-عدم التدخين أو الأكل أو الشرب داخل المخابر التي تستخدم بها المواد المشعة مهما كانت الأسباب.

أهم مميزات استخدام النظائر المشعة في المجال الزراعي:

- حساسية القياس ودقته
- إمكانية دراسة حركية وميكانيكية الظواهر والتفاعلات الحيوية
- دراسة امتصاص العناصر كميا وتقدير مصادرها
- تقدير العناصر ذات الكميات المنخفضة (دراسات بيئية)
- عدم الحاجة وجود تجربة شاهد.

العوامل المحددة لتركيز المادة المشعة في بداية أي تجربة يستخدم بها مواد مشعة:

هناك الكثير من العوامل التي تؤثر على تركيز المادة المشعة والتي يجب أن نبدأ بها التجربة ومن أهم هذه العوامل :

1-مدة التجربة

2-نوع التربة المستخدمة

3-عدد المكررات والمعاملات في التجربة

4-نوع الإشعاع الصادر عن النظير المشع وفترة نصف العمر

6- كفاءة جهاز العد

6-حجم ووزن العينة في نهاية التجربة

7- حدود العد المطلوبة في نهاية التجربة

8-كمية العنصر غير المشع في نهاية التجربة

ولفهم تأثير هذه العوامل نورد التطبيق التالي:

احسب تركيز المادة المشعة اللازمة لإجراء التجربة التالية:

- إذا كان المطلوب إجراء تجربة زراعية يستخدم فيها نبات الذرة وذلك لمدة 70 يوما وفي تجربة أصص.
- باستخدام الفوسفور P^{32} المشع الذي فترة نصف العمر له 14.3يوم والأشعة الصادرة هي من النوع بيتا
- وبفرض أن العينة النباتية التي أخذت للتحليل هي 1 غ مادة جافة لكل وحدة تجريبية وان النسبة المئوية للفوسفور المشع في العينة النباتية هو 0.5% بالنبات .
- فبعد هضم النبات تنقل العينة السائلة الى دورق معياري سعته 100 سم3 ، فإذا كانت كمية المحلول المأخوذة للقياس (القياس الإشعاع) هي 10 سم3
- وسيتم العد على جهاز العد الذي كفاءته 12%
- و معدل التسميد هو 40 ملغ/ كغ تربة وان سعة الأصيص هي 10كغ من التربة
- وان المصدر الفوسفاتي المستخدم هو السوبر فوسفات الذي يحتوي على 8.7%فوسفور .
- كما أن المطلوب أن يكون مستوى العد في نهاية التجربة 500عدة/ دقيقة .
- وان الوحدات التجريبية من معاملات ومكررات هو 60 وحدة تجريبية.

الحل:

$$\frac{N_o}{N} = 2^S$$

$$S = \frac{t}{t_{\frac{1}{2}}}$$

$$S = \frac{70}{14.3} \approx 5$$

$$No = 500 \times 2^5 = 16000 \text{ cpm}$$

$$16000 \times \frac{100}{12} = 13.33 \times 10^{4} \text{ dpm}$$

$$N_o = \frac{13.33X10^4}{222X10^4} = 6.1x10^{-2}\,\mu Ci$$

$$1X\frac{0.5}{100}X\frac{10}{100} = 5X10^{-4}g$$

$$S = \frac{A^{\bullet}}{m}$$

$$= \frac{6.1X10^{-2}}{5X10^{-4}} = 120\mu Ci/g$$

40X10X60=24000 mg=24 g P

24X120=2880 μCi

كل 100 غرام من السوبر فوسفات تحوي 8.7 غ فوسفور

كل س غرام من السوبر فوسفات تحوي 24 غ فوسفور

س= 275 غ سوبر فوسفات

المحاضرة التاسعة :

استخدام النظائر للمشعة في خصوبة التربة

Radioisotopes and Soil Fertility

يتوقف إنتاج المحاصيل الزراعية على قدرة تلك المحاصيل على الاستفادة بما تحتويه التربة من العناصر الغذائية، والتي تختلف فيما بينها من حيث قدرتها على إنتاجية المحاصيل. حيث لا تعتبر كل أرض خصبة منتجة ولكن كل أرض منتجة خصبة. و بالتالي للوصول لأفضل الطرق لاستثمار الأراضي الزراعية و النباتات النامية فإنّه يستلزم دراسة العلاقة بين التربة و النبات النامي عليها و التي أمكن دراستها بنجاح باستخدام النظائر المشعة في مجال التسميد و تغذية النبات لدراسة مدى كفاءة العنصر السمادي" فوسفور – كبريت – كالسيوم–حديد–زنك–منغنيز، .....الخ" حيث أنه من الصعب جداً التفريق بين العناصر الغذائية الممتصة بواسطة النبات و تحديد الكمية المأخوذة من السماد المضاف أو الموجود في التربة إلا باستخدام سماد مرقم بنظير مشع للعنصر تحت الدراسة.

و تعتبر تقنيات تخفيف النظائر المشعة Radioisotope Dilution Techniqueمن أهم الطرق التي لعبت دوراً أساسياً في دراسات بحوث الأسمدة و التسميد و تغذية النبات و بالتالي زيادة التقدم في دراسة العلاقة بين التربة و النبات Soil – plant System .

أهم مجالات استخدام النظائر المشعة في بحوث الأراضي و التسميد :

1) في دراسات كيمياء وخصوبة التربة:

- تقدير حركة و إمداد العناصر بالتربة
  Movement and Supplying power of nutrients in soil.
- تقدير كمية العناصر المتبادلة بالتربة E– value
- تقدير كمية العنصر الميسرة في التربة و القابلة للامتصاص بواسطة النبات A– value.
- تقدير كمية العنصر في التربة و القابلة لإمداد النبات L– value
- تقدير السعة التبادلية الكاتيونية للتربة .

2) استخدام النظائر المشعة في دراسات تغذية النبات والتسميد.

في دراسات تغذية النبات:

" امتصاص، انتقال، توزيع وتداخل وتضاد العناصر الغذائية"

في دراسات التسميد :

- تقييم صورة الأسمدة المضافة.
- تحديد أفضل طرق و مواعيد إضافة للأسمدة و المحاصيل.
- دراسة تفاعلات العناصر السمادية.
- تقدير كفاءة الأسمدة.
- دراسة الأثر المتبقي للأسمدة في الأراضي.
- استخدام النظائر المشعة في دراسات فسيولوجيا النبات.
- استخدام النظائر المشعة في دراسات تلوث " تربة – مياه– نبات"

3) استخدام النظائر المشعة في دراسات استصلاح الأراضي و مشاكل الملوحة:

يستخدم كل من الكلور المشع Cl^{36} و الصوديوم المشع Na^{22} في دراسة مشاكل الملوحة سواء بالنسبة للمياه أو الأراضي الملحية حيث تساعد في تقدير امتصاص و تجمع الأملاح Salt accumulation و معامل التوزيع Distribution coefficient داخل النبات ، و كذلك حركتها و تجمعها في طبقات القطاع الأرضي مما يساعد في تقدير الاحتياجات الغسيلية Leaching requirements.

تستخدم أيضاً النظائر المشعة للكالسيوم Ca^{47} or Ca^{45} في دراسة تفاعل الجبس والاحتياجات الجبسية لإصلاح الأراضي الملحية Salt soils حيث يستخدم الجبس كمصلح كيميائي للإحلال محل الصوديوم المتبادل Exchangeable Na في الأراضي الملحية التي ينتشر وجودها في المناطق الجافة وشبه الجافة والتي يقع تحتها أو في نطاقها أراضي معظم البلدان العربية.

4) استخدام النظائر المشعة في دراسات فسيولوجيا النبات:

يعتبر الكربون المشع ^{14}C من أكثر النظائر المشعة استخداماً في الدراسات الفسيولوجية ، يستخدم الكربون المشع في دراسة تمثيل الكربون بواسطة الأوراق الخضراء الحية " التمثيل لكلورفيلي أو الضوئي "Photosynthesis"

L−value

في عام 1950 أوجد العالم الأمريكي(Larsin) معادلة سماها (L value) أي قيمة L وذلك باستخدام قوانين النشاط الإشعاعي وكان الغرض منها هو تقدير العناصر المسيرة للنبات وليست الذائبة فقط والموجودة فعلا" في التربة وتركزت أبحاث (Larsin) على الفوسفور .

تعتمد الطريقة على استخدام سماد فوسفاتي من الفسفور المشع P وبالتالي يكون له نشاط نوعي:

$$S_f = \frac{A^*}{Q}$$

ويقوم بخلط السماد مع التربة ثم يزرع النبات المراد دراسة احتياجاته السمادية وبعد نمو المحصول وفي زمن معين نأخذ العينة النباتية ونقدر كمية الإشعاع فيها فينتج لدينا

$$Sp = \frac{A^*}{Q+.L}$$

بقسمة العلاقتين :

$$\frac{Sf}{Sp} = \frac{A^*}{Q} \times \frac{Q+L}{A^*}$$

$$\frac{Sf}{Sp} = \frac{Q+L}{Q}$$

$$\frac{Sf}{Sp} = 1 + \frac{L}{Q}$$

معادلة Larsin

$$L\ value = Q\left(\frac{Sf}{Sp} - 1\right)$$

بدون حامل Carrier Free :

عندما تكون كمية الإشعاع كبيرة وكتلة المادة المشعة قليلة جدا" أي:

$$S_f = A^*$$

$$Sp = \frac{A^*}{L}$$

$$\frac{Sf}{Sp} = A^* \times \frac{L}{A^*}$$

$$L_{value} = \frac{Sf}{Sp}$$

معادلة Dean & Fried أو ما يسمى : A (value)

وكان الغرض منها هو تقدير كمية العنصر المسير للنبات ومعرفة سلوكه فإذا كان هناك مصدرين للعنصر الغذائي وليكن مثلا" P

الأول: هو عبارة عن الفوسفور P الموجود أصلا" في التربة والقبل للاستفادة به من قبل النبات ويرمز له بالرمز A ويسمى: Native phosphorus

والثاني: عبارة عن العنصر الغذائي المضاف بصورة عنصر مشع ويرمز له بالرمز B ويسمى : Fertilizer phosphorus

فالنبات يأخذ العنصر من المصدرين بنسبة وجودهما أي:

$$\frac{a_{plant}}{b_{plant}} = \frac{A_{soil}}{B_{soil}}$$

حيث: a كمية الفوسفور الممتص من الفوسفور الموجود في التربة

b كمية الفوسفور الممتص من الفوسفور المضاف كسماد

وبالتالي كمية الفوسفور الكلي الممتص = a+b

$$\frac{A_{soil}}{B_{soil}} = \frac{\frac{a}{a+b}}{\frac{b}{a+b}}$$

$$\frac{A_{soil}}{B_{soil}} = \frac{\frac{a+b-b}{a+b}}{\frac{b}{a+b}}$$

$$\frac{A_{soil}}{B_{soil}} = \frac{\frac{a+b}{a+b} - \frac{b}{a+b}}{\frac{b}{a+b}}$$

نرمز ل: $y=\frac{b}{a+b}$

وبالتالي:

$$\frac{A_{soil}}{B_{soil}}=\frac{1-y}{y}$$

$$A_{soil}=B_{soil}\left(\frac{1-y}{y}\right)$$

وهي معادلة A value

حيث تعبر A_{soil} عن كمية الفوسفور الموجود أصلا" في التربة والتي يمكن أن يستفيد منها النبات.

و تعبر B_{soil} عن كمية السماد المضاف للتربة .

بالتالي نستطيع حساب كمية الفوسفور الموجودة بالتربة أصلا" والقابل للاستفادة من قبل النبات ولكن هذا الكلام موجود في قوانين التخفيف الإشعاعي فالنشاط النوعي للسماد

$$S_f=\frac{b^*}{B}$$

وفي النبات $S_p=\frac{b^*}{B+A}$

وبقسمة الطرفين نجد:

$$\frac{S_f}{S_p}=\frac{B+A}{B}$$

$$\frac{S_f}{S_p}=1+\frac{A}{B}$$

$$\frac{S_f}{S_p}-1=\frac{A}{B}$$

$$A=B\left(\frac{S_f}{S_p}-1\right)$$

وبفرض:

$$y=\frac{S_f}{S_p}$$

وتوحيد المقامات:

$$A = B\left(\frac{1}{y} - 1\right)$$

$$A = B\left(\frac{1-y}{y}\right)$$

مســـــألة:

رقمت عينة نباتية بالفوسفور المشع وأضيف منها 2 ملغ للأصيص (وزن الأصيص 1كغ) ثم زرع النبات في الأصيص وبعد تمام النمو أخذ النبات وجفف وهضم وأخذ 2 ميلي وقيس فيه الإشعاع فكان 8000 عدة/دقيقة وبنفس الوقت أخذ 2 ميلي من السماد المضاف وعدت فأعطت 80000عدة/ دقيقة ثم قدر الفوسفور الكلي بالنبات بالطريقة اللونية (طريقة حمض الأسكروبيك) فكان 5ملغ بالأصيص

و المطلوب حساب مايلي:

1-نسبة الفوسفور الموجود بالنبات والآتي من السماد وكميته

(Pdff) phosphorus derived From Fertilizer

2- نسبة الفوسفور الموجود بالنبات والآتي من التربة وكميته

(Pdfs)phosphorus derived From Soil

3-كفاءة التسميد الفوسفاتي.

4- كمية الفوسفور المخزون بالتربة والقابل للاستفادة من قبل النبات

الحـــــل:

النسبة :

$$y = \frac{S_p}{S_f}$$

$$y = \left(\frac{\frac{8000}{2}}{\frac{80000}{2}}\right) \times 100 = 10\%$$

الكمية = 5 X 10% =0.5 mg

النسبة $100 - 10 = 90\ \%$

الكمية $= 5 \times 90 = 4.5$ mg

الكفاءة $E = \frac{0.5}{2} \times 100 = 25\%$

$$A = B\left(\frac{1-y}{y}\right)$$

$$A = 2\left(\frac{1-0.1}{0.1}\right)$$

$$A_{soil} = 18\ mg/kg$$

معادلة E value :

تستخدم لتقدير كمية العنصر المتبادل في التربة وتعتمد أساسا" على فكرة التبادل النظائري أو التخفيف النظائري والأساس في تقديرها يعتمد على وضع التربة في قمع ثم نضيف لها محلول يحتوي على الفوسفور المشع P وعلى افتراض أن كل منها تعطي (3000 CPM)

كل $2 \rightarrow 3000$

وعند استقبال الراشح نأخذ منه 2 مل ونعدها في جهاز العد الإشعاعي فنلاحظ أن كمية الإشعاع قد قلت إلى1000CPM ويفسر ذلك بحدوث تبادل وتوزع بالنسبة للأيونات كما يلي :

$$Soil\ ]p^{31} + P^{32}_{Solution} \leftrightarrows soil\ ]p^{32} + P^{31}_{Solution}$$

$$\frac{P^{31}_{soil}}{P^{31}_{solution}} = \frac{P^{32}_{soil}}{P^{32}_{solution}}$$

$$E_{value} = P^{31}_{soil} = \frac{P^{32}_{soil} \times P^{31}_{solution}}{P^{32}_{solution}}$$

$$= \frac{P^{32}_{soil} \times P^{31}_{solution}}{P^{32}_{solution}}$$

$$E_{value} = P^{31}_{soil} = \frac{2000 \times P^{31}_{solution}}{1000}$$

أهم الاعتراضات على E value:

إن الاتزان و التبادل بين محلول $P_{Solution}$ و P_{soil} يحتاج إلى وقت كبير وللتغلب على ذلك نلجأ إلى ما يلي :

1- أخذ العينة وتجزئتها إلى عدة أجزاء

2- أخذ عدة عينات على فترات زمنية مختلفة وفي كل مرة نقدر قيمة E_{value} حتى ثبات القيمة عندها نقول قد حصل الاتزان .

كما يمكن قياس الكمية القابلة للتبادل من عنصر ما وذلك بملاحظة التغير بالنسبة لنظائر العنصر المدروس والمضاف لمعلق التربة وحيث أن الطريقة العادية التي كانت تستخدم في مثل هذه الدراسات كان يلزم إزاحة هذا الجزء بإضافة محاليل ملحية مختلفة التراكيز غير أن طريقة النظائر تسمح بالاتزان مع محلول مكوناته مماثلة للمحلول التربة العادي مما يعطي موضوعية ودقة لقياس العنصر القابل للتبادل مع محلول التربة

قياس أو تقدير الكلسيوم المتبادل بطريقة النظائر :

- طريقة Blume & Smith 1954:

وتعتمد على إضافة محلول يحتوي على كميات من الكالسيوم المشع Ca إلى الكلسيوم العادي Ca الموجود في التربة حيث استخدم محلول يحتوي على 100 ملغ /لتر من الكالسيوم بصورة نترات كالسيوم $Ca(NO_3)_2$ و 800 µci من الكالسيوم Ca لكل غرام كالسيوم .

طريقة التقدير :

25غ تربة يضاف لها 50 مل من المحلول السابق والرج لمدة ثلاث ساعات حتى حدوث الاتزان ثم يأخذ المحلول ويرشح وتأخذ منه عينة ونقيس بها الإشعاع ونعبر عنها بوحدة µci لكل غرام كالسيوم وتحسب كمية الكالسيوم المتبادل من المعادلة التالية:

$$E = (S1.x / S2) - x$$

حيث: x الكالسيوم المضاف للنظام

S1:النشاط النوعي للمحلول المضاف في بداية التجربة

S2: النشاط النوعي في نهاية التجربة

E الكلسيوم القابل للتبادل

مع ملاحظة أنه تم اعتبار الكالسيوم الذائب في التربة هو حتما" ضمن الكالسيوم المتبادل الذي تم تقديره علما" بأن هذا الجزء الذائب هو الذي أدى إلى خفض النشاط الإشعاعي النسبي في النظام .

ولقد استخدمت نفس الطريقة لقياس الكميات المتبادلة من كاتيونات أخرى مثل Ca, Na, k , Mg وغيرها كما تم قياس كاتيونات أخرى متبادلة مثل Mn , Zn ,Co ,Cu ,Fe إلا أن هناك مشاكل عديدة لقياس هذه النظائر في الأراضي القلوية أو المحتوية على كميات كبيرة من أكسيد المنغنيز ففي هذه الأراضي يكون التبادل النظائري للعناصر الصغرى بطيء وغير دقيق إضافة لكون الكمية الموجودة منها في محلول التربة قليلة جدا" لدرجة يكون معها القياس غير دقيق كما درس العديد من الباحثين التبادل النظائري للأيونات الفوسفات في الأراضي ولقد وجد أن هناك تبادل أولي سريع يتم بعد حدوث التبادل بساعات قليلة يتبع ذلك تبادل بطيء يستمر لعدة أيام لذا فإن قياس الكميات من عنصر الفوسفات القابل للتبادل أو المعروفة بالفوسفات السطحية يتوجب معرفة الوقت الذي يتم عنده التبادل السريع من الفسفور المشع ولقد اختار عدد من الباحثين أزمنة تتراوح من 1-14 يوماً لتحقيق هذا الغرض كما تبين أن كمية الفوسفات المتبادلة نظائرياً بعد 30 دقيقة تماثل تقريبا" الكمية التي يمكن استخلاصها بالماء المقطر مرتين كل ساعة .

(1 غ +40 مل ماء مقطر . رج ثم استخلاص ⇦ الكمية الذائبة)

وتعرف هذه الكمية بالفوسفات القابل للحركة أو المتحركة ولها أهمية كبيرة في تغذية النبات وفي الدراسات البيئية بالنسبة لحركة الفوسفات في المياه الجارية في التربة.

تقدير السعة التبادلية الكاتيونية للتربة باستخدام النظائر المشعة:

يمكن استخدام النظائر المشعة في تقدير السعة التبادلية الكاتيونية في التربة ولتقدير السعة التبادلية يجب أن تشبع التربة بالكاتيونات المناسبة وبعد الغسيل يزال الجزء من الكاتيون المشع ويمكن قياس الكمية المد مصة مباشرة أوقيا سها بالتبادل النظائري كما في طريقة Blume &Smith الخاصة بالكالسيوم. وعادة ما تقدر السعة التبادلية للتربة بأخذ

كميات من التربة تتراوح من50 ملغ إلى 3غ تشبع بواسطة محلول من كلوريد السترانشيوم Sr ، معروف نشاطه النوعي ثم تتم عمليات التشبع والغسيل المتتابع حتى نتأكد من انتهاء عملية التبادل ثم يفصل المحلول بالطرد المركزي ويقدر النشاط النوعي للسترانشيوم في التربة .

المحاضرة العاشرة :

استخدام جهاز قياس الرطوبة بتشتت النيترونات

Neutron Moisture Meter

إن أهم طرق تقدير الرطوبة المعروفة في مجال الأبحاث الزراعية :

1-الطريقة الوزنية:

2-طريقة تقدير الرطوبة بالتشتت النيتروني

3-طريقة تقدير الرطوبة باستخدام أشعة غاما

4-طريقة تقدير الرطوبة باستخدام المقاومة الكهربائية

5-طريقة تقدير الرطوبة باستخدام التوصيل الحراري

6-طريقة تقدير الرطوبة باستخدام الطريقة الكيميائية

7-طريقة تقدير الرطوبة باستخدام الطريقة الكهرومغناطيسية

8-طريقة تقدير الرطوبة باستخدام طريقة الشد الرطوبي

ويحتاج استعمال جهاز التشتت النيتروني إلى معايرة بطريقة أخرى مباشرة ودقيقة وهي الطريقة الوزنية حتى تتحول قراءاته التي تعبر عن عدد النيترونات في التربة إلى نسبة الرطوبة الأرضية .

والطريقة الوزنية بنيت على أساس أخذ عينات أرضية من الأماكن والأعماق المطلوبة حسب الرطوبة ثم توزن هذه العينات وهي رطبة ثم توزن بعد التجفيف على 105 درجة بعد 24 ساعة وفرق الوزن يعطي المحتوى الرطوبي ويعبر عنه كنسبة مئوية وزناً كما يلي :

$$\text{\%للرطوبة وزناً} = \frac{\text{وزن التربة الرطبة} - \text{وزن التربة الجافة تماماً}}{\text{وزن التربة الجافة تماماً}} \times 100$$

$$= \frac{\text{الفقد في الوزن}}{\text{وزن التربة الجافة تماماً}} \times 100$$

$$\text{\% للرطوبة حجماً} = \frac{\text{نسبة الرطوبة وزناً} \times \text{الكثافة الظاهرية}}{\text{كثافة الماء}} \times 100$$

وإذا أمكن أخذ عينات التربة على حالتها دون هدم أو تغيير في وضع مساحاتها البيئية ثم قدر وزن الماء ثم عرف حجمها الجاف تماماً وباعتبار أن كثافة الماء (1) فإن وزن الرطوبة المفقودة = حجمها

$$\text{\% الرطوبة حجماً} = \frac{\text{حجم الماء المفقود}}{\text{حجم التربة الجافة تماماً}} \times 100$$

ومع أنها أدق الطرق قياساً للرطوبة من الطرق الأخرى إلا أنها تواجه مشاكل :

1- طريقة أخذ العينات شاقة ومتعبة وخاصة للأعماق الكبيرة

2-تحتاج لوقت طويل لتقديرها

3-تتسبب في هدم التربة

4-يجب أخذ عينات كثيرة لتمثيل الرطوبة في الحقل

5-يصعب تقدير الرطوبة في الأراضي الحصوية

ونظراً لأن طريقة تقدير الرطوبة لتشتت النيترونات تتغلب على هذه الصعوبات فقد أصبحت تطبق على نطاق واسع في العالم وأصبحت دراستها بتوسع تشكل أهمية كبيرة ، وفي ما يلي شرح لذلك :

أولاً- نظرية عمل جهاز تقدير الرطوبة النيتروني :

إن أجهزة تقدير الرطوبة قد صممت أساساً لتقدير المحتوى الرطوبي للأراضي والمواد الأخرى باستخدام طريقة التشتت النيتروني وذلك بقياس درجة الإبطاء للنيترونات سريعة الحركة عالية الطاقة Slow neutron ⟵ Fast neutron

المنبعثة بواسطة مصدر مشع ذو نشاط إشعاع كبير Americium $^{241}_{93}A_m$ كمصدر لجسيمات الفا التي تمتص أو تستقبل بواسطة البيريليوم $^{9}_{4}B$ لينتج من هذا التفاعل

النيترونات السريعة عالية الطاقة مع تحويل ذرات Be الى ${}_{12}^{6}C$ والطاقة الناتجة عن هذا التفاعل 5.74 Mev وطاقة جسيمات ألفا تزيد من سرعة النيترونات التي يحدث لها تشتت نيتروني في التربة وفق التفاعل التالي :

$$ {}_{93}^{241}Am \xrightarrow{\alpha} \alpha({}_{2}^{4}He) + {}_{91}^{237}Np \text{ Neptunium} $$

$$ {}_{2}^{4}He + {}_{4}^{9}Be \rightarrow {}_{6}^{12}C + {}_{0}^{1}n + 5.74Mev $$

إن طريقة تشتت النيترونات تفترض التالي :

1- إن النيترونات السريعة التي يحدث لها تشتت نيتروني في التربة (إبطاء) نظراً لانخفاض طاقتها لتصادمها نويات الذرات الموجودة في التربة تتحول إلى نيترونات بطيئة الحركة وإن الطاقة تقل في هذه النيترونات إلى حالة تسمى عندها النيترونات (النيترونات الحرارية) بسبب كثرة اصطدامها المتعدد بالذرات الأخرى .

حيث ترتد النيترونات الحرارية إلى الكاشف Detector الموجود بالجهاز والذي يقيس النيترونات البطيئة فقط وإن النيترونات الناتجة عن هذا التفاعل لها طاقة حركية تتراوح :

من 0 . 16 مليون mev ومتوسط طاقة النيترون هو 4.5 mev

علاوة على ذلك فإن الكربون ^{12}C ينتج في حالة إثارة وينتج نترونات ذات طاقة من mev10.1 تذهب إلى حالة خمول .

وحيث أن ذرة H لها نفس كتلة النيترون فإن لها قدرة على إبطاء النيترونات لتحويل النيترون من سريع إلى بطيء.

والجدول التالي يوضح عدد التصادمات:

العنصر	عدد التصادمات
H	**18**
C	**120.5**
O	**158.5**
Fe	**537.2**
U	**2668.8**

يمكن استنتاج أن ذرات H الموجودة في الماء لها الأثر الكبير في إبطاء النيترونات وقياس كثافة النيترونات البطيئة التي هي مدلول للمحتوى الرطوبي للتربة .

ب–إن ذرات H في الماء تكون بصورة Diple مستقيمة H___o___H وبصورة شبه أيونية وعلى ذلك يصطدم النيترون بذرات H مباشرة بينما في تركيب المركبات الأخرى تكون ذرات H ضمن هيكل وتكون نواة الذرة كبيرة وبالتالي تحتاج على عدد كبير من التصادمات لتصبح بطيئة أي أن الزمن اللازم لتبطئ النيترون يكون كبير وهو ليس في حدود القياس التي يعمل بها الجهاز (10-20-30) ثانية

جـ- ونظراً لوجود H في غير الماء الحر في التربة أو وجود مواد تحوي كميات قليلة من بعض العناصر التي تدفق النيترونات فإنه تجري عملية معايرة Calibration ولإلغاء أي مواد أخرى لها تأثير على قياس النيترونات ونظراً لأن تفاعلات النيترونات مع المادة معقدة جداً وتتطلب دراية كاملة لعملية الحساب لقياس تدفق النيترونات إلا أنه على العموم فإن آلية الإبطاء يمكن تفسيرها من خلال دراسة التفاعلات الابتدائية :

1–تشتت غير مرن 2–مرن

3–امتصاص 4–تحلل تلقائي

1–التشتت غير المرن (التلاطم) اصطدام النيترونات :

يتضمن تحويل الطاقة الحركية إلى إشكال أخرى من الطاقة وهذه تحدث فقط للنيترونات السريعة أو الطاقة ذات النيترونات العالية أكثر من 10 mev ونظراً لأن متوسط طاقة النيترونات الناتجة بواسطة الأجهزة المستخدمة حالياً منخفضة فان التشتت غير المرن لا يؤخذ بعين الاعتبار .

2–التشتت المرن :

يتضمن انتقال الطاقة الحركية من النيترون إلى النويات التي يصطدم بها وهذا النوع للتفاعل من النيترونات هو السائد عندما يكون متوسط طاقة $_0^1n$ المستعملة أقل من 10 mev وأقصى كمية من الطاقة التي يمكن أن تنتقل مع كل اصطدام تعتمد على كتلة النويات التي تصطدم بها فقط وكلما كانت النواة صغيرة كلما كانت الطاقة المنقول إليها بالاصطدام أكثر عند اصطدام نيترون بنواة H عادية مساوية له في الحجم فإن كل الطاقة الحركية لـ $_0^1n$ تنتقل بالكامل لنوية ذرة H أو البروتون الموجود فيها وعليه فإنه يمكن تصور أن النيترونات السريعة ذات الطاقة العالية تفقد طاقتها بواسطة اصطدامها بالذرات الموجودة في التربة حيث يكفي

حدوث 18 اصطدام بذرة H كي تتحول النيترونات السريعة إلى بطيئة إلا أنه في حال اصطدام النيترونات بذرة اليورانيوم يحتاج على 2686.6 اصطدام لتحويل النيترون السريع إلى بطيء .

3–المسك أو الامتصاص :

نوع H من النيترونات قد يمتص بأنوية بعض الذرات نتيجة تفاعل نووي كما هو مبين بالمثال

$$^{10}_{5}B+^{1}_{0}n \to ^{11}_{5}B \to ^{7}_{3}Li+^{4}_{2}H+\gamma$$

وإن بعض النيترونات قد عينت بواسطة ذرات ذات رقم ذري عالي حيث تمسك النيترونات عالية الطاقة بواسطة هذه الذرات وتعطي نتائج انشطارية أو تفاعل نووي

4–التحلل التلقائي :

بعض النيترونات الحرة تتحلل تلقائياً بفترة نصف عمرها التي تقدر بـ 12 دقيقة الى وبروتونات وجسيمات بيتا المسبب لتحلل المادة .

$$n \longrightarrow P + \beta(\text{Beta})$$

آلية إبطاء النيترون : Moderating

أثناء تصادم النيترونات مع أنوية الذرات تحدث عملية التشتت التي تحصل فيها النواة على كمية من حركة الارتداد وطاقة النيترونات المشتتة تقل تبعاً لذلك وإن انخفاض الطاقة الحركة للنيترونات هو انخفاض لسرعة حركتها ولهذا تسمى هذه العملية بإبطاء النيترونات وإن فقد الطاقة يكون أكبر كلما كان الفرق بين $^{1}_{0}n$ والنواة أقل لذلك فإن النيترون تتباطأ بشكل فعال أكثر .

إن اقصر كمية من الطاقة التي تنتقل لكل اصطدام تعتمد فقط على كتلة النويات وكلما كانت النواة صغيرة كلما كانت الطاقة المنقولة إليها كبيرة وعندما يصطدم $^{1}_{0}n$ بنواة H عادية فإن كل الطاقة الحركية للنيترون تنتقل إلى H بعدد قليل من التصادمات 18 ويمكن حساب أقصى طاقة يمكن أن تنتقل من $^{1}_{0}n$ إلى نواة ذرة من المعادلة التالية

$$E_1 - E_2 = \frac{A}{(1-A)^2} E_1$$

A : الوزن الذري

E1 : الطاقة الابتدائية

E2 : الطاقة النهائية

مع ملاحظة أن هذه المعادلة تفترض حدوث فقد كلي للاصطدام والإبطاء الناتج عن فقد بالطاقة الحركية إبطاء يحدث أثناء التشتت المرن أما التشتت غير المرن فإن النيترونات يحدث لها إبطاء بقدر بسيط وتتوقف كفاءة الإبطاء على كمية الطاقة المفقودة في كل تصادم والمعيار الكمي لفعالية الإبطاء هو مقدار الفقد المتوسط في الطاقة في عملية التشتت

يتكون الجهاز من :

1- مصدر للنيترونات 2- الكشاف النيتروني 3-وحدة القياس 4- مصدر الكتروني كهربائي ، المصدر الإشعاعي والكاشف موجودين في الجسم المجس probe الذي يجب أن يكون له غطاء واقٍ أو درع أثناء تخزين الجهاز أو نقله

أولا: مصدر النيترونات :

عبارة عن خليط من معدن ثقيل تنبعث منه جسيمات ألفا ومعدن خفيف نشيط في استقبال جسيمات ألفا والتفاعل معها وبالتالي انتاج سيل من النيترونات السريعة ويستخدم لهذه الغاية العديد من المصادر أهمها :

1- **(Americium ,Beryllium)عبارة عن خليط مضغوط من الأميريسيوم – بريليوم ذو** فترة نصف عمر 453 عام يستخدم به Be كمستقبل لأشعة ألفا وإنتاج سيل من النيترونات السريعة وهذا المخلوط موجود في كبسولتين من الاستانليس ستيل داخل المجس ومن أمثلة هذا المصدر :

مخلوط (Am ,Be)10عبارة عن مخلوط له كمية إشعاع 10ميلي كيوري ويصدر عنه مايلي :

1- mev5.74 من أشعة ألفا
2- mev0.006 من غاما
3- 1.5 مليون نيترون في الدقيقة
4- $1.4 X 10^{8}$ فوتون بالثانية الناتج عن أشعة غاما

5- بعض جسيمات ألفا تدمص بواسطة Be والبعض الأخر داخليا وفق المعادلة التالية:

$$^{9}Be(\alpha .n)^{12}C$$

ولكن بعض جسيمات ألفا تدمص بواسطة الاميريسيوم نفسه والكربون الناتج له طاقة وينتج كمية صغيرة من الطاقة mev1.9 والتفاعل هو:

$$^{241}_{93}Am \xrightarrow{\alpha} \alpha(^{4}_{2}He) + ^{237}_{91}Np \text{ Neptunium}$$

$$^{4}_{2}He + ^{9}_{4}Be \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n + 5.74Mev$$

2 **-مصدر الراديوم بيريليوم:**

فترة نصف عمر لهذا المخلوط 1620 عام لكن عيبه إن أشعة غاما الناتجة لها طاقة عالية للنيترونات وان الغلاف الواقي الذي يستخدم لا يمنعها من الخروج فتضر الإنسان وهذا العيب هو العيب الأساسي الذي يحد من استخدام هذا المصدر المشع .

كما أن نشاط 5 ميلي كيوري من سحابة الراديوم المشع ينتج نفس عدد النيترونات الكافية لتأدية الغرض من الجهاز.

ملاحظة :

يعتبر مصدر اميريسيوم بريليوم من المصادر المفضلة لهذا الغرض لأن جرعة أشعة غاما على بعد 1 متر من المصدر المشع تساوي 1/60من أشعة غاما الناتجة من المصدر المشع راديوم بيريليوم

ثانياً: الكواشف:

كواشف النيترونات البطيئة حيث أن النيترونات ليست جسيمات مشحونة فلا تتأثر بواسطة الحقول الكهربائية أو المغناطيسية لذلك لا يمكن الكشف عنها بواسطة الأجهزة التي تكشف الجسيمات المشحونة بشكل مباشر ولكن يتم الكشف عن النيترونات البطيئة بتفاعلها إشعاعيا مع بعض الكواشف مثل البورون والهليوم والليثيوم والكادميوم وبالتالي إطلاق جسيمات مشحونة وبذلك يمكن عدها بالعدادات المختلفة.

ومن هذه الكواشف :

الكواشف الغازية:

1-كاشف البورون ثلاثي الفوراي : الغاز المؤين هو الفلوريد

$$^{10}_{5}B+^{1}_{0}n \rightarrow ^{7}_{3}Li+^{4}_{2}H+2.78Mev$$

2-عدادات مملوءة بالهليوم :وهي أكثر كفاءة من البورون ثلاثي الفلورايد في قياس النيترونات البطيئة وفق التفاعل التالي :

$$^{3}_{2}He+^{1}_{0}n \rightarrow ^{1}_{1}P+^{1}_{1}H+7.64Kev$$

الكواشف الوميضية

ومنها عداد الليثيوم الوميضي وهو عبارة عن بلورات الليثيوم النشطة أو زجاج وميضي وكليهما غني في الليثيوم

$$^{6}_{3}Li+^{1}_{0}n \rightarrow ^{4}_{2}He+^{3}_{1}H+4.8Mev$$

عداد غايغر ومولر المغطى برقائق كادميوم :

وتكون الحساسية للأشعة غاما أكثر من الحساسية للنيترونات البطيئة وهذا أهم عيوب هذا العداد .

$$^{113}Cd+^{1}_{0}n \rightarrow \gamma + ^{114}Cd$$

ثالثاً" غلاف واقي من الأشعة :

يجب احتواء كواشف النيترونات على غلاف واقٍ للنيترونات السريعة وأشعة غاما المنبعثة من المصدر الإشعاعي

1- غلاف واقٍ من النيترونات

2- مواد محتوية على الهيدروجين مثل البرافين أو البلاستيك أو البولي ايثيلين وهي تقلل من إشعاع النيترونات وتمنعها من النفوذ.

3- ويلاحظ انه عند استخدام المصدر المشع من الراديوم – بريليوم فانه يجب استخدام غلاف ضد أشعة غاما ذات الطاقة العالية المنبعثة وبسمك كبير جدا وفي حين انه عند استخدام مصدر من الاميريسيوم بريليوم فان هذا الغلاف اقل بكثير من سابقه لان الأشعة المنبعثة اقل طاقة.

عند عدم استخدام الجهاز فان حفظه يجب أن يكون داخل الصندوق والمجس داخل الغلاف الواقي . كما يجب أن لا يتعرض الشخص للمجس دون الغلاف الواقي حتى لا يتعرض لأشعة غاما أو النيترونات وبجرعات كبيرة وملاحظة أن تكون الفترات التي يتم بها إنزال المجس في التربة قليل جدا خلال أنبوبة القياس المصنوعة من الألمنيوم والجزء

الظهر من الأنبوبة اقل ما يمكن بحيث تكفي لتثبيت الغلاف الواقي ولا يبقى جزء تخرج منه النيترونات بعد إدخال المجس في التربة .ويجب أن يكون القياس والمجس داخل سطح التربة

رابعاً: أنبوبة القياس :

من أهم ميزات استخدام جهاز الرطوبة بأنها لا تحدث هدم للتربة في موقع العمل والقياس ويكون ذلك بوضع عدة أنابيب في الموضع المختلفة من الحقل وللأعماق التي ستتم الدراسة عندها حيث سيتم تقدير الرطوبة عن طريق إنزال المجس في هذه الأنابيب لقياس الرطوبة في أي وقت وهذه الأنابيب مصنوعة من الألمنيوم والحديد الصلب ويمتاز الألمنيوم بأنه لا يمتص أو يحتجز النيترونات البطيئة مع ملاحظة انه في الأراضي ذات الخواص التي تسبب تأكل هذه الأنابيب يمكن استعمال أنابيب من الستانليس ستيل ويجب أن تكون مقفلة من القاع كي لا تدخل الماء إلى الأنبوبة وتغطى من الأعلى تفاديا لدخول الأمطار إليها ولكي تكون جافة تماما وجاهزة للقياس دائما وذلك كي لا تكون القراءات ممثلة للحقيقة في التربة كما يراعى التأكد اليومي قبل القياس من جفاف الأنبوبة قبل القياس وتختلف الأجهزة في قطر المجس لذلك فان كل جهاز له أنابيب ذات أقطار مختلفة مرتبطة بالقطر الخارجي للمجس بحيث يكون القطر الداخلي للأنبوبة اكبر ببعض مليمترات حتى يمكن إنزاله بسهولة إلى الأعماق المختلفة كما يجب أن تكون سمك جدار الأنبوبة رقيقة حتى لا تسبب امتصاص نسبة من النيترونات البطيئة المشتتة مما يؤثر كفاءة القياس وكذلك يؤثر على منحنى المعايرة عند إجرائها .

مزايا وعيوب الجهاز

يمتاز جهاز التشتت النتروني لتقدير الرطوبة بالمزايا التالية :

1) سهل التشغيل حيث يمكن لعاملين استخدمته بعد تدريب فني بسيط لمساحات واسعة من الأراضي

2) يوفر الوقت (2-5 دقيقة) كافية لتقدير الرطوبة في قطاع تربة كامل مقارنة بالطريقة الوزنية (24 ساعة على الاقل)

3) يتم قياس الرطوبة في حجم كبير من التربة (بقطر 25-75سم) حسب المحتوى الرطوبي في التربة.

4)يمكن قياس الرطوبة في جميع اعماق التربة باستثناء الطبقة السطحية.

5)لا يسبب هدم للتربة وكذلك لا يسبب أي ضرر للنباتات

6) يسمح بالقياس لنفس العينة لمدى طويل مع امكانية اتمتة القياسات ومشاركتها.

7) يمكن قياس الطوبة في مساحات واسعة في وقت قصير

8)لا يتأثر قياس الجهاز بتركيز الاملاح أو قوام التربة

عيوب الجهاز :

1) ارتفاع ضمن الجهاز

2)ثقل وزن الجهاز لوجود الغلاف الواقي

3)لا يمكن قياس الرطوبة في الطبقة السطحية

4) تتأثر دقة القياس عندما تكون الرطوبة منخفضة جداً

المحاضرة الحادية عشر :

تقنية التحليل بالتنشيط النيتروني

:Neutron Activation Analyzes Technique

أصبحت قضية التلوث البيئي ذات أهمية بالغة على الصعيدين الإقليمي والعالمي وغدت مشكلة في كثير من بلدان العالم وبمستويات متفاوتة وأصبح النظام البيئي في كثير من قطاع الأرض فريسة للتلوث بسبب النشاط الصناعي وإهمال الأسس العلمية السليمة للوقاية من التلوث والتقاعس عن إتباع الأساليب العلاجية الصحيحة

لقد آن الأوان لأن ندرك –وبجدية – أن الموارد الطبيعية ليست غنائم وان قهر الكائنات الحية ليس انتصارا بل دليلا على جهل الإنسان وإساءته للعلاقة مع البيئة ولهذا أصبحت قضية التلوث البيئي أمراً ملحاً يجب أن نتعايش معه من أجل علاجه ومنع امتداده ولا يكون ذلك إلا بتحقيق الانسجام بين الأنشطة الإنسانية وموارد البيئة

ويهتم هذا الفصل باستخدام التقنيات النووية في قياسات ودراسات تلوث البيئة وكما هو معروف فان الباحث يختار الطريقة المناسبة للتحليل طبقا لظروف وملابسات العمل وبالطبع يلجأ إلى الطريقة التي توفر أكبر قدر ممكن من الدقة لأكبر عدد من العناصر المتنوعة وعند تركيزات صغيرة جداً (مثلاً جزء من المليون أو أقل) والى جانب ذلك هناك ميزة أخرى وهي عدم الاحتياج إلى معاملة العينات معاملة كيميائية قبل إتمام التحليل (كما هو متبع في طرق التحليل الكيميائي) ولهذا وجد أن التحليل بالتنشيط الإشعاعي بالنيوترونات NAA يوفر كل هذه المزايا للباحث في مجالات كثيرة ومنها مجال البيئة والأراضي والمناخ والجيوكيمياء والمياه وتعتبر هذه الطريقة من الطرق الحساسة والدقيقة المستخدمة بنجاح في تحليل أكثر من 70 عنصراً وهي تلائم التحليلات الدورية كما تستخدم لقياس وتقويم دقة العديد من طرق التحليل الدقيقة الأخرى.

وفيما يلي سوف نورد بعضا من تطبيقات واستخدامات التشعيع النيوتروني في مجال قياسات المياه والتربة والبيئة مع الإشارة لبعض البحوث المنشورة :

في طريقة التحليل بالتنشيط النيوتروني تستخدم طريقة المقارنة بمعنى انه يمكن تشعيع محلول أو عينة قياسية (معرفة التركيب والتركيز لعنصر ما أو أكثر) مع نفس العينة المجهولة

وتحت نفس الظروف وبهذا يمكن اعتبار كل العوامل ثابتة بين كل من العينة القياسية والمجهولة وبالتالي يمكن اعتبار أن النسبة بين النشاط الإشعاعي لهما هي نفسها النسبة بين الكتلتين ومنه نستنتج الكتلة في العينة المجهولة مع الأخذ بعين الاعتبار التصحيح الناشئ عن فرق زمن الانحلال بين كل من العينتين كما في المعادلة التالية:

كتلة العنصر في عينة التربة المجهولة = مقدار النشاط الإشعاعي لعينة التربة

كتلة العنصر في العينة القياسية مقدار النشاط الإشعاعي للعينة القياسية

وطريقة التنشيط النيوتروني يمكنها التمييز أو الكشف عن العناصر – وليس فقط بالتمييز بين طاقات الأشعة المستحدثة – عن طريق حساب زمن التشبع وزمن الانحلال مما يمكن من تحديد العناصر وتقديرها بدقة ولكي يتم ذلك بدرجة عالية من الكفاءة في عينة تحتوي على عدد كبير من العناصر المختلفة فانه يلزم برنامج حاسب آلي مناسب يربط مابين التوزيع الجامي للعناصر المشعة المختلفة والمقاسة تحت ظروف ثابتة وتوجد عدة برامج من هذا النوع يمكن الاستفادة منها في عمليات تحليل النتائج المختلفة وهناك فرض شائع هو أن فترة الانحلال التي تساوي فترة نصف العمر سوف تحسن من قياس النبضة الناتجة من نظير معين وكلما كان زمن التقدير معقولا ومستمرا لفترة أطول أمكن القياس وتقدير وكشف عدد أكبر من النظائر في العينة الواحدة

وخلاصة القول أن العينة بعد إعدادها وتشعيعها وقياسها تعطى طيفاً جامياً يمكن تحليله ودراسته نوعيا للتعرف على مكونات العينة من عناصر ونظائر مختلفة كمياً لتغيير التركيزات المختلفة لهذه المكونات وقد تم التأكد من دقة وحساسية هذا الأسلوب في التحليل إلى درجة عالية من الحساسية.

تفاصيل عملية التحليل:

1. **جمع تجهيز العينات:**

لتطبيق واستخدام هذه التقنية في تقدير العناصر في التربة يلزم إتباع اسلوب خاص في جمع وتجهيز العينة وبالرغم من أن معظم عينات التربة تؤخذ بواسطة بريمة التربة أو مجراف التربة إلا انه يجب أن تكون الأداة المستخدمة كمسبار للتربة ذات مساحة مقطع معلوم حتى يمكن استخدامها في قياسات البيئة مثل مدخلات لمركبات معينة أو عناصر معينة من الغلاف

الجوي إلى الأرض مثال ذلك التساقط الذري لان من المرغوب فيه معرفة معدلات التساقط أو الترسيب على وحدة المساحة،

وتستخدم أنواع عديدة من مسبارات التربة ويفضل أن يكون مسبار التربة الاسطواني من الصلب أو من البولي اثيلين وذلك لتفادي تلوث العينة بأي معادن من المسبار المستخدم وفي تحليلات التربة العادية يستخدم 100 جم تربة جافة هوائياً (التي سبق نخلها بمنخل 2 مم) ولكن في حالة تقنية التنشيط الإشعاعي نحتاج عينات صغيرة الحجم من 50 – 200 ملليجرام بحيث تكون عينة متماثلة ومتجانسة ويجب أن يتراوح قطر جزيئاتها مابين 300–500 ميرومتر وهذا الأمر في غاية الأهمية حيث من تحليل بعض المواد القاسية (معلومة التركيز) إن اختلاف نسب أقطار الجزيئات تؤثر على تجانس العينة وبالتالي على النتائج المتحصل عليها وهناك العديد من المراجع التي تشرح كيفية إعداد وطحن ونخل العينة ولكنها لا تعطي تفاصيل كاملة عن تحضير العينة وإعدادها قبل التنشيط النيوتروني إلا انه من المهم جدا تجنب تلوث العينة أثناء الطحن سواء بمعدن أداة الطحن أو تلوث ما بين العينات ولذلك ينصح باستخدام أجهزة الطحن التي تستخدم كور الطحن من العقيق أو الصلب أو طواحين من الصلب.

وأوضحت النتائج أن 15 جم تربة جافة (أصغر من 2 مم) يمكن طحنها طنا دقيقا إلى جزيئات ناعمة أقطارها أقل من 200 ميكروميتر بواسطة دوران كور العقيق في الاسطوانية ذات السعة 50 سم 2 في 20 دقيقة فقط وعملية طحن وتجانس التربة موضوع في غاية الأهمية لأنه يؤثر على النتائج المتحصل عليها فمثلا تركيز العناصر النادرة في التربة يتوقف على حجم جزيئات التربة المنخولة (كما تعلم أن حبيبات الطين الناعمة تحتوي على أغلب العناصر المطلب تحليلها) وهذا الموضوع مخصص له أبواب في مراجع التحليلات المعملية.

أما عن تعبئة العينة وإعدادها للتشعيع فانه ينصح باستخدام أنابيب من السيلكا النقية ويجب أن تكون الأنابيب المستخدمة مغسولة بالحامض والماء المقطر لضمان نقائها وعدم احتوائها على عناصر قد تؤثر في التحليلات المطلوبة كما يجب الاعتناء بإحكام غلق الأنبوبة لمنع فقد أو تسرب العينة أثناء أو بعد التشعيع كما اقترح استخدام زجاجات من البولي اثيلين

وخاصة في أغراض التشعيع قصير الأجل أما في حالة الرغبة في تشعيع عينات ماء (مياه صرف صحي أو صناعي ......الخ – عين سائل)يجري جمع عينات المياه من المصارف أو المجاري أو من الماء الأرضي في أوعية من البوليثين التي سبق غسلها بحمض النتريك حتى يتشبع الجدران بأيونات الهيدروجين

ويجب أيضا أن تحمض المياه بنفس الحمض بحيث يصبح الرقم الهيدروجيني لها أقل من (1) حتى لا تدمص العناصر في العينة على الجدار ويجب أن تكون عينة المياه خالية من المواد غير الذاتية (العوالق) فإذا كانت تحتوي على مواد عالقة فيجب الترشيح وإذا كانت هذه المواد العالقة موجودة بكمية كبيرة فيمكن فصلها باستخدام الطرد المركزي وإذا أريد تقدير محتوياتها فيمكن أخذها وتجفيفها ووزنها ثم تحليلها

تؤخذ عينة المياه الخالية من العوالق والمواد الغير ذاتية ويجرى لها عملية تجفيف على ورقة ترشيح وهي أبسط الطرق أو إجراء عملية تركيز مسبق Preconcentration عن طريق عمل التجفيف بالتجميد freeze drying وهي غير مناسبة لبعض العناصر المتطايرة أو باستخدام طريقة التبادل الأيوني ويتم إجراؤها بأنواع مختلفة من ال resin كذلك يمكن استخدام طريقة الاستخلاص بالامتصاص sorption _ scavenging ويستعمل فيها الكربون النشط لامتصاص وامتزاز بعض العناصر Zn -Cr-Cu-Co وهناك تقنية أخرى تعرف بطريقة Co-precipitation ويتم فيها ترسيب ال Radionuclide في عينة ماء البحر أو مياه الصرف الصناعي أو المجرى المائي حيث يتم الترسيب باستخدام أملاح Fe, OH أو الألمنيوم وغيرها وهناك أيضا العديد من الطرق الأخرى :

- الفصل الكروموتوجرافي للسوائل liquid chromatography
- التطاير Volatilization
- الطفو Flotation
- الترسيب الكهربائي Electrical deposition
- استخلاص المذيبات solvent extract وهو يستخدم لعنصر واحد أو مركب معين.

أما عند تعبئة العينة فيفضل استخدام clear silica tubesكبسولات من السليكا النظيفة المغسولة يعامل مؤكسد قوى ثم بماء الصنبور ثم بماء مقطر في حالة long irradiation

ويتم وضع حجم معلوم من سائل العينة مع مراعاة ترك مسافة فارغة في الكبسولة مساوية على الأقل لنصف حجم العينة بعد ذلك فيتم استخدام تقفل العينة باستخدام اللهب أما في حالة أنابيب سليك غير محكمة مسدودة برقائق الألمنيوم أو يستخدم vial من Polythene ثم تعبأ وتشع ويجب ألا تحتوي العينة على مادة متفجرة مثل الحمض النيتريك مثلاً.

2-تشعيع العينات:

معظم عمليات التشعيع النيتروني لعينات التربة تم فيها استخدام المفاعل كمصدر للنيترونات هذا ليس فقط لغزارة الفيض النيتروني الناتج منه والذي يصل إلى 10^{14} نيترون لكل سم^2 / ثانية والذي يرفع من حساسية الطريقة وانتظام عملية التشعيع نظرا لتجانس الشعاع النيتروني الناتج من الفاعل .

والدراسات الجارية حاليا في مراكز البحوث النووية تعمل على توفير مصادر أخرى للتشعيع بخلاف المفاعلات وذلك لتوفير مصادر أخرى عالية الشدة من فيض النيترونات الحرارية وأصبح من الممكن استخدام مصادر للنيترونات غير المفاعلات مثل مصدر الكاليفورنيوم(CF^{252}) والذي أصبح متاحاً حالياً ويعطي فيضا قدره 10^7 نيوترون /سم^2/ثانية من النيوترونات الحرارية (فيض النيترون يتوقف على كمية الكاليفورنيوم والمواصفات الخاصة بالتصنيع) وهناك مصدر آخر بديل وهو المولد النيوتروني Neutron Generator وفيه تتم اثارة الترتيوم بواسطة الديوتيريم وناتج التفاعل $^3H(d.n)_2{}^4He$ والذي ينتج عنه فيضا يصل الى 10^{10} نيوترون لكل سم^2/ ثانية ولمن الشعاع النيوتروني الناتج من هذا المصدر يكون غير متجانس ولهذا فان هذا المصدر يصلح في حالة التفاعلات النووية مع العناصر ذات العد الذري المنخفض ولا يجب استخدام هذا المصدر في حالة تحليل العناصر صغيرة التركيز.

والشدة النسبية لكل من النيوترونات الحرارية وفوق الحرارية تتغير كثيراً وتعتمد على نوع المصدر المولد للنيوترونات وعموما فانه من المفيد أن يكون المصدر الخاص بالنيوترونات اذا طاقة منخفضة كلما أمكن ذلك لان احتمال حدوث التفاعل يكون أكبر من النيوترونات ذات الطاقة المنخفضة مما يزيد من حساسية الطريقة ولأن زيادة الطاقة تزيد من احتمال حدوث

تفاعلات أخرى مما يزيد من التداخل في تقدير عنصر ما نتيجة زيادة النشاط الإشعاعي بواسطة تفاعل نيوتروني آخر لعنصر آخر.

وهناك عامل آخر جدير بالاعتبار ألا وهو طول فترة التشعيع (الزمن المستغرق) وبالتالي زمن الانحلال قبل القياس (زمن التبريد)ولكي نحصل على أكبر تنشيط مستحث يجب أن يكون زمن التشعيع عدة مضاعفات لفترة نصف العمر وعموما فان التحكم بالإشعاع الملي الناتج من العينة (المستحدث من عملية التشعيع) يتم بالاختيار الأمثل لوزن العينة وبفيض النيوترونات المستخدمة بينما زمن التشعيع يجب أن يكون قصيرا ومتناسبا مع فترة نصف العمر (للعنصر المراد تحليله) أيضا فترة الانحلال الإشعاعي يجب أن نختار بعناية بحيث يكون لها تأثير ايجابي على القوة النسبية للنبضات الناتجة لأن القياسات لا تتم عن باقي العناصر الموجودة ويمكن الاستعانة بتنسيق هذه العناصر واختيار الأزمنة المختلفة للتشعيع أو التبريد أو القياس باستخدام برامج حاسب عن طريق التوزيع لشعاع جامي قياسي في عينة قياسية من عينة تربة أو ماء نهر معروف تركيز العناصر المختلفة بها وبالتالي يمكن استنتاج تركيز العناصر محل الاهتمام في العينة تحت الاختبار.

وعادة يستخدم أسلوب التشعيع النيوتروني في التحليل المتعدد العناصر Multi-Element Analysis وفي حالات تصل إلى 30–40 عنصراً وبالطبع مع هذا الحد الكبير للعناصر التي يتم تحليلها لحظياً لا يمكن أن تكون ظروف التحليل مثالية لكل العناصر ولابد أن يكون هناك نوع من التفاضلية بينهم طبقاً لأهمية كل منهم ويجب الأخذ بالاعتبار أن جميع العينات يجب أن تشعيع بانتظام بواسطة شعاع متجانس من النيوترونات حتى لا تسبب العينة اضمحلال أو مساحه مقطع الأسر يكون صغيراً.

ويجب الانتباه إلى أن إناء التشعيع أو أي مواد قريبة من العينة في المفاعل يمكن أن تكون لها مساحة مقطع (احتمالية) كبيرة لإنتاج نيترونات أو يمكن أن تغير من فيض شعاع النيوترونات المستخدمة وعادة ما يتم تشعيع عدد من العينات القياسية لمختلف العناصر المراد تحليلها من العينات المجهولة وبالطبع فانه من الصعوبة بمكان تشعيع عدد كبير منها في نفس الوقت للمحافظة على تماثل الظروف العملية ولهذا فقد اتفق على تقسيم العينات القياسية إلى مجموعات يتم تشعيعها مع العينات المجهولة.

ومما سبق تتبدى أهمية عامل الوقت ومدى فيض النيوترونات من المصدر المستخدم وزمن التشعيع نفسه الذي ربما يصل في بعض الأحيان إلى أسابيع حيث يلزم التأكد من أنه خلال تلك الفترة لن يتغير مقدار الفيض النيوتروني لكي تتماثل ظروف التشعيع تماما. وكما سبق قوله يتم وضع العينة أو اثنتين قياسيتين مع العينات المجهولة كي تعمل ككاشف لأي تغيير يحدث في الفيض النيوتروني لأخذه في الاعتبار وعند تحضير عينات قياسية من كيماويات نقية فانه يجب تحضيرها من تركيزات تقارب تلك المراد قياسها وبعد ذلك وضعها في أنابيب صغيرة من السليكات أو من مواد غير نشطة حفاظا على دقة النتائج.

3 – قياس النشاط الإشعاعي:

قياس الطيف الجامي يتم عادة باستخدام كاشف يتم عزله تماما عن كل ما يميط به حيث لا يتعامل إلا مع الشعاع الجامي المراد قياسه والخارج من العينة محل التحليل ويجب تحديد مكان الكاشف بالنسبة لعينة التي غالبا ما يتم وضعها في وضع هندسي معين متماثل بالنسبة للكاشف يحقق كل هذه الاعتبارات ولابد من القياس الدوري للخلفية الإشعاعية لملاحظة أي تغيير فيه لارتباط ذلك بالكميات المقاسة وعادة يستخدم الرصاص المبطن بطبقات من الكادميوم والنحاس والألمنيوم لامتصاص الأشعة السينية الناتجة من الرصاص والعوازل الأخرى والتي تتعرض للتشعيع أثناء العمل وعند أخذ كل هذه الاعتبارات موضع الاهتمام يكون لدينا في النهاية مجموعة من القياسات المسجلة لطيف الجاما المستحث من العينة في زمن معقول نسبيا مع الحرص بأنه في حالة العمل لفترة طويلة فان جهاز التكبير في الكاشف (الخاص بالنبضة الكهربائية) يحدث بعض التشوه لها كذلك إذا كان المصدر ذا قوة إشعاع كبيرة بحيث أن العينة ستكون على بعد معين كبير نسبيا منه فسوف تنتج هنا بعض التأثيرات نتيجة التشتت خلال هذه المسافة وهذه التأثيرات غير مرغوب فيها لأنها تؤثر على استمرارية الطيف الجامي بشكل سليم ومنتظم.

ولا ننسى أن العينة مهما تغيرت يجب أن تكون هندسيا في نفس الوضع من المصدر بمعنى أن الزاوية المجسمة للعينة يشمل حجم العينة وبعدها عن المصدر وخلافه فيجب أن تكون ثابتة لكل العينات في كل الأوقات وان هذا العامل من أهم العوامل المحددة لكفاءة

القياس ولهذا يجب أن تظل عوامل نظام الكشف والقياس ككل ثابتة وبدون تغيير في حالة قياس كل من العينة المجهولة والعينة القياسية وكذلك جهاز الكاشف لابد أن يعمل عند درجة حرارة ثابتة وهذا عادة يتم باستخدام كاشف الحالة العملية وتبريده بسائل النيتروجين وعدم اهتزاز النظام أثناء التشغيل بعد ذلك يتم تحويل النبضات الكهربية الناتجة إلى رقمية وهذا يتم تخزينها في جهاز محلل النبضات كلا طبقا لمكانه في قناة معينة أو عدة قنوات تخصص لكل طاقة حيث يتم التخزين في ذاكرة محلل متعدد القنوات أو الحاسب ويلزم وقت مناسب كي يمكن تجميع بيانات يمكن الاعتماد عليها إحصائيا ولزيادة الدقة يمكن استخدام برامج جاهزة يمكن تخزينها مسبقا في الحاسب لتسهيل العمليات الحسابية والإحصائية

وتوجد الآن حاسبات صغيرة يمكن عن طريقها التحكم في كل العوامل في نفس الوقت بالنسبة لمختلف أنواع الكواشف وأنواع التطبيقات والتحاليل المطلوب إجراءها ويمكن تخزين قياسات مدى كبير من الطاقة لعدد كبير من القنوات على شرائط ورقية أو مغناطيسية أو على الأقراص المرنة ويمكن عمل اتصال بين وحدة التشعيع ذات السعة الصغيرة نسبيا وحاسب مركزي يمكنه عمل المزيد من البرامج وتبادل المعلومات وعمل اتصالات مع مراكز بحثية أخرى.

4- معالجة وتفسير الطيف الجامي :

نحن نريد – في الأصل- معلومات عن العنصر محل الاهتمام في العينة إذن لابد من قراءة هذه المعلومات من خلال رسم بياني يعرف بالطيف الجامي غالباً ما يعبر عن العلاقة بين الطاقة ورقم القناة Channel number ، وعدد(N)يعطي دلالة احتمال أو كثافة وجود هذه الطاقة ففي الماضي كانت تتم معالجة هذه البيانات يدويا ولكن حالياً يقوم الحاسب الشخصي بعمليات كثيرة كانت تستهلك كثيراً من الوقت والمجهود ويمكن استنتاج القيم الخاصة بطاقة كل نبضة تظهر فيها الرسم باستخدام طريقة معايرة مناسبة. وطريقة التحليل النوعي تتم بالتعرف على الطاقة الخاصة بالنبضة وشدتها النسبية مع الأخذ بعين الاعتبار الخلفية الإشعاعية الموجودة.

أهم مميزات طريقة التنشيط الإشعاعي :

1) تعتبر طريقة اقتصادية عند الحاجة لتحليل العديد من العناصر للعينة الواحدة ومناسبة جداً لعمليات ميكنة ومعالجة البيانات

2) حساسية الطريقة عالية جداً للعديد من العناصر المهمة في دراسات تغذية النبات والحيوان وفي دراسات السمية المتعلقة بالبيئة

3) تجنب تلوث العينات بالعناصر النادرة نتيجة استخدام المواد الكيميائية والطرق الكيميائية لتحضير العينة كما هو متبع في طرق التحليل التقليدية الأخرى كما يمكن تجنب واضمحلال بعض العناصر المراد معرفة كميتها الكلية دون فقد

4) يتم التعامل مع نواة العنصر مباشرة وليس مع الكترونات التفاعل في المدارات الخارجية لذرة العناصر كما هو متبع في طرق التحليل الطبقي (الامتصاص الذري والانبعاث الفلورنسي) وهي الأكثر استخداما في التحاليل الكيميائية وبالتالي يمكن تجنب مشاكل التداخل Interference ويمكن إيجازها في الأتي:

أ- التداخل من مادة الترابط Matrix interference

ب- التداخل الكيميائي Chemical interference

ت- التداخل الناتج من التأين Ionization interference

ث- التداخل الطيفي Spectral interference

وبالرغم من المميزات العديدة لطريقة NNA فانه يجب علينا أن نذكر عيوبها والتي يمكن إيجازها بالتالي :

1- تقتضي طبيعة واقتصاديات تشعيع العينة ألا يزيد وزنها عن جرامات قليلة ويفضل الأقل ومن هنا تظهر مشكلة اختيار العينة الممثلة للتحليل وخاصة عند التعامل مع مادة غير متجانسة مثل عينات البيئة من مياه أو تربة أو رواسب والعينات البيولوجية

2- للحصول على مدى واسع من العناصر المراد تحليلها يجب أن يكون مصدر التشعيع مفاعل نووي وهذا غير متوفر بالقدر المناسب أو الكافي كما تظهر مشكلة عدم تيسر وسائل تشعيع مناسبة ذات فترة نصف عمر تمتد إلى ثوان أو ساعات

3- الحاجة للعديد من التقنيات المتقدمة الغالية لأن تحضير العينات القياسية يصاحبها غالبا بعض العوامل التي تؤثر على النتيجة وكذلك هناك تأثير سلبي لعدم انتظام الفيض النيتروني

واختلاف الأوضاع الهندسية النسبية بين الشعاع والعينة كل هذا تحتاج إلى تقنيات ذات تصميم جيد وثابت وقابلية التكرار للحصول على نتائج دقيقة

استخدام NNA في تحليل العناصر الكلية في التربة:

في العشرين سنة الأخيرة تمت العديد من الدراسات الأساسية باستخدام التشعيع النيتروني لعدد من أنواع التربة المختلفة ودراسة نشاط جاما المستحث منها ولكن هذه الدراسات ركزت على تقديم تفاصيل عملية التشعيع والأجهزة المستخدمة وتحليل طيف جاما ولم تقدم معلومات كافية عن تطبيقات هذه التقنية في مختلف مجالات البحوث وكان أول من استخدم هذه التقنية العالمان McNeilly and Eicher عام 1959 حيث قاما بتشعيع خمسة أراضي مختلفة التركيب من أراضي الولايات المتحدة الأمريكية وقدما طيف جاما المتحصل عليه بواسطة كاشف من يوديد الصوديوم Nal(Ti) وقد تم التعرف على قمة موجات لعناصر مثل ^{28}Al, ^{56}Mn and ^{24}Na، ومع تطور الكوشف وظهور الجرمانيوم–ليثيوم قدم Salmon and Creevy في عام 1971 نظام كمبيوتر للتعامل مع عينات الهواء والماء والتربة والتي تم تعريضها للتنشيط النيتروني حيث أمكن تحليل طيف جاما الناتج باستخدام كاشف Nal (Ti) لكشف النظائر قصيرة العمر واستخدام الكاشف Ge(Li) للكشف عن النظائر طويلة العمر وقد أشار الباحثون إلى مشكلة عدم مرونة جهاز محلل وارتفاع النبضات في تجميع البيانات من عدة كواشف خاصة عند الحاجة للتعامل مع عدد كبير من العينات متباينة الأصل وتحليل عناصر متعددة فيها وقد اقترحوا إدخال نظام التحليل بالحاسب الآلي.

وقام العالم الانكليزي Kerr عام 1987 باستخدام التشعيع بالنيترون الحراري ثم تحليل الطيف الجامي باستخدام Ge(Li) وأظهر بيانات لأكثر من 11 عنصر مثل Al, Ba,Br Na: , Mn , Mg, Ti , V , k ,Cl, Ca, وباستخدام كاشف الفوتون منخفض الطاقة تم الحصول على نتائج العناصر U, Th, Sm, Eu, Ds , Ca كما أوضح أن وضع رقائق من الكادميوم حول العينات في مركز التشعيع واستخدام أسلوب التشعيع الدوري (30 دورة تشعيع عبارة عن 5 ثواني ثم 5 ثواني عد) كان مفيدا في تقدير كل من السكانديوم والسيلينيوم

والهافنيوم ولكن ظهر أن هذه الطريقة تتأثر جدا بالتداخل الناتج من أسر نيترونات النظائر الأخرى.

وفي مصر أوضح سند (1972) انه باستخدام نيترونات فوق حرارية في التنشيط النيتروني مع استخدام مرشح من الكادميوم أمكن التعرف على أحد عشر عنصراً مثل Sc ,Fe ,Co ,Sb ,Cs ,Ba ,Cc ,Eu ,Tb, Ta ,and Th وأمكن تقديرها بنجاح تام.

كما قام زغلول وآخرون (1987) بدراسة 14 عينة طين مفصول من أراضي جيرية ورسوبية وصحراوية باستخدام طريقة التنشيط النيوتروني وتم تحليل التركيب المعدني لها بتحليل طيف جاما الناتج بعد تشعيع العينات بنيترونات المفاعل وتم تقدير أكثر من 17 عنصرا كمياً مثل (Sc, Fe,Co, , Th, Sm ,Eu,Ca, K ,Sb Na , Cs) ووجدوا انها تقريباً ثابتة بالرغم من اختلاف المنطقة أو العمق المأخوذة منه العينة على عكس عناصر أخرى مثل Li , Ce , Cr والتي كان لها مدى اختلافات أوسع ، وأشار الباحثون أن الاختلاف في مستويات العناصر في عينات الطين يعود الى العديد من العوامل منها مادة الأصل وما تحمله من معادن كذلك ظروف تكوين وجود هذه الرواسب.

Damascus University

المحاضرة الثانية عشر :

النظائر الثابتة وتطبيقاتها

Stable Isotopes and its applications

كما يكشف عنها اسمها لا ينتج عن النظائر الثابتة تحليلاً إشعاعياً ، و تنتمي معظم النظائر الموجودة في الطبيعة إلى هذا النوع من النظائر و تتواجد العناصر على هيئة مخاليط منها ، و تعتمد الطرق الرئيسة لفصلها على كتلة النظير و من تلك الطرق الكهرومغناطيسية كما هو الحال في التحليل بمطياف الكتلة " الحرارية – الميكانيكية " كما هو الحال في عمليات التقطير أو النفاذ الغازي ، و من الأمثلة الهامة لتلك النظائر نظائر العناصر الداخلة في العمليات البيولوجية مثل الدوتيريوم و الأكسجين O^{18} و النيتروجين N^{15} و الكربون C^{13} ومن مميزات النظائر الثابتة الهامة غياب التأثير الإشعاعي للعينات محل الدراسة و كذلك إتاحة النظير في المادة الكيميائية التي لا يناسبها النظير المشع ، كما أن التعامل مع النظائر الثابتة لا يوجب السرعة في إنجاز القياسات لأن النظير لا يتحلل مع الزمن و من ناحية أخرى نجد أنّ العناصر الثابتة تتسم بشكل عام بصعوبة الكشف عنها مقارنة بالنظائر المشعة و النظائر الثابتة عموماً غير محدودة بفترات نصف العمر Half Life كما هو الحال في النظائر المشعة و استخدامها لا يسبب أي تلوث أو ضرر للباحث و لا ينتج عنها تأثيرات إشعاعية Radiation effects على الأنظمة الحيوية المختلفة.

و تستخدم النظائر الثابتة بنجاح كبير في العديد من المجالات البحثية و سوف نقتصر الكلام هنا على استخدام النظائر الثابتة في مجال الزراعة كمثال لأهمية دورها في دراسات خصوبة الأراضي و رفع كفاءة التسميد و نحن في أمس الحاجة لمثل هذه الدراسات لأن الإنتاج الزراعي في العالم الثالث لا يفي بحاجة السكان المتزايدة و أصبح واضحاً أن هناك فجوة غذائية كبيرة بين الطلب على الغذاء و بين إنتاجه و قد يبدو ببساطة أن زيادة الإنتاج الزراعي لتحقيق ما يسمى بالاكتفاء الذاتي إنما يكون باستعمال التقنيات الزراعية الحديثة، و لكن بالنظرة المتأنية نجد أنّ المشكلة أصبحت أعقد من ذلك و أنّ الاعتبارات الاقتصادية و البيئية يجب أن تؤخذ في الحسبان مما يساعد على بقاء سياسة زراعية تضمن استمرارية الإنتاج الزراعي و المحافظة على البيئة ، و من أهم عوامل زيادة الإنتاج استنباط الأصناف

الجديدة و زيادة كفاءة مياه الري و رفع كفاءة الأسمدة الكيماوية ، إنّ استعمال الأسمدة بكفاءة عالية سوف يقلل من فقد هذه الأسمدة و الذي قد يصل إلى 30-40 % مما يؤدي بالضرورة إلى تقليل الفاقد الاقتصادي و الآثار الضارة على المياه السطحية و الجوفية.

نظائر النتروجين Nitrogen isotopes

يتراوح عدد نظائر النتروجين من N^{12} الى N^{17} كما هو مبين في الجدول التالي :

Mass number رقم الكتلة	Natural abundance الوفرة الطبيعية للنظير	Half life نصف العمر
12	-----------------	0.0126 sec
13	----------------	10.05 min
14	99.634	-------
15	0.366	--------
16	---------------	7.36 Sec
17	----------------	4.14 sec

يوضح الجدول أن هناك نظيرين ثابتين للنتروجين N^{15} و N^{14} ويعتبران من النظائر غير المشعة لذلك فإن استخدامها في الأبحاث لا يؤثر على صحة الإنسان كما وأن ثباتها في الطبيعة سمح بإجراء التجارب لفترة طويلة .

و نظراً لأهمية و خطورة موضوع الفاقد من الأسمدة النيتروجينية ظهرت الحاجة للعديد من الدراسات على المستوى التجريبي و الحقلي و التي تتناول صور و تحولات الأسمدة النيتروجينية و فاعليتها مع مختلف المحاصيل الزراعية باستخدام النظير الثابت نيتروجين N^{15} و هناك نظيران ثابتان للنتروجين هما N^{15},N^{14}حيث يوجد النظير الثقيل N^{15}في الهواء الجوي بنسبة 0.3663% و الباقي 99.6337% في صورة N^{14}و بإثراء المركبات النيتروجينية بالنتروجين N^{15} تصبح هذه المركبات مرقمة بالنظير الثابت N^{15} و الذي يمكن قياسه بمقياس مطياف الكتلة أو الانبعاث الوميضي و منذ أوائل هذا القرن أصبح من الممكن استخدام النظير الثقيل N-15في ترقيم الأسمدة النيتروجينية و دراسة التفاعلات و التحولات لور النتروجين المثبت حيوياً بواسطة بكتيريا تثبيت النتروجين ، و الفكرة الأساسية لمثل هذه التجارب هو الاعتماد على نظرية التخفيف النظائري .

واستخدام النظير N^{15} في ترقيم الأسمدة النيتروجينية يشمل مجالات عديدة منها:

1- تقدير الكمية الحقيقية من السماد النتروجيني المضاف التي امتصها النبات و كذلك توزيعات هذه لكمية على أجزاء النبات المختلفة.

2- تقدير الكمية المتبقية من السماد النيتروجيني المضاف في التربة و صور هذا النتروجين المتبقي مما يساعد على تتبع الفاقد و تقليل آثاره الضارة و تحديد صور الفقد بل و عمل ميزان نيتروجين.

3- يمكن حساب كفاءة الأسمدة النيتروجينية و بالتالي مقارنة أنواع الأسمدة المختلفة و علاقتها بنوع التربة و المحاصيل النامية و نظام الزراعة.

4-دراسة كفاءة التثبيت الحيوي للنتروجين الجوي بواسطة البكتيريا العقدية المصاحبة للنباتات البقولية أو بواسطة الكائنات الحية الدقيقة ، و يجب أن ننوه هنا أنّ استخدام النظير N^{15} في هذا المجال هو الوسيلة الفعالة الوحيدة التي يمكن بواسطتها تقدير الكمية الفعلية التي يتم تثبيتها فعلاً بواسطة الكائنات الحية الدقيقة.

و من مميزات استخدام المركبات المرقمة بالنظير N^{15} .

1-يمكن استخدامها مباشرة في الحقل .

2- تعطي قيم فعلية و دقيقة للنتروجين المثبت مع كل مرحلة نمو "موسم النمو"

3-يمكن بواسطتها التمييز بين مصادر النتروجين الممتص" سماد – هواء – تربة" و هذا من الأهمية بمكان خاصة في حالة عقد المقارنات بين الأصناف و كذلك المعاملات و الممارسات الزراعية المختلفة.

4-عن طريقها يمكن قياس النتروجين المثبت حتى في حالة عدم إمكانية تقدير المحصول بسبب التدمير الناشئ عن الأمراض أو الحشرات أو الحيوانات.

5-غير ضروري في دراسات التثبيت الحيوي تنمية نبات المقارنة Reference crop بدون تسميد نتروجيني أو تحت مستويات ضئيلة جداً منه كما هو الحال في طريقة الفرق في النتروجين Nitrogen Difference

مما سبق يتضح أن أهم ما يميز طرق أو تقنيات N^{15}هو أنها تعطي تقديرات دقيقة لنتروجين المثبت و الممتص كما أنها تكاد تكون الطريقة الوحيدة التي لها القدرة على التمييز بين المصادر المختلفة للنيتروجين الممتص " هواء – سماد– تربة" و بكفاءة عالية.

معوقات استخدام تقنيات **N^{15}:**

1- التكلفة العالية سواء بالنسبة للأجهزة المستخدمة في القياس " جهاز الانبعاث الوميضي Emission spectrometerأرخص من جهاز مطياف الكتلة Mass spectrometer أو الأسمدة المرقمة اليوريا أغلى من سلفات الأمونيوم على أساس الجرام من N^{15} و قد وجد أن الجرام من النترات N^{15} يكلف حوالي عشرة دولارات و تتوقف على نسبة الإثراء N^{15} .

2- تتأثر كفاءة استخدام تلك التقنيات بدرجة كبيرة بعملية انتقاء نبات المقارنة في دراسات التثبيت الحيوي Referenceحيث إنّ اختيار نبات المقارنة المناسب يؤدي إلى تقدير كمي دقيق للنتروجين المثبت " من خلال المحتوى من N^{15} لكل من التربة والسماد" و هذه تعتبر مشكلة كبيرة و لكن يمكن التغلب عليها إما بالاختيار الدقيق للنبات المناسب أو بتحسين ظروف التربة و التي من شأنها التقليل من الانخفاض الشديد في نسبة N^{15}/N^{14} في التربة.

الوفرة في الطبيعة والزيادة في الذرة

Natural abundance (abund.) & atom excess (at.exc)

الوفرة الطبيعية Natural abundance (abund.): هي عبارة عن النسبة بين كمية N^{15} $/N^{14}$ من العينة في الطبيعة ويمكن حسابها كما يلي :

الوفرة الطبيعية النظائرية

$$\text{Isotopic abundance } \% = \frac{\text{no.}N^{15}\text{ in sample}}{\text{Total N In sample}} \times 100$$

الزيادة الذرة في العينة Atom excess (at.exc): ويمكن حسابها من القانون التالي :

$$a_1 = a - a_0$$

حيث:

a : % total atom of n^{15} in sample

$_1$a : % atom excess of n^{15} in sample

a_0 : Natural abundance of n^{15} =0.366

مثال (1):

حللت عينة نباتية بجهاز مطياف الكتلة وكانت الكمية الكلية الموجودة من N^{15}= 0.855

اوجد % atom excess (at.exc) .

$$\%at.\ exc. = 0.855 - 0.366 = 0.481$$

مثال (2):

أعطيت كمية من السماد تحتوي على % atom excess N^{15} = 5.35

أوجد الكمية الكلية .

$$\text{Total atom of } N^{15} = 5.35 + 0.366 = 5.716\ \%$$

تحليل وقياس N^{15}

تعتمد الفكرة الأساسية في تقدير N^{15} بواسطة جهاز مطياف الكتلة على أنه عند ارتباط N^{14} & N^{15} وبطريقة عشوائية وذلك لإنتاج جزيئات N فإنه يحدث أن تتكون ثلاثة أنواع من الجزيئات

$$N^{14} + N^{14} = N^{28}$$

$$N^{14} + N^{15} = N^{29}$$

$$N^{15} + N^{15} = N^{30}$$

وأساس تقدير N^{15} هو إحداث تأيين بالقذف الإلكتروني لجزيئات الغاز المنسابة ببطيء من عينة النتروجين المحول إلى الحالة الغازية فيتحول الغاز إلى أيونات حيث يدخل في مفرغ ويتم تعجيلها بواسطة فولت مرتفع والتي بدورها تمر على مجال مغناطيسي متعامد مع مسار الأيونات وفي هذا المجال يسير كل أيون في مدار دائري يتناسب مع قطر وكتلة الأيون وهي جزيئات النتروجين وبذلك يمكن حساب نسبة تواجد N^{15} في العينة .

قانون التخفيف النظائري للنظائر الثابتة :

$(N^{15}+N^{14})$ **m = m1** (N^{15}) **+m2** $((N^{14})$

m1 = m × (at. exc. N^{15} المرغوب) / (at. exc. N^{15} الموجود)

مسألة :

المطلوب تحضير /10/ لتر من محلول يحوي 140 غ سلفات أمونيوم $(NH_4)_2SO_4$ بتركيز % 1.2 N^{15} abund. من زجاجة تحوي %2.4 N^{15} abund. من سلفات أمونيوم المرقمة والعادية.

الحل : نطبق القانون :

المرغوب : 1.2 − 0.336= 0.834(at.exc. %)

الموجود: 2.4−0.336= 2.034 (at.exc. %)

$$m1 = 140 \times \frac{0.834}{2.034} = 57.2$$ g من N^{15}abund.

عادي $(NH2)_2$ SO4 (140 − 57.2 = 82.8g

مسألة :

لديك سماد يوريا 10 % abund. N^{15} يحوي نتروجين مرقم كيف تحضر محلول مناسب يحوي 1 % N^{15} at. exc. لتسميد 8 قطع تجريبية كل قطعة مساحتها /4/ م^2 حيث يتوجب إضافة 200 مل لكل متر مربع وبمعدل تسميد 100 كغ N/ha .

المساحة : 8× 4 = 32 م^2

100 كغ / هـ = $\frac{100 \times 1000}{10000}$ = 10 غ N / م^2

$\frac{100 \times 10}{46.7}$ = 21.41 غ U / م^2

32 × 21.41 = 685.2 غ U / Area

200 × 32 = 6400 مل (6.4 لتر) .

يضاف عادة مقدار احتياطي يكفي قطعة تجريبية (هنا 200مل)

$\frac{6.6}{6.4} \times 685.2 = 706.61$ غ

m1+m2 = 707 g

الموجود a1= 10− 0.336 = 9.63 % N^{15} at. exc. Urea

المرغوب a = 1% N^{15} at exc.

m1 = 707 x $\frac{1.00}{9.63}$ = 73.40 abund. N^{15}

m2= 707 − 73.40 = 633.60 عادي

مسألة :

لديك 24 قطعة ينمو في 18 قطعة منها محصول بقولي والستة الباقية ينمو فيها محصول غير بقولي يسمد المحصول البقولي بـ 20 كغ N /هـ من سماد كبريتات الأمونيوم – at exc. 5% N^{15} بينما يسمد المحصول الآخر بـ 100 كغ N / هـ بكبريتات أمونيوم 1 % abund. والسماد الموجود عبارة عن كبريتات أمونيوم 50 % N^{15} بصورة abund. فإذا علمت أن مساحة القطعة للمحصول البقولي 3.6 م^2 لمساحة القطعة للمحصول غير البقولي 1.8 م^2 وإننا نحتاج لـ200 مل متر لكل مربع لتجانس التوزيع فإذا كان المطلوب تحضير 14 لتر للمحصول البقولي و 2.5 لتر للمحصول غير البقولي، فكيف يمكن تحضير ذلك ؟

المحصول البقولي:

$18 \times 3.6 = 64.8$ م^2

$20 \times \frac{1000}{10000} = 2$ N غ/ م^2

2 × 64.8 = 129.6 غ N [(129.6*100)/21.21]= 611غ سلفات امونيوم

200 × 64.8 = 12960 مل = 12.960 لتر(نحضر 14 لتر لتوفير كمية احتياطية)

$\frac{14 \times 611}{12.960} = 660$ غ

m1 = $660 \times \frac{5}{50 - 0.366}$ = 66.85 غ سلفات أمونيوم 50 % N^{15} بصورة abond.

660 – 66.85 = 593.15 غ سلفات أمونيوم عادي

المحصول غير البقولي :

المساحة الكلية = 6 × 1.8 = 10.8 م^2

كمية N المطلوب حسابها للمتر المربع = $\frac{100 \times 1000}{10000}$ = 10 غ N / م^2

كمية N الكلية = 10 × 10.8 = 108 غ N

$\frac{100 \times 108}{21.21}$ = 509.8 غ سلفات أمونيوم (بصورة بودرة)

200 × 1.8 = 360 مل /قطعة

360 × 6 = 2160 مل (10.8*200= 2160 مل) =2.16 لتر

$\frac{5.2}{2.16}$ × 589.8 = 590 غ سلفات أمونيوم

سلفات أمونيوم % 50 abund. N^{15} g 12 = $m1 = 590 \times \frac{1-0.366}{50-0.366}$

سلفات أمونيوم عادي   590 – 12 = 578 g