

الفصل الخامس عشر

- النظائر المشعة والكشف عن المبيدات والكيميائيات الأخرى :

- * مقدمة .
- * انواع النشاط الاشعاعى .
- * اضمحلال الاشعاع .
- * وحدات النشاط الاشعاعى .
- * وحدة التعرض الاشعاعى .
- * حساب الجرعة الاشعاعية .
- بعض الاصطلاحات الاساسية فى مجال تقدير المبيدات المشعة .

- * جسيمات الفا (α)
- * جسيمات بيتا (B)
- * الانود Anode والكاثود Cathode .
- * ن العداد والعد . .
- * العنصر الحامل .
- * الخلفية .
- * تشتت الاشعاع .
- * الاضمحلال .
- * الكورى curie وحدة الاشعاع .
- * التحطم النووى .
- * معدل التحطم أو الاضمحلال .
- * كفاءة جهاز العد أو العداد .
- * معيار النهاية العظمى للطاقة .
- * عداد الغاز .
- * عداد انسياب الغاز .
- * نصف العمر البيولوجى .
- * نصف عمر النشاط الاشعاعى .
- * النظير Isotope
- * شعاع جاما (γ) Gamma ray

- * التحليل بتخفيف النظير المشع .
- * اصطلاح Mev .
- * الكشف عن النشاط الاشعاعى Monitoring .
- * النشاط النوعى Specific activity .
- * الاشعاع Radiation .
- * النشاط الاشعاعى Radio activity .
- * كيمياء المواد المشعة Radio chemistry .
- * المنتج النشط اشعاعيا Parent radio active product .
- * جرعة التعرض رونتجون (r) Roentgen .
- * راديو اوتوجراف Radio autograph .
- * راديوجراف Radiograph .
- * Gy .
- * الاخماماد فى انبوبة العد Quanching in counting tube .
- * الامتصاص الذاتى Self absorption .
- * التأثير البيولوجى النسبى Median lethal dose .
- * الجرعة الوسيطة القاتلة (MLD) .
- * الفترة القاتلة الوسيطة (MLT) Median lethal time .
- التشيع واستخدام المواد المشعة .
- شروط انشاء معمل كيمياء مواد مشعة .
- تخزين المواد المشعة Storage .
- طرق اختيار المركبات المشعة .
- امان المبيدات المشعة safety .
- الكشف والقياس للنشاط الاشعاعى .
- ١ - عداد جايجر مولر Geiger-Muller counter .
- ٢ - غرف التأين Ionization chambers .
- ٣ - عداد الحالة الغازية Gas phase counter .
- ٤ - عداد الغمر Immersion counter .
- ٥ - عداد السائل Liquid scintillation .
- ٦ - القياس الذاتى للاشعاع Auto radiography .
- ٧ - كشف الاشعاع على شرائح الكرماتوجرافى الورقى .

** النظائر المشعة والكشف عن المبيدات والكيماويات الأخرى :

* مقدمة :

الذرات التي لها نفس العدد الذري ولنفس العنصر ولكنها تختلف في الكتلة تعرف بالنظائر . النظائر المشعة أو الانوية المشعة التي تبعث بصفة مستمرة وتلقائية انواع معينة من الاشعاع تفيد كثيرا فى التحليل البيوكيميائى وفى تتبع مسار المواد الكيميائية بما فيها المبيدات داخل اجسام الكائنات الحية والتربة والنباتات وغيرها .

تتكون الانوية الذرية من البروتونات والنيوترونات ويحدد عدد البروتونات العدد الذرى ومن ثم يمكن من خلاله تعريف العنصر وهو يكون مساويا لعدد الالكترونات المدارية وهو الشئ الضرورى لتحقيق تعادل الذرة . الكتلة الذرية للنواة تنسب الى النيوترونات الاضافية .

$$\text{العدد الذرى} = \text{عدد البروتونات}$$

$$\text{الكتلة الذرية} = \text{مجموع عدد البروتونات والنيوترونات} .$$

جدول (١) : الخواص الطبيعية لبعض النظائر المشعة المستخدمة .

Element	Symbol	Half-life	Beta emission	Gamma emission
Calcium	⁴⁵ Ca	165 d	+	--
Carbon	¹⁴ C	5760 a	+	--
Chlorine	³⁶ Cl	3 10 ⁵ a	+	--
Cobalt	⁶⁰ Co	5.20 a	+	+
Hydrogen	³ H	12.2 a	+	-
Iodine	¹²⁵ I	60 d	Electron capture	+
Iodine	¹³¹ I	8.04 d	+	+
Iron	⁵⁹ Fe	45 d	+	+
Magnesium	²⁸ Mg	21.4 h	+	+
Nitrogen	¹³ N	600 s	Positron	+
Phosphorus	³² P	14.3 d	+	-
Potassium	⁴⁰ K	10 ⁹ a	Electron capture	+
Potassium	⁴² K	12.4 h	+	+
Sodium	²² Na	2.6 a	Positron	+
Sodium	²⁴ Na	15 h	+	+
Sulphur	³⁵ S	82.2 d	+	-

عادة يوضع على الرمز رقمان السفلى يمثل العدد الذرى والعلوى يمثل الكتلة الذرية ومثال ذلك $^{14}_6\text{C}$ وعمليا يحذف الرقم الدال على العدد الذرى (6) وبذلك يكون النظير المشع الخاص بذرة الكربون $^{14}_6\text{C}$ أو فى حالة الفوسفور $^{32}_{15}\text{P}$ وللتسهيل نقول كربون - ١٤ أو فوسفور - ٣٢ ... الخ . ولقد قصدت ان اكتب الرموز بالانجليزية حتى يتعود عليها القارئ والباحث .

يتوقف ثبات النواة الذرية على التوازن الحرج بين قوى الترابط والتجاذب بين البروتونات والنيوترونات فى حالة العناصر الخفيفة تكون النسبة بين النيوترونات والبروتونات (N : P) = ١ : ١ وهذا ضرورى حتى يتحقق الثبات للنواة ولكن زيادة الكتلة الذرية ترفع قيمة ثبات النواة ١,٥ : ١ . ففى حالة النواة التى بها اختلاف معنى فى نسبة N : P عن هذه القيم تميل الى الدخول فى تفاعلات نووية حتى نحافظ على النسبة ومن ثم يقال على العنصر انه نظير مشع Isotope . لذلك فان الحجم الاقصى الذى بعده تكون اى نواة غير ثابتة وان جميع العناصر ذات الاعداد الذرية الاعلى من ٨٢ تكون مشعة

** انواع النشاط الاشعاعى :

اذا كانت النواة شديدة الثقل ورقمها الذرى يتعدى ٨٢ فانها قد تتحول الى ذرة اكثر ثباتا من خلال اعادة الترتيب عن طريق انفراد كل البروتونات والنيوترونات . وهذا يتأثر بانبعثات جسيم الفا الذى يحتوى على ٢ بروتون و ٢ نيوترون ونواة الهيليوم $^4_2\text{He}^{2+}$. وجسيمات الفا كبيرة وتنبعث مع عدد محدود من مستويات الطاقة وهى ذات مدى قصير حتى فى الهواء ولا تسبب سوى اضرار ضئيلة جدا ولكنها ذات تأثيرات خطيرة داخل الخلايا الحية أو الانسجة .

* الأنوية التى بها زيادة من النيوترونات تنقل النيوترون الى البروتون وهذه العملية قد تحافظ على نسبة (N : P) ولكنها تحتاج لفقد الالكترون لتحويل النيوترون الى بروتون مشحون بشحنة موجبة (+) ومن ثم يزيد العدد الذرى بمقدار (١) . الجسيمات التى ستنبعث ذات الكترون عالى السرعة يعرف بالنيجatron (B) . ويقال عن الذرة انها تبعث اشعاع بيتا .

* الانوية التى تحتوى على زيادة من البروتونات تنقل البروتون للنيوترون مع انفراد جسيم بيتا المشحون (+) والذى يطلق عليه البوزيترون (B^+) مع اختزال العدد الذرى بمقدار (١) . وهو يتواجد لفترة قصيرة جدا ولكنه سرعان ما يتحد مع الكترون الذرة المجاورة .

* بالرغم من أن الانوية التى بها نسبة (N : P) فى المدى الثابت يظل من الممكن ان توجد فى حالة طاقة غير ثابتة وتبعث طاقة على صورة بروتونات للاشعاع المغناطيسى ذات أطوال موجية قصيرة جدا تعرف باشعة جاما وهى بدون كتلة أو شحنة ومن ثم لا تسبب تأثيرات أيونية مباشرة ولكن الطاقة المرتبطة بها تمتص بواسطة الذرة مسببة طرد الكترون يحدث تأثيرات ثانوية أيونية .

Decay : ** اضمحلال الاشعاع

عملية عشوائية حيث يكون المعدل الذى عنده تضمحل كمية من النظير تتناسب طردياً مع عدد الذرات الغير ثابتة الموجودة فى العينة . العلاقة بين النشاط الاشعاعى للمادة مع الوقت غير خطية لذلك لا يمكن حساب نصف فترة الحياة ومن ثم يجب تطبيق معادلات رياضية حتى تكون العلاقة على صورة خط مستقيم .. ومن ثم يمكن حساب معدل اضمحلال النشاط

$$\text{Loge} = \frac{N_t}{N_0} = Lt$$

* N_t النشاط عند الوقت

* N_0 النشاط فى البداية .

* L ثابت اضمحلال النشاط الاشعاعى .

* t الوقت .

فى العلاقة الخطية المستقيمة تطبق المعادلة وتُحسب معدل الاضمحلال

$$\text{Loge } N_t = \log N_0 - Lt$$

ومن التحويل من اللوغاريتم العادى تصبح

$$\text{Log } t_0 N_t = \text{Log } t_0 N_0 - 0.4343 Lt$$

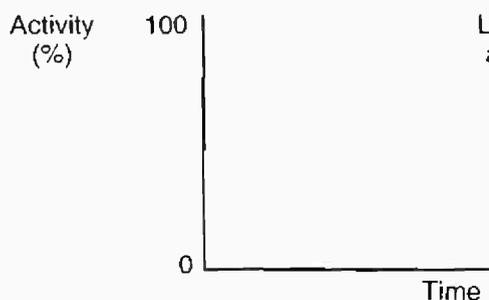
الانحدار للخط المستقيم = $- 0.4343 L$

إذا كانت N_t مساوية لنصف N_0 فإن t تصبح مساوية لنصف فترة الحياة ($t_{1/2}$) وبذلك

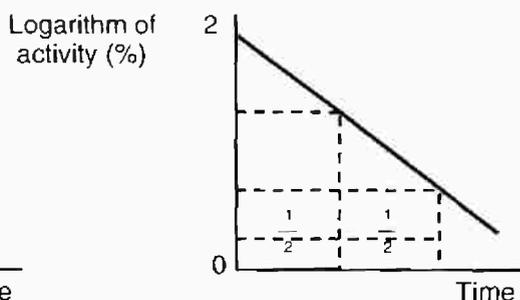
$$\text{Log } t_0 1 = \text{Log } t_0 2 - 0.4343 Lt$$

تصبح المعادلة :

$$t_{1/2} = \frac{0.3010}{0.4343 L}$$



(a)



(b)

شكل (١) : اضمحلال الإشعاع وهو يتناسب طردياً مع عدد الذرات الغير ثابتة الموجودة

* * وحدات النشاط الاشعاعى

الوحدة الاساسية للنشاط الاشعاعى هى الكورى Curie وهى تعتمد على نشاط واحد جرام من الراديوم النقى ٢٢٦٠ والذى بما يعادل تحطم $3,7 \times 10^{10}$ ذرة فى الثانية . ومن ثم يعرف الكورى على انه كمية النظير المشع الذى تعطى $3,7 \times 10^{10}$ ذرة تحطم فى الثانية أو هى قدرة الاشعاع المعادلة لواحد جرام راديوم وهناك المليكيورى = $1000/1$ من الكيورى .

$$\frac{1}{\text{مليون}} = \text{والميكروكيورى من الكيورى}$$

والوحدة الجديدة الدولية للنشاط الاشعاعى هى البيكريل bequerel والمعادلة التالىة توضح العلاقة بينها وبين الكيورى :

$$\text{واحد كيورى} = 3,7 \times 10^{10} \text{ بيكريل}$$

وتنسب البيكريل للجرام وتختصر (Bq/g) أو ملليكيورى لكل جرام mcig . العينة التى فيها جميع ذرات عنصر معين مشعة يقال عنها خالية من الحمل Carrier Free وهذه يصعب جدا التعامل معها من الناحية العملية .

* * وحدة التعرض الاشعاعى

الرونجن (r) Roentgen وهى تعبر عن وحدة كمية الاشعة مقدره طبيعيا على اساس الايونات السالبة والموجبة التى تتكون فى $0,001293$ جم من الهواء / وهذا الوزن من الهواء اذا حدث به تأين يكفى لحمل وحدة كهربائية استاتيكية كما ان الرونتجن يعادل طاقة ممتصة فى الهواء تعادل $83,8$ ارج/جم . اى ان الرونتجن يعتبر وحدة قياس التعرض الاشعاعى من اشعة اكس أو جاما التى تؤين جزيئات الهواء . والرونجن = $2,5$ ملليكولوم / كيلوجرام .

* توجد وحدة قديمة تسمى ريب rep وهى اختصار المكافئ الطبيعى للرونجن Roentgen equivalent physical وهى تعبر عن طاقة مقدارها 93 ارج/جم من النسيج اللين كما سبق القول .

* هناك ما يسمى وحدة الجرعة الممتصة Radiation absorbed dose ويطلق عليها الراد rad وهى تمثل وحدة كمية الاشعاع الممتصة وتساوى 100 ارج/جم وهى لا تعتمد على نوع الوسط الممتص ولكنها تعتمد على ما تتركه من طاقة ممتصة فى هذا الوسط . الجراى = 100 راد

$$\frac{1 \text{ جول}}{\text{كجم}} =$$

* هناك ما يعرف بوحدة الجرعة المكافئة equivalent dose أو الريم Reem وهى كمية الطاقة الاشعاعية التى تحدث تأثيرا بيولوجيا يعادل التأثير البيولوجى لواحد راد

$$\frac{\text{جول}}{\text{كيلو جرام}} = 100 \text{ ريم}$$

* هناك ما يعرف بالتأثير البيولوجى النسبى Relative biological effects وهو يعنى كمية الطاقة الاشعاعية التى تنتج تأثيرا بيولوجيا متساوى .

$$\text{الجرعة بالريم} = \text{الجرعة بالراد} \times \text{التأثير البيولوجى النسبى}$$

يختلف معامل التأثير البيولوجى النسبى حيث يساوى واحد لاشعة اكس وجاما . ويساوى ١٠ فى حالة النيوترونات السريعة والبروتونات اما النويات الثقيلة المرتدة كجسيمات الفا يساوى ٢٠ ويطلق عليه معامل النوع Q. F. للاشعاع ويستخدم لتقدير الجرعة الاشعاعية .

* * حساب الجرعة الاشعاعية :

اولا : العلاقة بين النشاط الاشعاعى ومعامل التعرض لأشعة جاما :

$$\text{معدل التعرض (وونتجن)} = \frac{1}{2} \text{ ميج م ط على بعد متر لكل كيبورى .}$$

حيث :

ميج : مجموع .

م : مقدار اضمحلال التحول الاشعاعى .

ط : طاقة الفوتون من اشعة جاما .

ثانيا : الجرعة المكافئة :

$$\text{الجرعة المكافئة} = \frac{\text{كمية الطاقة الممتصة بالخلايا او العضو البيولوجى}}{\text{وحدة الكتل بالجرام}} \text{ (ريم)}$$

ويقصد بها متوسط ما يمتص فى الجسم او اى عضو منه وتتوقف على نوع المصدر المشع حيث يدخل فيها معامل التصحيح (التأثير البيولوجى النسبى) .

ثالثا : الجرعة الممتصة :

$$\text{الجرعة الممتصة} = \frac{\text{مجموع الطاقات الممتصة}}{\text{وزن جسم الانسان كله بالكيلوجرام}} \text{ (راد)}$$

حساب الجرعة الإشعاعية التعرضية :

الجرعة الإشعاعية التعرضية من أى مصدر إشعاعى يمكن ان تحدد على بعد معين اذا عرفت بالنسبة لمكان اخر فى الهواء أو الفراغ طبقا لقانون التربيع العكسى حيث :

$$D_2 = D_1 \frac{d_1^2}{d_2^2} \quad (\text{رونجن})$$

حيث D_1 : هى الجرعة التعرضية على مسافة d_1 من المصدر المشع .

حيث D_2 : هى الجرعة التعرضية على مسافة d_2 من المصدر المشع .

بمعرفة جرعة التعرض على بعد ١ متر من المصدر يمكن تحديد المكان المناسب لتقليل الجرعة الإشعاعية للوقوف عندها اثناء العمل بالمواد المشعة ذات المستوى الإشعاعى المرتفع .

*** * بعض الاصطلاحات الاساسية فى مجال تقدير المبيدات المشعة :**

فى هذا المجال يجب الاشارة والاشادة بالزميل العزيز أ . د . عبد السلام قنصوة « استاذ كيمياء المبيدات ورئيس قسم وقاية النبات بكلية الزراعة جامعة عين شمس » حيث كان من الأوائل الذين عملوا على هذه المبيدات المشعة فى الولايات المتحدة الامريكية خلال دراسته لدرجة الدكتوراه والتي تناولت سلوك بعض المبيدات فى الحبوب المخزونة ، ومنذ ان عاد لارض الوطن بحمد الله اضطلع بمسؤولية تدريس هذا الجزء لطلاب مرحلة البكالوريوس شعبة المبيدات والحشرات وكذلك طلاب الدراسات العليا . وللأسف الشديد لم نستطيع حتى كتابة هذه السطور العمل فى هذا الاتجاه بالكلية اللهم الا دراسات عن اثر الاشعاع على سلوك بعض الحشرات بالتعاون مع زملاء فى وكالة الطاقة الذرية المصرية .

لقد آثرت قبل الكلام عن امان المواد المشعة والمبيدات المشعة ان اجعل القارئ على دراية ببعض الاصطلاحات الشائعة فى هذا المجال حتى لو حدث تكرار فهو لا يضر .

*** جسيمات الفا α :**

وهى جسيمات تنبعث من نظائر مشعة قليلة الثبات مثل الـ 147 Promethium ويتكون من اثنين بروتون واثنين نيوترون وهو يماثل نواة الهيليوم وله قوة اختراق منخفضة كما ذكر فى بداية الموضوع .

*** جسيمات بيتا B :**

للجسيم كتلة او شحنة مساوية لتلك الخاصة بالإلكترون وتنبعث الجسيمات (B) من نظائر مشعة كثيرة مثل ^{14}C وتتوقف قوة اختراقها على طاقتها التي تعتمد بالتالى على مصدرها وهى عادة منخفضة .

* الأنود Anode والكاثود Cathode :

الأنود هو القطب الكهربى الموجب الذى تنجذب اليه الأيونات ذات الشحنة السالبة اما الكاثود فهو القطب الكهربى السالب الذى تنجذب اليه الأيونات ذات الشحنة الموجبة .

* العداد والعد Counter & Count :

جهاز قياس الاشعاع مزود بعدد او مقياس به مؤشر يشير الى العدد الكلى لمذلولات ووقائع التأين خلال فترة محددة .

* العنصر الحامل Carrier :

كمية من العنصر مخلوطة مع النظائر المشعة لهذا العنصر وهى كمية يمكن قياسها وتسهل العمليات الكيميائية وهى على غرار المركب القياسى الداخلى Internal Standard التى تضاف لعينات المبيد عند العمل بجهاز الكروماتوجرافى الغازى .

* الخلفية Background :

تمثل العد المشاهد على وحدة القياس (العداد) بدون وجود عينة مشعة . تنشأ الخلفية عن اشعاع خارجى خلاف اشعاع العينة المشعة او قد تنتج من تلوث أنبوبة العداد وهى تماثل الخلفية التى يحدثها المذيب عند حقن العينة المذابة فى الكروماتوجرافى الغازى .

* تشتت الاشعاع Back Scattering :

يعنى انحراف الاشعاع بزوايا اكبر من ٩٠° بالنسبة لاتجاه حركة الاشعاع الاصلية . وتحديد هذا الحدوث يتطلب خبرة ومعرفة من القائم بعملية الكشف واستخدام النظائر المشعة .

* الاضمحلال Decay :

يعنى التناقص فى عدد الذرات المشعة فى العينة بمرور الوقت بسبب التحول التلقائى الذى يحدث لها وهى تختلف من ذرة لأخرى وقد سبق تعريفها بالتفصيل مع توضيح اهميتها .

* الكورى Curie وحدة الاشعاع :

تعنى كمية من الاشعاع يرمز لها بالحرف Ci تساوى ٣,٧ × ١٠^{١٠} ذرة تتحطم/ثانية أو ٢,٢٢ × ١٢١٠ ذرة تتحطم/دقيقة اى تساوى تقريبا نشاط جرام واحد من الراديوم .

الملييكورى = ١٠٠٠/١ من الكورى

الميكروكورى = ١٠٠٠/١ من الملييكورى

* التحطيم النووي Nuclear disintegration :

هو تحول نووي تلقائي يتميز بانبعاث طاقة من النواة وهو اساس وحدات الكورى ومرادفاتها .

* معدل التحطم او الاضمحلال :

يعنى معدل الاضمحلال الذى يحدث فى مادة مشعة ويعبر عنه بالكمية التى تتحطم فى وحدة الزمن .

* كفاءة جهاز العد أو العداد :

معيار. للتأكد من مقدرة العداد على الاستجابة وتسجيل قيمة الاشعاع عند دخوله الى الكشاف Detector . وهذا يؤكد ضرورة قيام الباحث بملاحظة اية تغيرات فى وحدة القياس الاشعاعى حتى يتجنب اية استنتاجات مضللة او خاطئة من جراء عدم كفاءة العداد بسبب اى عطل او عدم اتمام المعايرة الجيدة .

* معيار النهاية العظمى للطاقة (Emax) Maximum energy :

* عداد الغاز :

عبارة عن وحدة لقياس الاشعاع فى عينة مجهزة على صورة غازية وهو يوضع داخل انبوية العداد الاصلى .

* عداد انسياب الغاز :

وحدة لعد الاشعاع يتوفر داخل الأنبوية الخاص بها الجو الملائم من خلال امرار تيار بطى من غاز مناسب داخل الانبوب .

* نصف العمر البيولوجى :

تعنى الوقت الذى يستغرقه الكائن الحى المعامل بالاشعاع للتخلص من نصف الكمية التى ادخلت اليه ويتم ذلك من خلال العمليات الحيوية المختلفة فى عضو أو نسيج أو أكثر بشرط الا تكون الكمية التى تعرض لها ذات تأثير حاد قاتل .

* نصف عمر النشاط الاشعاعى :

هو الوقت اللازم مروره من وقت المعاملة بكمية معينة من الاشعاع وحتى اضمحلال نصف الكمية الاولية او الابتدائية وهى تتوقف على العديد من العوامل الداخلية والخارجية .

* النظير Isotope :

احد النويدات nuclides العديدة التى لها نفس العدد من البروتونات فى النواة وهى بذلك تنتمى لنفس العنصر ولكنها تختلف فى عدد النيوترونات وللتوضيح نقول ان النويده عبارة عن ذرة ذات تركيب خاص متميز فى النواة ومن ثم تكون نظائر نفس العنصر عبارة عن نويدات متميزة .

* شعاع جاما :

كما سبق القول فان شعاع جاما γ عبارة عن كم (كوانتم) من الاشعاع حيث ينبعث كل فوتون الذى يمثل الطاقة الضوئية نتيجة انتقال كمى بين مستويين للطاقة فى النواة . ولأشعة جاما طاقات تقع بين 10 Mev (مليون الكترون فولت) و 10 Kev مع ما يقابل ذلك من موجات ذات اطوال قصيرة جدا وذبذبات عالية وقدرة على الاختراق العميق نسبيا مثال ذلك (I131) .

* التحليل بتخفيف النظير المشع :

تضاف كمية معلومة من المادة المشعة المعروف نشاطها الاشعاعى النووى Specific activity الى مخلوط يحتوى على هذه المادة بصورة غير مشعة ثم تعزل عينة نقية من المادة ولتكن مبيد أو أى مادة كيميائية اخرى ويقاس النشاط النوعى مرة اخرى كما فى المثال التوضيحي التالى :

$$WA = WA^* \left(\frac{CA^*}{C \text{ mix}} - 1 \right) = 1 \text{ mg} \left(\frac{100}{200} - 1 \right) = 4 \text{ mg}$$

WA = وزن المادة فى المخلوط (مجهول)

WA* = وزن المادة النقية المشعة المضافة .

CA* = النشاط الإشعاعى النوعى لوزنة معلومة من المادة النقية المشعة .

C mix = النشاط الإشعاعى النوعى لوزنة معلومة من المادة النقية المشعة + المادة النقية غير المشعة .

* اصطلاح Mev :

عبارة عن وحدة من الطاقة تستخدم فى العادة مع اشعاع الفا وبيتا وكذلك اشعة اكس وبالنسبة لأى اشعاع منها يشير الـ Mev العالى الى قدرة اختراق عالية .

* الكشف عن النشاط الاشعاعى Monitoring :

يعنى استكشاف وجود النشاط الاشعاعى بصفة دورية منتظمة أو متواصلة وهو يشمل تقدير كمية اشعاع التآين او التلوث بمواد مشعة فى منطقة تواجد المصانع المعنية أو القائمين بالعمل فى المفاعلات الذرية وغيرها وهذه تقع ضمن الاجراءات الأمنية بهدف حماية صحة الانسان . وهى تجرى كعمل روتينى فى الدول الصناعية الكبرى .

* النشاط النوعى :

تمثل الكمية الكلية للنشاط الاشعاعى لأحد النظائر فى جرام من النظير المشع وعادة يعبر عنها (dps/mg) .

* الاشعاع Radiation :

يعنى انبعاث ونشر الطاقة فى الفضاء او فى اى وسط مادى فى صورة موجات كما يحدث فى حالة انبعاث ونشر الموجات الكهرومغناطيسية .

* النشاط الاشعاعى Radio activity :

يعنى ظاهرة التحول التلقائى لنويدية ذات عمر يمكن قياسه (أو تعبير عن شدة الاشعاع المنبعث من عينة تمر بتحول نووى تلقائى ...).

* كيمياء المواد المشعة Radio chemistry :

احد فروع علم الكيمياء ويختص بدراسة عناصر المواد المشعة والنظائر الخاصة بها وهى تفيد فى دراسات سلوك المبيدات فى الانظمة الحيوية المختلفة كالنباتات والحيوانات الخ .

* المنتج النشط اشعاعيا Parent radio active product :

نظير مشع ناتج عن تحلل decay نظير مشع اخر (الاصل) .

* جرعة التعرض رونتنجن (r) Roentgen :

تعبر عن جرعة التعرض لأشعة اكس أو جاما ويصنع الرونتجن الواحد ٨,٨٣ ارج من الطاقة فى جرام واحد من الهواء الجاف تحت ظروف قياسية .

توجد وحدة قديمة تسمى rep وهى باختصار للتعبير Roentgen equivalent

وهى تعنى وضع طاقة قدرها ٩٣ ارج فى جرام من نسيج لين . وهناك وحدة اخرى شائعة الاستخدام هى rad اختصارا Radiation absorbed dose وهى تعنى كمية الاشعاع التى تصنع ١٠٠ ارج لكل جرام من اى مادة (*).

* راديو أوتوجراف Radioautograph :

عند ملامسة المواد المشعة لفيلم او لوحة فوتوغرافية لفترة معينة تتكون بقع سوداء وهى تعرف بالمسجل الفوتوغرافى .

* راديو جراف Radiograph :

صورة ظلية A shadow picture ناتجة من مرور اشعة اكس او اشعة جاما خلال هدف معين وتسجل الاختلافات فى كثافة الاشعة المنبعثة على فيلم حساس او فوتوغرافى مناسب (يطلق على

العلم الذى يتناول دراسة الراديوجراف او الراديوجرام radiology والمضمون الشامل لهذا العلم يشمل دراسة النشاط الاشعاعى واشعة اكس والاشعة الكونية .

* جى Gy :

تعبر عن جرعة التعرض لأشعة جاما وهى تساوى ١٠٠ راد .

١ كجم راد = ١٠ جى (Gy)

* الاخماد فى انبوبة العد Quenching in counting tube :

عملية تثبيط التفريغ المستمر او المتعدد الشحنات الكهربائية فى انبوبة العد التى تستخدم التكبير الغازى . وهذا ينطبق على إمتصاص ومضات الضوء (الوميض الفوسفورى) اثناء عملية قياس وميض السائل المشع .

* الامتصاص الذاتى Self absorption :

يعنى امتصاص الاشعاع الصادر من ذرات مشعة بواسطة الوسط المحتوى على هذه الذرات .

* التأثير البيولوجى النسبى :

يعنى كمية الطاقة الاشعاعية التى تنتج تأثيرا بيولوجيا متساوى الجرعة بالريم = الجرعة بالراد \times التأثير البيولوجى النسبى . التأثير البيولوجى النسبى = واحد لأشعة اكس وجاما بينما يساوى ١٠ للبروتونات اما جسيمات الفا فىساوى ٢٠ .

* الجرعة الوسطية القاتلة (MLD) Median lethal dose :

هى جرعة الاشعاع اللازمة لقتل ٥٠ ٪ من افراد الحيوانات او الكائنات الحية التى تعرضت لها خلال فترة معينة .

* الفترة القاتلة الوسطية (MLT) Median lethal time :

هى الفترة اللازم مرورها حتى يموت ٥٠ ٪ من الكائنات الحية او الحيوانات التى تعرضت لجرعة محددة من الاشعاع .

ولقد اثرت ان اضع بين يدي القارئ الكريم اهم المصطلحات الخاصة بالاشعاع والنشاط الاشعاعي باللغة الانجليزية حتى يتجنب سوء الفهم أو سوء الترجمة .

TERMS USED FOR RADIATION AND RADIOACTIVITY

- Alpha (α) particle. A particle emitted from a few radioisotopes - eg., promethium147. It consists of two protons and two neutrons and is identical with the helium nucleus. It has extremely low penetrating power.
- Beta (β) particle. A particle emitted from numerous radioisotopes - e.g., C14. It is an electron. Its penetrating power depends on its energy (which in turn depends on its source) and is usually low.
- Curie (c). A quantity of radioactivity, measured by the number of disintegrations in a given time. One curie produces 2.22×10^{12} disintegrations per minute.
- Gamma (γ) ray. An electromagnetic radiation emitted from certain radioisotopes - e.g., I131, A relatively deeply penetrating emanation.
- Kilovolt (kvp). The crest value of the electrical potential wave in a cathode ray tube used to generate x-rays.
- Millicurie (mc). One thousandth of a curie.
- Million electron volts (Mev). A unit of energy commonly applied to α , β , γ and χ radiations. For any given radiation, high Mev implies high penetration.
- Rad. See "roentgen."
- Rep. See "roentgen."
- Roentgen (r). An exposure dose of χ or γ rays. One roentgen will deposit 83.8 ergs of energy in 1 g of dry air at standard conditions. An essentially equivalent unit, though now historical, is the rep. "roentgen equivalent physical", which is an energy deposition ϕ of 93 ergs in 1 g of soft tissue. Another unit, applied to all radiation is the rad. "radiation absorbed dose." The rad. by definition. is the amount of radiation which will deposit 100 ergs per gram in any material.

* * التشعيع واستخدام المواد المشعة Labeling and isotope methods :

يعبر عن نتائج الدراسات التي استخدمت فيها المواد المشعة بوحدات قياس العد في الدقيقة أو وحدات التحطم الاشعاعي في الدقيقة . disintegration per minute وقد سبق الإشارة الى كل منها وتوضع هذه الوحدات دون تفصيلات حتى يمكن للباحث أو المهتم بهذه الدراسات من تحويلها الى الوحدات المألوفة في المبيدات والآثار الجانبية لها مثال جزء في المليون ppm . في هذا المقام نود الإشارة الى ان هناك مستويات ثلاثة للنشاط الاشعاعي جرى العرف على تحديدها على اساس ان المواد ذات النشاط الاشعاعي اقل من وحتى ١٠ ملليكورى تمثل المستوى المنخفض low . ومن ١٠ - ١٠٠ ملليكورى تمثل المستوى المتوسط intermediate والعالي ينحصر بين ١٠٠ - ٥٠٠ ملليكورى .

* ليكون معلوما ان معظم دراسات سلوك المبيدات في المكونات البيئية المختلفة خاصة الحشرات والفئران والنباتات تستخدم كميات من المواد المشعة في حدود ١ - ١٠ ملليكورى كما ان النظائر المشعة التي تستخدم في بحوث المبيدات تكون من النوع الذي يصدر جسيمات بيتا مثل H3 و C14 و CL36 و P32 الخ . وهناك مواد مشعة تصدر اشعة بيتا ذات طاقة منخفضة مثل CL36 و S35 و C14 وهذه يمكن تداولها بأمان نسبي معقول باستخدام صندوق مزود بكفوف وادوات زجاجية عادية . اما في حالة استخدام مواد مشعة تصدر اشعة بيتا ذات طاقة عالية مثل P32 يجب استخدام ساتر بلاستيك يحيط بجهاز التجربة ذات سمك من ٠,٥ - ١ بوصة .

* في هذا المقام سأتناول كيفية تشعيع احد المبيدات الفوسفورية حتى يمكن دراسة سلوكه في الحشرات وغيرها من الكائنات الحية . لكل باحث طريقته التي يفضلها في تحضير وتخليق المبيد المشع بالرغم من ان الاساس واحد بسبب ان الفوسفور P32 ذو نصف فترة حياة قصيرة (١٤ يوم) ومن ثم يعتبر تخزينه مستحيلا لذلك كانت تكاليف تجهيز المبيد الفوسفوري المشع عالية جدا . وعلى الجانب الآخر يحتاج الباحث الى كميات صغيرة جدا للدراسة حتى لا تقتل الحشرة وتستمر الدراسة . ففي حالة مركب الدايمثوات - على سبيل المثال - الذي له جرعة متوسطة قاتلة ٠,٤ ملليجرام/كجم يحتاج الباحث الى ٢ ميكروجرام مبيد لكل ٥ جم ذباب واذا كان الهدف من الدراسة تتبع المبيد في الانسجة المختلفة يمكن استخدام كميات اقل بكثير .

* بدأ تجهيز المبيدات الفوسفورية المشعة بالفوسفور P32 باستخدام الفوسفور الاحمر كمادة بداية حيث كانت الانشطة النسبية منخفضة ولذلك كانت دراسة سلوك المركب داخل الحشرة بهذا التحضير مستحيلا في الحشرات . في عام ١٩٥٨ قام العالم الكبير Casida بوصف طريقة على درجة عالية من الكفاءة وفيها تم تسخين مركب P2S5 مع المركب الرخيص ذو النشاط العالي H3p32O4 فيحدث تبادل . وفي عام ١٩٥٨ كذلك قام الباحثان Uige and Tabeau

باجراء تفاعل تبادلى بين SCL_3 والمركبات المرتبطة به مع $H_3P^{32}O_4$. ولقد ادت هذه التفاعلات الى الحصول على مركبات ذات نشاط اشعاعى نسبى عالى وفى الغالب تعطى ٢٠,٠٠٠ وحدة/دقيقة لكل ميكروجرام باستخدام جهاز جيجر (عداد Geiger counter) ذات الكفاءة ١٥٪. ولقد مكنت هذه الطرق من تسهيل اجراء دراسات تتبع سلوك المبيدات داخل الحشرة .

حديثا اصبح استخدام المبيدات الفوسفورية المشعة بالنظير C^{14} مثار اهتمام الباحث ولكن بسبب دوام هذه التحضير حتى ٥٥٠٠ سنة اى مدة طويلة للغاية يكون من المستحيل الحصول على انشطة اشعاعية نسبية عالية . ان نشاط واحد مول من المادة الحاملة للكربون ١٤ أو الفوسفور ٣٢ تتناسب عكسيا مع نصف فترة الحياة لذلك يمكن القول أن P^{32} ذات نشاط اشعاعى نسبى يعادل ١٤٢,٠٠٠ مرة اعلى مما فى الكربون المشع C^{14} ولكن دوام كفاءة مستحضرات الكربون المشع تعتبر مناسبة كثيراً كما درست عمليات تمثيل مركب د د ف بى C^{14} عام ١٩٦٢ بواسطة العالمان Hodgson and Casida .

* لقد واكب نجاح تحضير المركبات الفوسفورية المشعة ادخال نظم قياس للاشعاع مناسبة وأمنة حيث يعتبر استخدام التريتيوم tritium الأمان والنشاط والتكلفة الاقتصادية . ولقد قدرت تكلفة التريتيوم فى H_2O_3 ١٤ سنت / ملليكورى فى مقابل ١,١ دولار امريكى مع $H_3P^{32}O_4$ أو ١٥ دولار امريكى لمركب $BaC^{14}O_3$ (وهذه تعتبر من اخص البادئات فى هذا السبيل) . يعتبر التريتيوم ذو امان عالى جدا بسبب الضعف الشديد لأشعة بيتا المنبعثة وسرعة دخوله فى الجسم ويمكن لكمية واحد ميكروجرام فى الباراثيون المشع تعطى $٣,٧ \times ١٠^6$ عدة/دقيقة فى العداد ذو الكفاءة ١٥٪ مع نصف فترة حياة ١٢,٥ سنة وهى فترة مناسبة الطول .

* فى عام ١٩٦٢ وصفت طريقة لتشعيع المركبات الفوسفورية بسهولة كبيرة وقلة فى التكاليف حيث استخدم H_2O_3 مع الـ P_2O_5 والـ BF_3 حيث يتم خلط هذه المكونات مع المركب المطلوب تشعيه لمدة ٦ ساعات على درجة حرارة الغرفة . يحدث تبادل لللايدروجين فى الكربون العطرى . وفى هذه الطريقة يقل معدل الانهيار عما يحدث فى طريقة Wilzbach حيث يستخدم التعريض لمادة حاملة خالية من التريتيوم والتي لا يمكن عملها فى المعامل العادية .

* لكى تكتمل الصورة امام القارئ نقول انه توجد طرق عديدة لتخليق المواد المشعة ومنها :

التخليق الكيميائى المباشر

التخليق بتبادل النظائر .

التخليق بطريقة معاودة الالتفاف

التخليق فى الحزم الجزيئية والايونية .

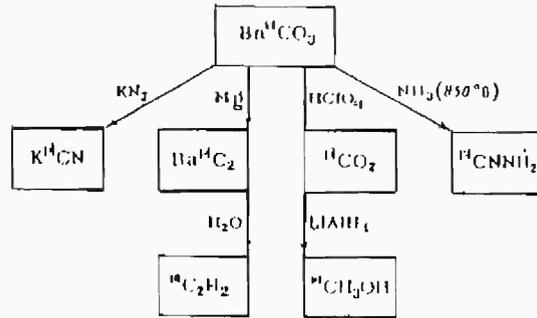
التخليق عن طريق تحطيم اشعة بيتا

التخليق الحيوى

* ومن اكثر الطرق شيوعا فى الصناعة التخليق الكيمى المباشر والتخليق الحيوى وتبادل النظائر . تخليق المواد المشعة له ملامحه الخاصة ولا تصلح اى مادة كبدائية ولكن المادة هى نفسها التى تنتج عند اتباع النظرير المطلوب ادخاله فى المركب . كميات المواد التى تستعمل فى التخليق صغيرة ومن ثم تكون كمية النظرير المشع الذى يدخل فى التفاعل محدودة كما ان التخفيف بمادة غير نشطة يلاقى اعتراضات بسبب نقص النشاط النوعى لنتاج التفاعل . عند التخليق يجب ان يؤخذ فى الحسبان امكانية حدوث تحلل وانتهيار للاشعاع فى المادة لدرجة قد تصل لاقل من محتواها الاصلى من الاشعاع . يجب ان تكون خطوات التحضير قصيرة بقدر الامكان كما يجب ان تجرى تحت ظروف تحقق الامان النسبى واذا امكن اجراء تجارب على البارد يكون افضل بدلا من تداول المواد المشعة .

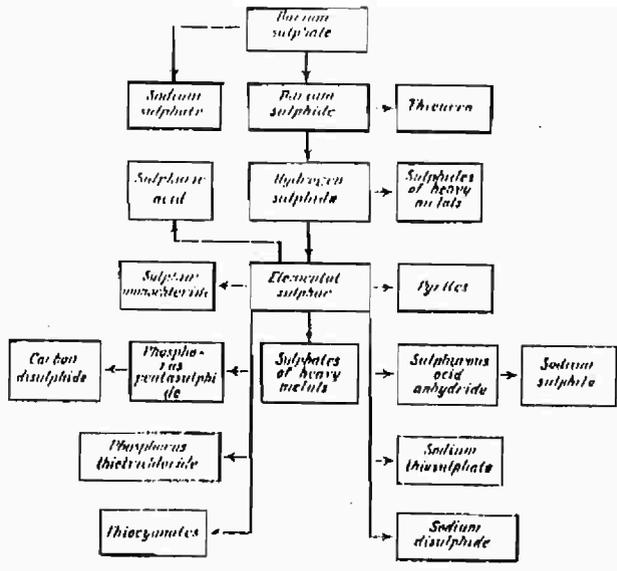
* ان تسمية المواد المشعة تعطى معلومات عن النظرير الذى ادخل فى الجزئ وموقعه فيه . حامض الفوسفوريك الذى شعع بالفوسفور المشع P^{32} يسمى phosphoric acid P^{32} ويكتب رمزه البنائى $H_3P^{32}O_4$ ويوضع عدد الكتلة للذرة المعلمه فى قمة الجانب الايسر للرمز . اذا كان الجزئ يحتوى على اكثر من ذرة متماثلة يعكس اسم المركب ورمزه البنائى مكان التشعيع ومثال ذلك حامض البرونوتيك $CH_3C^{14}H_2COOH$ وهكذا .

* المادة البادئة لتشعيع المركبات العضوية (المبيدات وغيرها) فى الموضع C^{14} هى كربونات الباريوم $Ba^{14}CO_3$ ومنها نحصل على خمسة مركبات اساسية تعتبر مفاتيح لتحضير المركبات العضوية كما فى الرسم التالى :



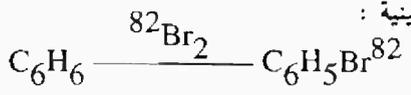
رسم تخطيطى لتخليق المركبات المعلمة بالكربون 14 .

* المادة البادئة لتشعيع المركبات العضوية فى الكبريت ٣٥ هى الكبريت العنصرى أو حمض الكبريتيك المحتوى على S^{32} حيث يتحول حمض الكبريتيك S^{32} الى كبريتات الباريوم S^{32} والتي تختزل الى كبريتيد الباريوم S^{32} ومنه نحصل على الثيوبوريا S^{32} كما فى الشكل التالى :

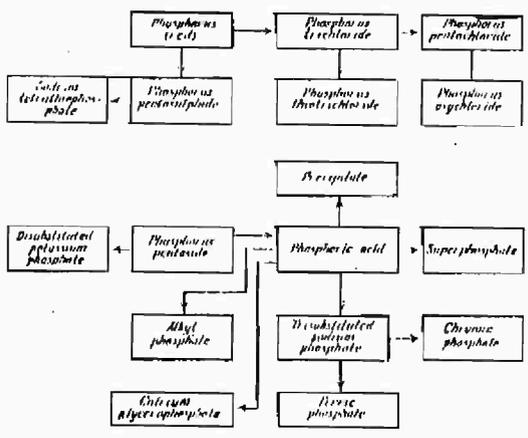


رسم تخطيطي للمركبات المتعلقة بالكبريت المشع كـ ^{35}S

* هناك المركبات العضوية التي تشعع في موضع الهالوجينات كلور ^{36}Cl ، بروج ^{82}Br ، يودا ^{131}I وهذه يمكن تحضيرها من خلال ادخال الهالوجينات Halogenation تحت ظروف معينة وبمساعدة الهالوجينات الجزيئية او الاحماض الهالوجينية :



* المادة البادئة لتحضير المركبات الفوسفورية المشعة بالفوسفور - ^{32}P هي الفوسفور الاحمر المشع في المفاعل الذري . وقد امكن الحصول على العديد من المركبات كما في الشكل التالي :



رسم تخطيطي لتخليق المركبات المعلمة بالفوسفور المشع فـ ^{32}P

* قد يتساءل البعض عن التخليق الحيوي biosynthesis للمركبات العضوية المشعة ونقل ان العديد من هذه المركبات المعقدة تنتج خلال التخليق الحيوي للمواد المشعة أصلا وهي تعتمد على تحول المواد المشعة الى مركبات طبيعية ومثال ذلك ما يحدث في النباتات المعرضة لهواء به ثاني اكسيد كربون مشع حيث تقوم بتخليق الاحماض الامينية والكربوهيدرات المشعة في ذرة الكربون ^{14}C . وتستخدم هذه الطرق حاليا في الحصول على الاحماض الامينية المشعة بواسطة طحلب الكوريلا او بنجر السكر . ينتج فيتامين B_{12} المشع بالكوبالت ^{58}C بمساعدة سلالة بكتريا حمض البروبيونيك في المحلول المغذى المحتوى على الكوبالت المشع . التخليق الحيوي يعطى تشعيع متجانس على جميع ذرات العنصر المطلوب تشعيه وهذا من العيوب الكبيرة ولكنه يتبع لانتاج مركبات ذات نشاط اشعاعي عالى . التخليق الحيوي للمركبات المحتوية على ذرات كربون غير متجانس يؤدي الى الحصول على الصورة L بينما التخليق الكيميائي المباشر يعطى مخلوط راسمى .

* هناك تخليق مركبات مشعة في التريتيوم Labeled وهو ينتج من تشعيع الليثيوم بالنيوترونات .

* يمكن الحصول على مركبات عضوية مشعة فى أكثر من موضع واحد على نفس الجزيء وهي تفيد فى دراسة سلوك المركب فى الاوساط البيئية المختلفة وهى تصلح فى حالة ما اذا كان محتوى النظير المشع فى المواد المشعة لا يقل عن ٥٠ - ١٠ ٪ .

* * شروط انشاء معمل كيمياء مواد مشعة :

* عند انشاء معمل كيمياء المواد المشعة يجب العمل منذ البداية على ضرورة تحقيق الامان لجميع العاملين فى المعمل وحمايتهم من الاشعاع وذلك من خلال التصميمات الهندسية المناسبة والدقيقة دون نسيان أى من العوامل المؤثرة وكذلك توفير وسائل الحماية من الاشعاع الذى قد يتسرب عرضيا وتوفير وسائل الانذار المبكر والا كانت العواقب وخيمة . ولا بد ان تختار نوعيات خاصة من العاملين يمتازوا بالجدية والاهتمام بالموضوعات والاخلاق الحميدة علاوة على المستوى العلمى المعين وعليهم ان يتلقوا دورات تدريبية بصفة منتظمة عن اخطار التعرض للاشعاع ، وكيفية وسبل الوقاية والحماية والعلاج .

* يجب ان يؤخذ فى الحسبان نوعان من الاشعاع عند انشاء معمل كيمياء المواد المشعة الأول الاشعاع الخارجى ولا سبيل لتقليل الضرر سوى تقليل فرص واحتمالات التعرض له حتى المستوى المسموح به وتفادى التعرض الزائد . والثانى يشمل الاشعاع الداخلى حيث يمكن السيطرة عليه من خلال ترسيخ مفاهيم وأسس التدريب الجيد على العمل وحسن النظام والالتزام بقواعد الأمان عند تداول المواد المشعة بطرق تمنع دخولها للجسم عن طريق البلع أو الاستنشاق أو اية وسائل أو منافذ أخرى . لكى يمكن توفير الوقاية من أخطار الاشعاع يجب اتباع

التعليمات التالية :

- ١ - تحديد وتوصيف نوعية وكمية المواد المشعة المستعملة .
- ٢ - تحديد وضبط المسافة بين القائم بالعمل ومصدر الاشعاع بحيث تتفادى وصول اية كميات قد تحدث ضررا .
- ٣ - تحديد مدة التعرض التي لا يحدث معها أية أخطار .
- ٤ - ضرورة الكشف المستمر عن مستويات الاشعاع فى المعمل وكذلك فى القائمين بالعمل من خلال الاختيارات القياسية المتعارف عليها بشرط ان يقوم بهذا العمل أناس متخصصون .
- ٥ - التعامل مع المواد المشعة فى حيز محدود أى فى صناديق محكمة الغلق مزودة بقفازات خاصة منعا لتعرض الجلد .
- ٦ - التعامل مع المواد المشعة بواسطة أدوات خاصة للتداول تجعل فرصة تناثرها او سقوطها فى مكان التداول ضئيلة للغاية بل مستحيلة ضمنا للأمان .
- ٧ - نشر الخلايا الحساسة للكشف عن المواد المشعة وتحذير العاملون فى المعمل عن احتمالات التسرب قبلها بوقت كاف .
- ٨ - ضرورة توفير وسائل الاسعافات الأولية السريعة والمناسبة ولا تترك العملية للصدفة او الاحتمالات .
- ٩ - توفير وسائل التخلص من المواد المشعة بأسلوب مدروس بحيث نضمن عدم تسرب هذه النفايات مرة اخرى من المعمل الى اماكن اخرى والدورات الارشادية ذات اهمية خاصة فى هذا المجال حيث ممنوع تماما القاء هذه النفايات فى البالوعات او الأحواض او المصارف الصحية أو الزراعية او فى الارض البور ... بل يجب معالجتها قبل خروجها من المعمل او جمعها فى أوانى خاصة عليها جميع التحذيرات وارسالها الى المعامل الخاصة بالمعالجة وتخليصها من المواد المشعة . اذا كانت المواد المشعة اقل من واحد ملليكورى يجب اتخاذ الاحتياطات صارمة فى هذا الشأن .
- ١٠ - يجب التقليل لحد كبير من احتمال بلع المواد المشعة من خلال العمل تحت ظروف مناسبة وخزانات غازات جيدة التهوية مع استخدام القفازات وأقنعة الوجه وتغطية الجسم بالملابس الواقية والأرجل لمنع تعرض اى جزء من اجزاء الجسم لهذه المواد المشعة او المشععة .

** تخزين المواد المشعة

بادئ ذي بدء نقرر انه اذا لم يكن هناك داع للتخزين ولا ضرورة لذلك لا تخزن ولكن هناك فترة من وصول المواد المشعة للمعمل وحتى العمل بها تدخل تحت مسمى التخزين ونفس الشيء بالنسبة للنفايات وفي هذه الحالة يجهز وعاء رخيص على شكل اسطوانة مغطاة بالرصااص لمنع تسرب الاشعاع لتخزين المركبات المعلمة بالفوسفور المشع P^{32} اما المواد المشعة المحتوية على الكلور ^{36}Cl أو الهيليوم 3H أو الكربون ^{14}C يمكن تخزينها في اوعية خاصة زجاجية داخل صناديق بلاستيك . بالنسبة للمحاليل ذات النشاط الاشعاعي الواطي يمكن تخزينها في انايبب طرد مركزي مدرجة ووضع الاناييبب في حامل من الصلب الذي لا يصدأ له قاعدة من الرصاص لتقليل فرصة واحتمال انقلاب الحامل اثناء اخذ كميات من المحاليل بالماصة . لا بد من تخزين اوعية الرصاص والحامل في الثلاجة أو في الصندوق المبطن بالرصاص مع مراعاة ثبات المركبات المشعة .

* عند تصدير عينة من المادة المشعة تتخذ احتياطات عالية الصرامة والدقة منعا لحدوث اى تسرب حيث توضع في عبوة زجاجية محكمة الغلق وتوضع هذه العبوة في صفيحة مملؤة بمادة السورسيل الماصة لأية مواد تتسرب بسبب قدرتها الادمصاصية العالية أو مادة الفيرميكيوليت وكلاهما يحمى العينة من الانقلاب وذات مقدرة على ادمصاص المواد المشعة في حالة عسر العبوة الزجاجية . ولسنا في مجال القول ان العينة المشحونة تكون مصحوبة بشهادات بها جميع التفاصيل عن المادة المشعة والمصدر واجراءات الأمان .

** طرق اختيار المركبات المشعة :

من مميزات استخدام المركبات المشعة في دراسات السلوك البيئي أن المادة المشعة لا تتأثر بالمادة الموجودة فيها من حيث اللون أو الحالة والصفات الطبيعية وكذلك المكونات الكيميائية والتي قد تتداخل مع طرق التقدير الاخرى كاللونية والكروماتوجرافية الغازية مما يستلزم اجراء عمليات التنظيف للعينات المحتوية عليها ومن ثم يقل معدل استرجاع المركبات من المادة المحتوية عليه وهذا غير وارد عند العمل بتكنيك الإشعاع بالاضافة الى الحساسية العالية جدا لهذه الطريقة والتي تصل الى اجزاء من البليون او اقل كثيرا .

* تقدم النظائر المشعة في صورة مركبات كيميائية غير عضوية حيث تستخدم في تجهيز المركبات العضوية المشعة والنظائر المشعة يجب الحصول عليها من مصدر موثوق ومعترف به دوليا ولكي يطمئن القارئ نقول ان مصادر هذه المواد الخطرة محدودة للغاية وان كان الوضع الحالي غير معروف بعد تفكك الاتحاد السوفيتي والدول الاشتراكية وحدثت حالات تسرب لا يعلم مداها الا الله سبحانه وتعالى لهذه المواد المشعة ووصولها الى دول لا تعي خطورتها . ومع هذا يظل المعمل القومي الامريكى ووكالة الطاقة الذرية من الهيئات المتخصصة الموثوق فيها .

* هناك العديد من العوامل التي يجب ان تؤخذ في الاعتبار عند اختيار النظير المشع وتحديد موضعه في الجزئ تحت الدراسة .. ومثال ذلك :

- ١ - التركيب الكيميائي للمركب .
- ٢ - سهولة الحصول على النظير المشع .
- ٣ - تكلفة النظير المشع .
- ٤ - نصف عمر النظير المشع .
- ٥ - سهولة قياس الاشعاع .
- ٦ - النشاط النوعي اللازم لاجراء التجربة .

لكي يتم اختيار النظير المشع المناسب يجب معرفة خواص اهم النظائر الشائعة الاستعمال والتي على اساسها نختار ما يناسب الدراسة المطلوب اجراؤها :

نصف فترة الحياة	نوع الاشعة	النظير المشع
٣٥,٩ يوم	أشعة بيتا وجاما	Bromine - 82
٥,٥٧ × ٣١٠ سنة	اشعة بيتا هادئة	Carbon - 14
٣,٠٨ × ٥١٠ سنة	اشعة بيتا هادئة	Chlorine - 36
١٢,٤٦ سنة	اشعة بيتا	Hydrogen - 3
٨,٠٤ يوم	اشعة جاما	Iodine - 131
١٤,٣ يوم	أشعة بيتا شديدة	Phosphorus - 32
٨٧,١ يوم	أشعة بيتا هادئة	Sulfur - 35

* يعتبر الكربون المشع ك^{١٤} النظير الأكثر شيوعا واستعمالا في مجال دراسة سلوك المبيدات وتتبع آثاره فيما يعرف باقتفاء الأثر tracer experiment بسبب كونه اساس جميع المواد العضوية كما انه يحقق جميع الشروط السابق الإشارة إليها من سهولة الحصول عليه وتجهيزه ونصف فترة حياته المناسبة وسهولة الكشف عنه وتخزينه ... الخ . وهناك كثير من المعامل تفضل استخدام التريتيوم ³H بسبب رخص التكلفة وسهولة ادخاله في المركبات المراد تعليمها ودراسة سلوكها وكذلك الامان النسبي للتداول والتقدم الهائل الذي حدث في اجهزة العد والكشف عن المواد المشعة .

* عند ادخال نظير مشع في المبيد وهو ما يعرف بالتعليم او Labeling لا بد من الامان بمدى صلاحية موضع الذرة المشعة في الجزئ بما يتمشى مع هدف الدراسة . ونود التأكيد على حقيقة هامة تتمثل في ان وجود الاشعاع في النسيج او الوسط لا يعنى وجود المركب الكامل

ولكنه يعنى وجود الجزء المشع وهذا هام فى دراسة التمثيل او التحول للمركب وتحديد الجزء الفعال فى الجزئ والمسئول عن احداث الفعل السام Action على المسكان او المستقبل المعين Receptor أو Site of action . لذلك كان لابد من اجراء اختبارات تأكيدية لتحديد المركب الموجود وهل هو ناتج تأكسدى او تحلل مائى او غيره من التحولات الكيميائية الحيوية او اللاحيوية ومن هذه الاختبارات التأكيدية استخدام كروماتوجرافى الالواح الرقيقة

* من هذا المفهوم يجب إختبار الموضوع أو الذرة المراد تعليمها بالاشعاع بحيث لا تهاجم بسهولة أو تفقد بسبب التحولات الحيوية أو البيوكيميائية فى الوسط . ولا بجانبنا الصواب اذا قلنا انه يمكن تشيعيع معظم المجموعات الدالة فى الجزئ . ولقد اتفق على وضع الكربون المشع فى السلسلة الكربونية الاساسية او فى الحلقة العطرية من الجزئ بالرغم من صعوبة التحضير .

* بالرغم من التطور الكبير فى اجهزة القياس والعد والكشف عن الاشعاع فان كميات المبيد يجب الاتقل عن ١, ٠ جزء فى المليون ومعظم الاجهزة تستطيع قياس اشعة قدره واحد ملليكورى/مليمول/اقل من ذلك يتحدد بحجم العينة وللتغلب على مشكلة التكلفة العالية للمركبات المشعة يفضل تحضير مواد مشعة رخيصة مثل الكربون المشع فى حامض البنزويك او فى خلات الصوديوم .

امان المبيدات المشعة

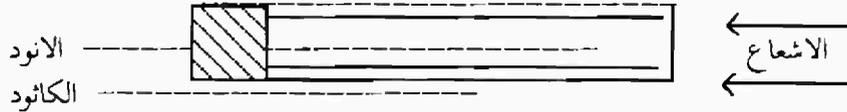
بعد هذا الاستعراض أصبح القارئ مهيبا للحديث عن الأمان النسبى الموجود فى المبيدات المشعة وهنا نقول أنه يجب العناية الفائقة عن تداول المواد المشعة ليس فقط تلك التى لها قدرة ابعث اشعاعى قوية بل والضعيفة كذلك خاصة اذا كانت ذات نصف فترة حياة طويلة مثل الترينيوم والكربون - ١٤ التى يمكن أن تدخل فى الجسم وبعد فترة طويلة قد تسبب أضرارا خطيرة . وهناك العديد من القواعد والتعليمات الى تتناول وتهتم بتداول والتخلص من النظائر المشعة وجميعها يجب فهمها جيدا والعمل بها . جميع الارفف فى المعامل يجب ان تغطى بمادة عازلة للماء حتى لا يحدث امتصاص للمواد المشعة فى الأخشاب المصنوعة منها كما يجب تغيير هذه الرفوف بصورة منتظمة . على كل من يتداول هذه المواد المشعة ان يرتدى الملابس الواقية والقفازات التى تستعمل مرة واحدة . يجب نقع جميع الاواني والادوات الزجاجية الملوثة فى أوعى خاصة قبل الغسيل وينصح فى العادة باستخدام اوعية يتخلص منها بما فيها من اثار بعد الغسيل

الكشف والقياس للنشاط الاشعاعى

يمكن الكشف عن الاشعاع بطرق مختلفة جميعها تعتمد على التأثيرات المباشرة أو غير المباشرة للتأين . والثلاثة طرق الاكثر شيوعا تتمثل فى تأين الغازات ionization واثارة السائل او المواد الصلبة Excitation وتحفيز التغير الكيميائى induction . يمكن قياس الاشعاع من خلال عد الإنبعاثات الفردية فى وحدة الزمن (القياسات المتباينة differential) أو التأثير المتراكم الكلى Cumulative لانبعثات فى زمن معين (integral) . بالنسبة للقياس الكمى للاشعاع يشيع الاعتماد على الطريقة الأولى بينما الثانية تستخدم فى قياسات dosimetry والراديوغرافى الذاتى Auto-radiography . بصرف النظر عن طريقة القياس والتسجيل للاشعاع يجب توفر اساس للعد او المقارنة أو خط الاساس blank وهى واجبة الاجراء ولا بد من تصحيح قيم الانبعثات على اساس هذه القيمة التى لا تمت للعينة المراد قياس الإشعاع فيها بصلة .. وفيما يلى وصف مختصر لأهم الاجهزة :

١٥ - عداد جايجر موللر Geiger - Muller Counter :

يمكن تقدير التأثير الايونى للاشعاع على الغاز اذا استخدم فرق الجهد عبر الكترودين موجودين فى الغاز . وهذا سيؤدى الى انجذاب الايونات المفصولة من التأين الى الأنود ومن ثم ينساب التيار بين الالكترودين من اكثر الكاشفات شيوعا ، فى هذا النوع من الاشعاع أنبوبة أو عداد جايجر - موللر والذى يتكون من غرفة اسطوانية معدنية (نحاس) هى الكاثود مع غطاء من الزجاج به سلك من التنجستين يمثل الأنود يمر على المحور المركزى للكاثود ويثبت فى نهاية الغرفة الاسطوانية بسدادة معزولة وتغطى النهاية الاخرى بغطاء من الميكا الرقيقة (الشكل - ١) .



شكل (١) : انبوب جايجر - موللر .. تملأ الانبوبة بمخلوط من غاز متأين مثل النيون او الارجون والفلوت المستخدم عبر الالكترودات . تأين الغاز بواسطة الاشعاع يحدث تيارا ينساب بين الالكترودات .

عادة يملأ الانبوب بالغاز وهو غالبا مخلوط من النيون والارجون تحت ضغط منخفض نسبيا . اذا كان الغاز احادى او ثنائى الذرة يطلق على العداد غير ذاتى الاخمداد Nonself guenching اما اذا كان الغاز مكون على الاقل من ٤ ذرات يطلق على العداد ذاتى الاخمداد Self guenching . اذا ملئت الاسطوانة بغاز غير ذاتى الاخمداد مثل الهيليوم او الارجون فان النبض يكون ممتدا Prolonged أى يكون تفريغ الشحنات متصلا وتحت هذه الظروف لا يمكن عد العينة المشعة بطريقة مرضية ، اما اذا أضفنا الى الاسطوانة غاز ذاتى الاخمداد مثل

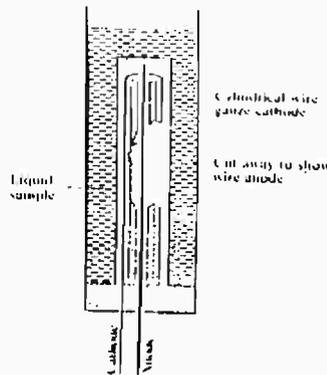
الايذويوتان فإنه يتأين ويكون طبقة رقيقة تغطي الكاثود وتوقف استمرارية تفريغ الشحنة (يضاف بنسبة ٣, ١, ٧ مع الهيليوم) وكتيجة لفعل الاخمداد qutnching يمكن تسجيل كل حالة تأين كنبض فولت منفرد . يتوقف حجم نبض الفولت على فولت التشغيل في اسطوانة العداد .

* يحدد فولت التشغيل المناسب بواسطة الشركة المنتجة للجهاز ومع هذا يجب التأكد منه وقياسه . في البداية لا تسجل نبضات مع زيادة الفولت عن الصفر ولكن عندما يحدث فرق جهد مناسب potential يبدأ ارتفاع العد مع زيادة الفولت وتسمى هذه المنطقة بمنطقة التناسب proportional ويطلق على العداد الذى يعمل على هذه الظروف بالعداد التناسبي وعندما يزيد الفولت عن هذا الحد تظهر منطقة جديدة حيث يبقى معدل العد ثابتا نسبيا ومستقلا عن فولت التشغيل وهذه يطلق عليها منطقة عمل عداد جايجر - مولر . بعد منطقة جايجر - مولر يبدأ تفريغ الشحنات بصورة متصلة discharge في اسطوانة العداد . ولا يحدث تغير فى العد الا بنسبة مئوية ضئيلة جدا مع زيادة الفولت لعدة مئات من المرات .

* قد تتأثر انبوبة أو اسطوانة العداد مع كثرة الاستعمال لذلك يجب اختبار البلاطو مع كثرة الاستعمال وعلى فترات منتظمة وينصح بعدم رفع فولت التشغيل الى منطقة التفريغ المتصل للشحنات حتى ولو فترة قصيرة حيث يقلل ذلك من عمر صلاحية العداد بدرجة كبيرة وقد يؤدي ذلك الى فقد العداد لقيمه وكفاءته .

* كما سبق القول أنه من احد مشاكل عداد جايجر - مولر أنه بمجرد الاطفاء تسبب الاشعة فوق البنفسجية المنبعثة تأين زائد للغازات (الاثارة الذاتية) ولذلك وجب اخمادها من خلال اضافة هالوجين مثل البرومين فى مخلوط الغاز خلال التصنيع . يقوم البرومين بامتصاص الطاقة الزائدة ومن ثم تنفصل الى ذراتها وهذه ترتبط مرة اخرى عند عدم تشغيل الجهاز وتشغل النظام مرة اخرى وهكذا .

* هناك عداد أو كشاف السوائل liquid detector (شكل - ٢) شائع فى عداد جايجر مولر ويصمم على اساس ان يغمس فى السائل او يحتوى على سائل كما فى الشكل التالى :



شكل (٢) : انبوب جايجر - مولر لقياس نشاط العينات السائلة .

* ٢ - غرف التأين :

جهاز متخصص محدود الاستعمال فى بحوث دراسات سلوك المبيدات فى الحيوانات او غيرها من الاوساط الحيوية بسبب الصعوبات فى القياس والعدد المحدود من العينات الى يمكن قياسها فى نفس اليوم . فى التجارب البيولوجية تستخدم غرفة التأين اساسا لتقدير ثانى اكسيد الكربون المشع الناتج من تنفس الحيوانات التى غذيت على مركبات مشعة أو نتيجة احتراق انسجة محتوية على مركبات بها كربون مشع (ك١٤) .

تتكون من غلاف اسطوانى موصل يتوسطه قطب كهربي (الكترود) معزول . وعندما يتعرض غاز الغرفة الى اشعاع يسبب تأين وينتج عن ذلك أزواج من الايونات حيث تتحرك الايونات السالبة منها للقطب الموجب (الانود) والموجبة ناحية القطب السالب (الكاثود) وبذلك ينشأ عن حركة الجسيمات المشحونة تيارا يمكن قياسه مباشرة او بعد تكبيره . قد يحدث تفريغ تلقائى للشحنات الخاصة بالايونات المتكونة فى غرفة الغاز نتيجة الاتحاد الايونات ولو أنه من الناحية العملية لا يحدث الاتحاد بدرجة مؤثرة اذا توفر فرق جهد مقداره ١٠ فولت / سم على الاقل . ويقدر التيار فى غرفة الغاز عندئذ بعدد الايونات المتكونة فى الحجم الحساس من الغاز خلال وحدة الوقت .

* ٣ - عداد الحالة الغازية

استخدمت طريقة العد فى الحالة الغازية على نطاق واسع فى الدراسات البيولوجية باستعمال التريتيوم بسبب الحساسية العالية للطريقة ومهولة حرق المادة العضوية وتحويلها الى ثانى اكسيد الكربون وماء (وسهولة توليد غاز عد من الماء) والطريقة الاخرى الوحيدة المناسبة لعد المركبات المحتوية على التريتيوم هى تلك التى يستخدم فيها وميض السائل scintillation أو غرفة التأين .

* فى هذه الطريقة يتم ادخال المادة المشعة الى العداد كجزء متكامل مع غاز العد وهنا يكون الفقد فى الاشعاع بسبب الادمصاص مستبعدا حيث تقترب كفاءة العد من ١٠٠ ٪ . يمكن استعمال هذا العداد بكفاءة فى حالة الكربون المشع ك١٤ أو التريتيوم H^3 . يتكون العداد من انبوبة بيركس محتوية على كاثود اسطوانى وأنود من سلك رفيع والانبوبة مزودة بمجس خاص يمر من خلاله الغاز المحتوى على المادة المشعة . بسبب وجود الشوائب ورداءة ك ٢ كغاز للعد يخلط بغازات اخرى مناسبة معه مثل الميثان او ثانى كبريتيد الكربون او بتحويله الى اسيتيلين يد ك = ك يد . يمكن عد التريتيوم اما على الصورة الغازية أو بعد تحويله الى تريتيوهيد وكربون مثل الميثان او البيوتان العادى .

* هذه الطريقة والعداد قريب جدا من عداد جايجر - مولر .

* ٤ - عداد الغمر

يعتبر هذا العداد مناسباً لقياس والكشف عن المواد المشعة المنتجة لجسيمات بيتا ذات الطاقة العالية مثل الفوسفور ٣٢ والصدويوم ٢٤ والبيوتاسيوم ٤٢ لأن سمك زجاج العداد مناسباً (لا يقل

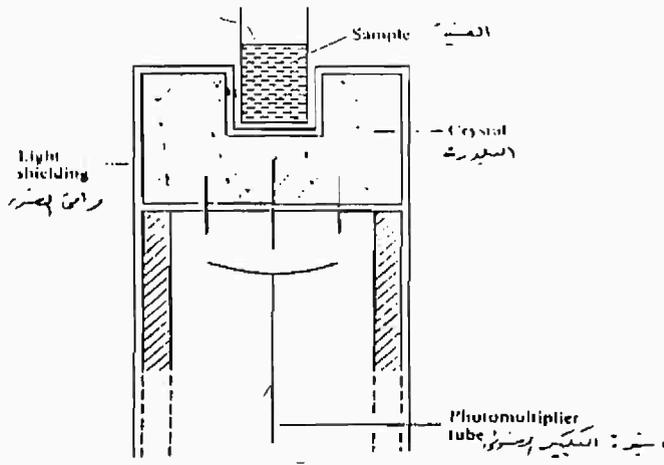
عن ٢٠ مللجم /سم^٢ مما يجعل استعماله مناسباً وقاصراً على هذه الأشعة عالية الطاقة) من أهم مميزات هذا العداد أنه يمكنه الكشف عن الأشعاع مباشرة في العينات البيولوجية المهروسة لذلك تتفادى خطوات إعداد العينة وهي مفتتة ويمكن من حفظ العينات دون تغيير فيها ومن ثم يمكن إجراء مزيد من الدراسات عليها .

* هناك نوعان من عداد الغمر ... الأول يسمى بالعداد الغامر Dip Counter وهو عبارة عن عداد جايجر - موللر ولكن له أنبوبة رقيقة الجدران والعداد يغمر مباشرة في العينة السائلة من خلال الأنبوب بشرط ألا يقل سمك الطبقة المحيطة بأنبوب العداد عن ٢ - ٣ ملليمتر .
والنوع الثاني يسمى عداد الانسياب المستمر للسائل liquid flow وهو يتكون من أنبوبة جايجر - موللر مركبة بصفة دائمة داخل أنبوبة زجاجية مغلقة لها يوجد بها فتحتان الأولى لاستقبال السائل والآخرى لخروجه . قد يملأ السائل المراد قياسه في الأنبوبة من خلال ماصة أو يمكن قياسه بطريقة متصلة إذا كان السائل متدفقا من العمود ويمر في الأنبوبة مباشرة لقياسه .

* ٥ - عداد وميض السائل :

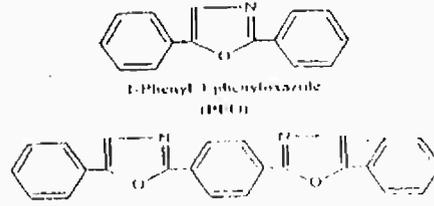
بعض المواد المعروفة بالفلوروز Flours أو منتجات الوميض Scintillants تستجيب للتأثيرات الأيونية لجسيمات ألفا أو بيتا من خلال انبعاث ومضات ضوئية (وميض Scintillations) بينما لا تستجيب هذه المواد مباشرة لأشعة جاما ولكنها تستجيب للتأثيرات الأيونية الثانوية التي تنتجها أشعة جاما ومن ثم تقدم نظام للكشف لجميع الوميضات . هناك مدى واسع من المواد المنتجة للوميض بعضها صمم لأحداث كفاءة قصوى مع نظائر مشعة خاصة . بللورات ايوديد الصوديوم تحتوي على كميات صغيرة من thullous iodide ذات كفاءة عالية للكشف عن أشعة جاما والأجهزة التي تعمل على هذا الأساس تسمى كاشفات أو عدادات جاما Counter - γ . توضع البلورة على قمة مكبر ضوئي Photomultiplier الذي يمكنه الكشف عن الوميضات الضوئية وكلاهما يغطى بمادة مانعة للضوء والتي تكون رقيقة بدرجة كافية للسماح لأشعة جاما بالمرور في البلورة كما في الشكل التالي . عندما توضع العينة على البلورة فإن نبضات التيار الناتجة بواسطة المكبر الضوئي يمكن عدّها كهربياً .

أشعة بيتا الضعيفة أو جسيمات ألفا غالباً لا تستطيع النفاذ من المادة المغلفة للبلورة ولكن استعمال مواد منتجة للوميض مع العينة المراد الكشف عن محتواها الإشعاعي مذابة في مذيب عضوي مناسب يمكن من استخدام هذه الطريقة .



شكل (٣) : عداد جاما . الومضات المنبعثة من البلورة والمتسبب عن اشعة جاما يقاس بواسطة المكبر الضوئى .

* يعتمد عد وميض السائل المحتوى على مواد منتجة لجسيمات بيتا واطية الطاقة على قدرة بعض المواد العضوية مثل PPO أو POPOP على بعث فوتونات عند اثارها بالاشعاع . تقوم لمبة المكبر الضوئى بكشف الفوتونات (الضوء) الناتجة واستخدام التأثير الكهربى الناتج من الضوء لاعطاء نبض او اشارة كهربية يمكن تكبيرها وتسجيلها . فى هذه الطريقة تذاب العينة فى سائل عضوى معين او نظام عضوى بحيث يكون المحلول الناتج شفافا . وتحت هذه الظروف فان الفوتونات الناتجة من اثاره جسيمات بيتا للسائل العضوى لا تمتص فى الوسط ومن ثم يمكن الحصول على



شكل (٤) : المواد المنتجة للوميض Scintillants

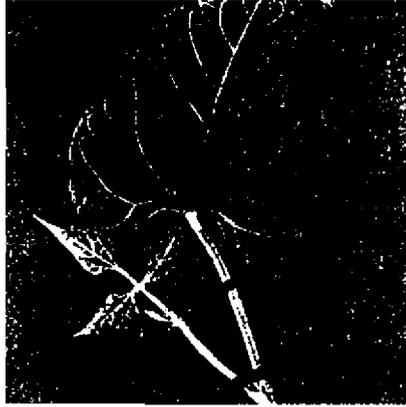
اقصى تأثير كهربى ناتج عن ضوء الفوتونات . يمكن خفض كمية الخلفية المرتفعة والناشئة عن الضجيج الناتج عن مكبر الضوء بوضع لمبات مكبر الضوء فى غرفة منخفضة الحرارة فتقل الومضات الحرارية الايونية Thermoionic واستعمال زوج من لمبات مكبر الضوء فى توافق .

* من اهم المشاكل اذابة العينة فى محلول السائل العضوى حيث ان معظم محاليل الوميض تحتوى على تركيزات كبيرة من المذيبات الغير قطبية مما يحد من كمية المحلول المائى الذى يمكن ضخه اليها . ويمكن القول أن معظم النظم من السوائل العضوية حساسة بصفة عامة للاحماض والقواعد وبعض المحاليل الملونة خاصة اللون الاحمر والاصفر كما ان معظم العينات البيولوجية ذات محتوى عالى من الماء وفى حالات كثيرة تحتوى على كاروتينات وصبغات الدم مما يسبب تداخلا فى عملية العد . واذا تم حرق العينة وتحويلها الى ثانى اكسيد الكربون والماء تقابلنا مشكلة مسك ثانى اكسيد الكربون المشع فى الوسط السائل الذى يمكن عده .

* تذاب معظم العينات المنتجة للوميض فى المذيبات العضوية المناسبة مثل التولوين والزيلين (فى حالة العينات العضوية) بينما يستخدم الديوكسين فى حالة العينات المائية . يقاس عدد الايونات او الومضات الكترونيا ويعبر عنها بعدد الومضات فى الدقيقة . وهناك أجهزة تسمح بقياس احد النظائر المشعة فى وجود نظير اخر تحت ظروف معينة .

* ٦ - القياس الذاتى للاشعاع Autoradiography :

الاشعاع المتأين له نفس التأثير الذى يحدثه الضوء على الفيليم الحساس وترتبط درجة اسوداد الفيليم مع شدة الاشعاع . يفيد القياس الذاتى للاشعاع فى تحديد موضع النظائر المشعة فى الانسجة أو الكروماتوجرام كما فى الصورة التالية وهى طريقة غاية فى البساطة لا تتطلب اجهزة معقدة لا تختلف عما هى الحال فى امكانيات التصوير الضوئى العادى . توضع العينة على فيلم فوتوغرافى يحمى من الضوء ويبقى فى تلامس طويل لمدة كافية للتعرض المناسب . تتوقف فترة التعرض على شدة الاشعاع وتقدر من خلال التجربة والخطأ ويجب ان يؤخذ فى الاعتبار ان التكنيك يتطلب انبعاث جسيمات بينا 10^{-7} لكل سنتيمتر مربع .



شكل (٥) : القياس الذاتى للإشعاع فى ورقة بإستخدام الكالسيوم ٤٥

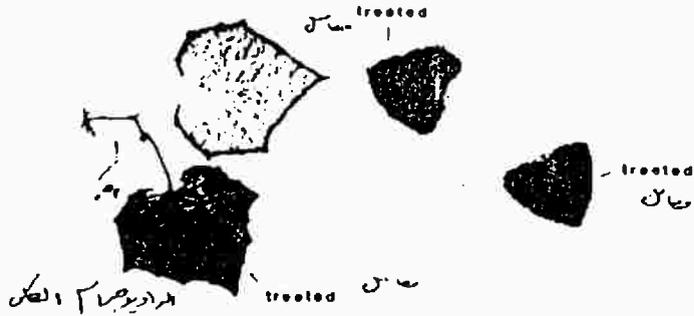
* ٧ - كشف الاشعاع على شرائح الكروماتوجرافى الورقى :

تمرر الشريحة الورقية تحت كاشفات للاشعاع او بين كاشفين للاشعاع وتسجل البيانات فى صورة منحنيات تتفاوت فى مساحتها حسب كمية المادة المشعة على الكروماتوجرام وهناك اجهزة تستطيع تسجيل المساحات المحتوية بقعا مشعة على الكروماتوجرام ذو الاتجاهين وتصيح قيمة العد بالارقام على ورقة لها نفس حجم ورقة الكروماتوجرام بينما لا يظهر عد الخلفية على الورقة وتكون ارقام البقع عالية الاشعاع باللون الاحمر بينما تظهر ارقام البقع متوسطة الاشعاع باللون الاسود .

* والرسم التالى يوضح تواجد المبيدات المشعة فى اوراق نبات الخيار والفاصوليا بعد ١٢ ، ١٤ يوم من المعاملة على التوالى :

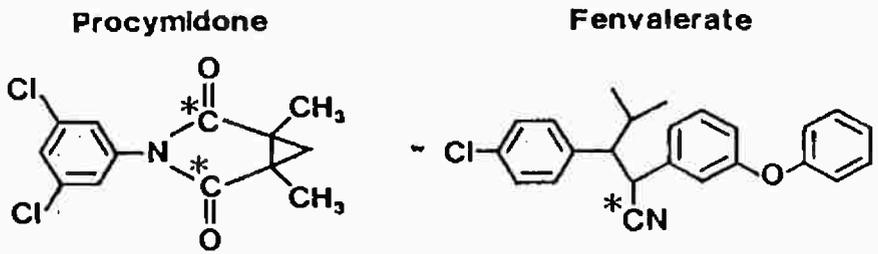
(أ) خيار معامل بالبروسيميدون بعد ١٢ يوم من المعاملة .

(ب) فاصوليا معاملة بالفينفاليرات بعد ١٤ يوم من المعاملة .

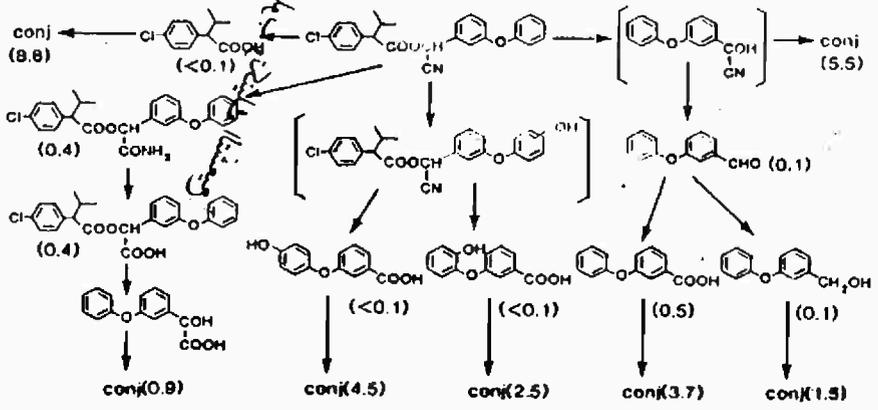


WHOLE-BODY AUTORADIOGRAMS

والشكل التالي يوضح اماكن تشيع مبيد الفينفاليرات والبروسيميدون لدراسة سلوكهما في النباتات .



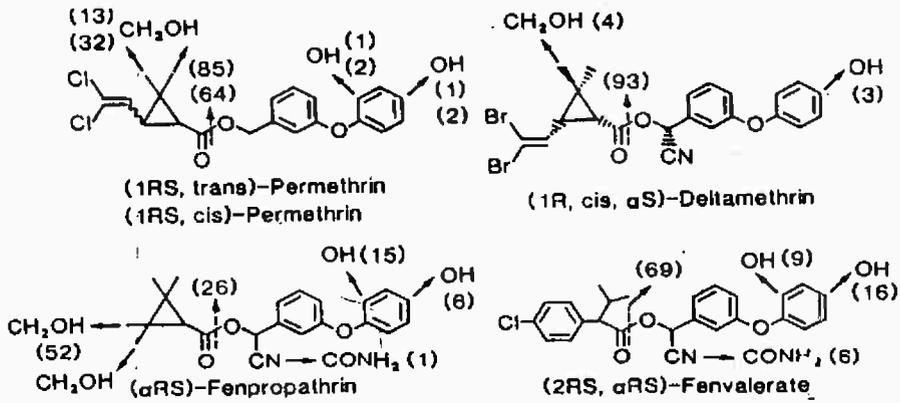
كيف يمكن معرفة سلوك ومسارات المبيد في النباتات



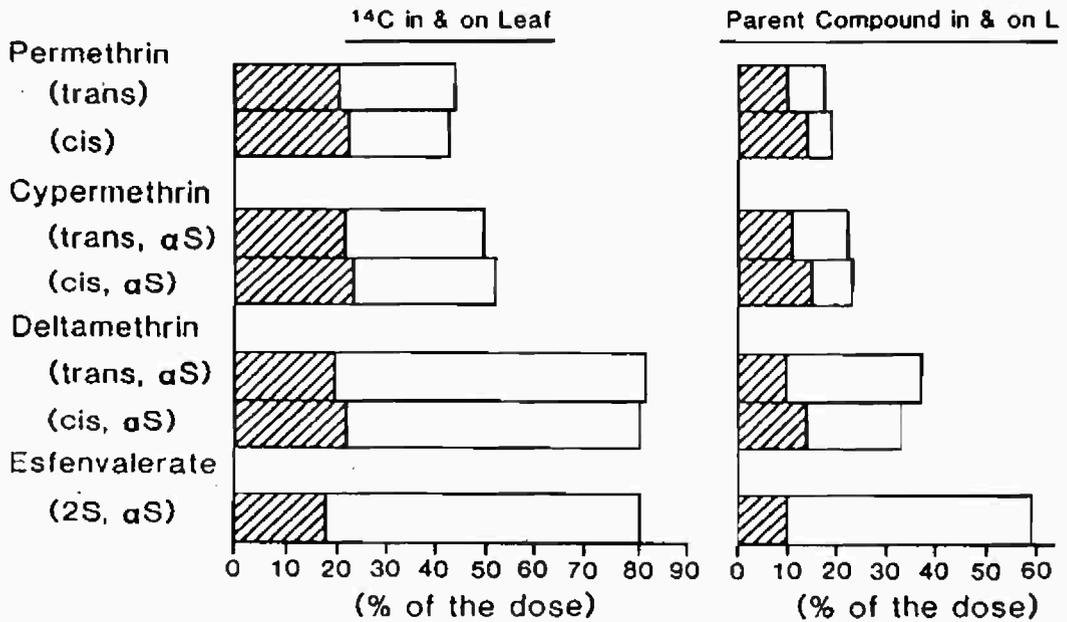
الشكل التالي يوضح مواضع مهاجمة مبيدات البيروثرويد في النباتات .

الشكل التالي يوضح مخلفات مبيدات البيروثرويد في أو على نباتات القطن بعد المعاملة بسبعة

أيام .



شكل () : يوضح مواضع مهاجمة البيروثرويد في النباتات



شكل يوضح مخلفات مبيدات البيروثرويد في أو على نباتات القطن بعد المعاملة بسبعة أيام