الفصل الخامس عشر

– النظائر المشعة والكشف عن المبيدات والكيميائيات الأخرى :

* مقدمـــــــة .
* 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

obeikandl.com

* 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 روتنجون (r) Roentgen .
* راديو اوتوجراف Radio autograph .
* راديوجراف Radiograph .
* Gy .
* الاخماد 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
- التشييع واستخدام المواد المشعة .
- شروط انشاء معمل كيمياء مواد مشعة .
- تخزين المواد المشعة Storage .
- طرق اختيار المركبات المشعة .
- أمان المبيدات المشعة safety .
- الكشف والقياس للنشاط الاشعاعى .

١ - عداد جايجر موللر 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 .

obeikandi.com

** النظائر المشعة والكشف عن المبيدات والكيميائيات الاخرى :

* مقدمـــــة :

الذرات التى لها نفس العدد الذرى ولنفس العنصر ولكنها تختلف فى الكتلة تعرف بالنظائر . النظائر المشعة أو الانوية المشعة التى 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 والنيترونات 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 .

العدد الذرى = عدد البروتونات

الكتلة الذرية = 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}CI	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	+
Phosphorrus	^{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	+	-

obeikandl.com

عادة يوضع على الرمز رقمان السفلى يمثل العدد الذرى والعلوى يمثل الكتلة الذرية ومثال ذلك $^{14}_{6}C$ وعمليا يحذف الرقم الدال على العدد الذرى (6) وبذلك يكون النظير المشع الخاص بذرة الكربون ^{14}C أو فى حالة الفوسفور ^{32}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 معنوى فى نسبة N : P عن هذه القيم تميل الى الدخول فى تفاعلات نووية حتى تحافظ 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 بانبعاث جسيم الفا الذى يحتوى على ٢ بروتون و ٢ نيوترون ونواة الهيليوم $^{4}He^{2+}$. 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 بالنيجاترون (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 طاقية 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 ايونية .

** اضمحلال الاشعاع : Decay

عملية عشوائية حيث يكون المعدل الذى عنده تضمحل كمية من النظير تتناسب طرديا 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 ثـــم وجب تطبيق معادلات رياضية حتى تكون العلاقة على صورة خط مستقيم .. ومن ثم يمكن حساب معدل اضمحلال النشاط الاشعاعى :

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

* Nt النشاط عند الوقت
* N_0 النشاط فى البداية .
* L ثابت اضمحلال النشاط الاشعاعى .
* t الوقت .

فى العلاقة الخطية المستقيمة تطبق المعادلة وتحسب معدل الاضمحلال

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

ومن التحويل من اللوغاريتم العادى تصبح

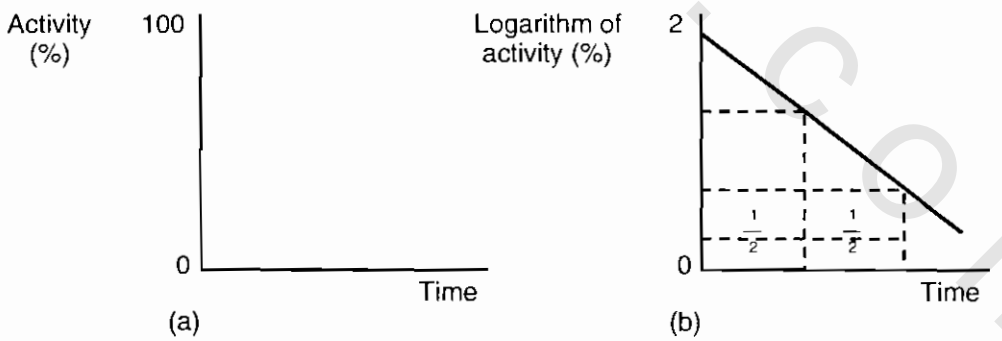
$$\text{Log } t_0\ Nt = \text{Log } t_0\ N_0 - 0.4343\ Lt$$

الانحدار للخط المستقيم = $-0.4343\ L$

اذا كانت Nt مساوية لنصف N_0 فان t تصبح مساوية لنصف فترة الحياة ($t_{1/2}$) وبذلك تصبح المعادلة :

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

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



شكل (١) : إضمحلال 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 ٣,٧ × ١٠^١٠ ذرة فى الثانية . ومن ثم يعرف الكورى على انه كمية النظير المشع الذى تعطى ٣,٧ × ١٠^١٠ ذرة تحطم فى الثانية أو هى قدرة الاشعاع المعادلة لواحد جرام راديوم وهناك المليكيورى = ١/١٠٠٠ من الكيورى .

$$\text{والميكروكيورى} = \frac{١}{\text{مليون}} \text{ من الكيورى}$$

والوحدة الجديدة الدولية للنشاط الاشعاعى هى البيكريل beequerel والمعادلة التاليه توضح العلاقة بينها وبين الكيورى :

واحد كيورى = ٣,٧ × ١٠^١٠ بيكريل

وتنسب البيكريل للجرام وتختصر (B_9g) 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 :**

الرونتجن Roentgen (r) وهى تعبر عن وحدة كمية الاشعة مقدرة طبيعيا على اساس الايونات السالبة والموجبة التى تتكون فى ٠,٠٠١٢٩٣ 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 ٨٣,٨ ارج/جم . اى ان الرونتجن يعتبر وحدة قياس التعرض الاشعاعى من اشعة اكس أو جاما التى تؤين جزيئات الهواء . والرونتجن = ٢,٥ ملليكولوم / كيلوجرام .

* توجد وحدة قديمة تسمى ربب rep وهى اختصار المكافئ الطبيعى للرونتجن Roentgen equivalent physical وهى تعبر عن طاقة مقدارها ٩٣ ارج/جم من النسيج اللين كما سبق القول .

* هناك ما يسمى وحدة الجرعة الممتصة Radiation absorbed dose ويطلق عليها الراد radوهى تمثل وحدة كمية الاشعاع الممتصة وتساوى ١٠٠ إرج/جم وهى لا تعتمد على نوع الوسط الممتص ولكنها تعتمد على ما تتركه من طاقة ممتصة فى هذا الوسط . الجراى = ١٠٠ راد

$$= \frac{١ \text{ جول}}{\text{كجم}}$$

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

$$\text{السيفرت} = ١٠٠ \text{ ريم} = \frac{\text{جـــول}}{\text{كيلو جزام}}$$

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

الجرعة بالريم = الجرعة بالراد × 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 ومعدل التعرض لأشعة جاما :

$$\text{معدل التعرض} \left(\frac{\text{وونتجن}}{\text{ساعة}}\right) = \frac{١}{٢} \text{ مج م ط على بعد متر لكل كيورى .}$$

حيث :

مج : 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 :

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

obeikandi.com

حساب الجرعة الاشعاعية 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 :

$$D2 = D1 \frac{d1^2}{d2}$$ (رونتجن)

حيث D1 : هى الجرعة التعرضية على مسافة d1 من المصدر المشع .

حيث D2 : هى الجرعة التعرضية على مسافة d2 من المصدر المشع .

بمعرفة جرعة التعرض على بعد ١ متر من المصدر يمكن تحديد المكان المناسب لتقليل الجرعة الاشعاعية للوقوف عندها اثناء العمل بالمواد المشعة ذات المستوى الاشعاعى 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 والتى تناولت سلوك بعض المبيدا ت فى الحبوب المخزونة ، ومنذ ان عاد لارض الوطن بحمد الله اضطلع بمسئولية 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 الزملاء 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 Promethium 147 ويتكون من اثنين بروتون واثنين نيوترون وهو يماثل نواة الهيليـــوم 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 التى تعتمد بالتالى على مصدرها وهى عادة منخفضة .

* **الأنود** Anode **والكاثود** Cathode :

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

* **العداد والعد** Counter & Count :

جهاز قياس الاشعاع مزود بعداد او مقياس به مؤشر يشير الى العدد الكلى لمدلولات 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 .

* **الخلفيـــة** 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 يسبب 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 × $١٠^{١٢}$ ذرة تتحطم/دقيقة اى تساوى تقريبا نشاط جرام واحد من الراديوم .

المليكورى = ١/١٠٠٠ من الكورى

الميكروكورى = ١/١٠٠٠ من المليكورى

* **التحطيم النووى** Nuclear disintegration :

هو تحول نووى تلقائى 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** Maximum energy (Emax):

* **عداد الغاز** :

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

* **عداد انسياب الغاز** :

وحدة لعد الاشعاع يتوفر داخل الأنبوبة الخاص بها الجو الملائم من خلال امرار تيار بطئ 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 او 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 النويدة 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 (I_{131}) .

* **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 التوضيحى التالى :

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

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 التأين 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 رونتجن** Roentgen (r) :

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

توجد وحدة قديمة تسمى rep وهى ياختصار 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 .

* **جـــاى** Gy :

تعبر عن جرعة التعرض لأشعة جاما وهى تساوى ١٠٠ راد .

١ كجم راد = ١٠ جراى (Gy)

* **الاخماد فى انبوبة العد** Quenching in counting tube :

عملية تثبيط التفريع المستمر او المتعدد الشحنات الكهربية 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 × التأثير البيولوجى النسبى . التأثير البيولوجى النسبى = واحد لأشعة اكس وجاما بينما يساوى ١٠ للبروتونات اما جسيمات الفا فيساوى ٢٠ .

* **الجرعة الوسطية القاتلة** Median lethal dose (MLD) :

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

* **الفترة القاتلة الوسطية** Median lethal time (MLT) :

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

ولقد اثرت ان اضع بين يدى القارئ الكريم اهم المصطلحات الخاصة بالاشعاع والنشاط الاشعاعى باللغة الانجليزية حتى اتجنب سوء الفهم أو سوء الترجمة .

T ERMS USED FOR RADIATION AND RADIOACTIVITY

Alpha (a) 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 (B) 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 elelctromagnetic radiation emitted from certain radioisotopes - e.g., I131, A relaltively deeply penetrating emanation.

Kilovolt (kvp). The crest value of the electrical potential wave in a cathode ray tube used to generate x-rays.

Millicaurie (mc). One dthousandth of a curie.

Million election 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 I g of dry air at standard conditions. As essentially equivelent unit, though now historical, is the rep. "roentgen equivalent physical", which is an energy deposition ϕ of 93 ergs in I 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 التى استخدمت فيها المواد المشعة بوحدات قياس العد فى الدقيقة أو وحدات التحطم الاشعاعى فى الدقيقة . disintegration per minute وقد سبق الاشارة الى كل منها وتوضع هذه الوحدات دون تفصيلات حتى يمكن للباحث أو المهتم بهذه الدراسات من تحويلها الى الوحدات المألوفة فى المبيدات والآثار الجانبية لها مثال جزء فى المليون ppm . فى هذا المقام نود الاشارة الى ان هناك مستويات ثلاثة للنشاط الاشعاعى جرى العرف على تحديدها على اساس ان المواد ذات النشاط الاشعاعى اقل من وحتى ١٠ ملليكورى تمثل المستوى المنخفض low . ومن ١٠ – ١٠٠ ملليكورى تمثل المستوى المتوسط intermediate والعالى ينحصر بين ١٠٠ – ٥٠٠ ملليكورى .

* ليكن معلوما ان معظم دراسات سلوك المبيدات فى المكونات البيئية المختلفة خاصة الحشرات والفئران والنباتات تستخدم كميات من المواد المشعة فى حدود ١ – ١٠ ملليكورى كما ان النظائر المشعة التى تستخدم فى بحوث المبيدات تكون من النوع الذى يصدر جسيمات بيتا مثل : H3 و C^{14} و CL^{36} و P^{32} .... الخ . وهناك مواد مشعة تصدر اشعة بيتا ذات طاقة منخفضة مثل CL^{36} و S^{35} و C^{14} وهذه يمكن تداولها بأمان نسبى معقول باستخدام صندوق مزود بكفوف وادوات زجاجية عادية . اما فى حالة استخدام مواد مشعة تصدر اشعة بيتا ذات طاقة عالية مثل P^{32} يجب استخدام ساتر بلاستيك يحيط بجهاز التجربة ذات سمك من ٠,٥ – ١ بوصة .

* فى هذا المقام سأتناول كيفية تشعيع احد المبيدات الفوسفورية حتى يمكن دراسة سلوكه فى الحشرات وغيرها من الكائنات الحية . لكل باحث طريقته التى يفضلها فى تحضير وتخليق المبيد المشعع بالرغم من ان الاساس واحد بسبب ان الفوسفور P^{32} ذو نصف فترة حياة قصيرة (١٤ يوم) ومن ثم يعتبر تخزينه مستحيلا لذلك كانت تكاليف تجهيز المبيد الفوسفورى المشعع عالية جدا . وعلى الجانب الآخر يحتاج الباحث الى كميات صغيرة جدا للدراسة حتى لا تقتل الحشرة وتستمر الدراسة . ففى حالة مركب الدايمثوات – على سبيل المثال – الذى 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 فى الانسجة المختلفة يمكن استخدام كميات اقل بكثير .

* بدأ تجهيز المبيدات الفوسفورية المشععة بالفوسفور P^{32} باستخدام الفوسفور الاحمر كمادة بداية حيث كانت الانشطة النسبية منخفضة ولذلك كانت دراسة سلوك المركب داخل الحشرة بهذا التحضير مستحيلة فى الحشرات . فى عام ١٩٥٨ قام العالم الكبير Casida بوصف طريقة على درجة عالية من الكفاءة وفيها تم تسخين مركب P_2S_5 مع المركب الرخيص ذو النشاط العالى $H_3p^{32}O_4$ فيحدث تبادل . وفى 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 البحاث 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} دات 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 وآمنة 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 $H3P^{32}O4$ أو ١٥ دولار امريكى لمركب $BaC^{14}O3$ (وهذه تعتبر من ارخص البادئات فى هذا السبيل) . يعتبر التيرتيوم ذو امان عالى جدا بسبب الضعف الشديد لأشعة بيتا المنبعثة وسرعة دخوله فى الجسم ويمكن لكمية واحد ميكروجرام فى الباراثيون المشع تعطى ٣,٧ × ١٠^{٦} 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 تشعيعه لمدة ٦ ساعات على درجة حرارة الغرفة . يحدث تبادل للايدروجين فى الكربون العطرى . وفى هذه الطريقة يقل معدل الانهيار عما يحدث فى طريقة Wilzbach حيث يستخدم التعريض لمادة حاملة خالية من التريتيوم والتى 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 .

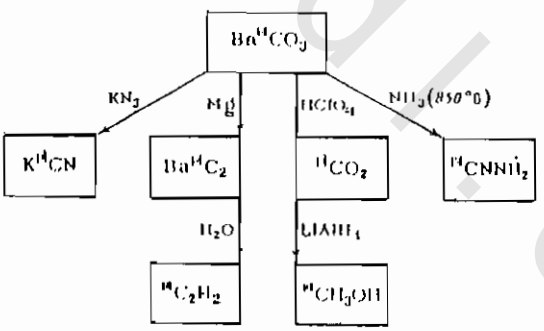
التخليق عن طريق تحطيم اشعة بيتا

التخليق الحيوى

* ومن اكثر الطرق شيوعا فى الصناعة التخليق الكيميائى المباشر والتخليق الحيوى وتبادل النظائر . تخليق المواد المشعة له ملامحه الخاصة ولا تصلح اى مادة كبداية ولكن المادة هى نفسها التى تنتج عند اتباع النظير المطلوب ادخاله فى المركب . كميات المواد التى تستعمل فى التخليق صغيرة ومن ثم تكون كمية النظير المشع الذى يدخل فى التفاعل محدودة كما ان التخفيف بمادة غير نشطة يلاقى اعتراضات بسبب نقص النشاط النوعى لناتج التفاعل . عند التخليق يجب ان يؤخذ فى الحسبان امكانية حدوث تحلل وانهيار 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 .

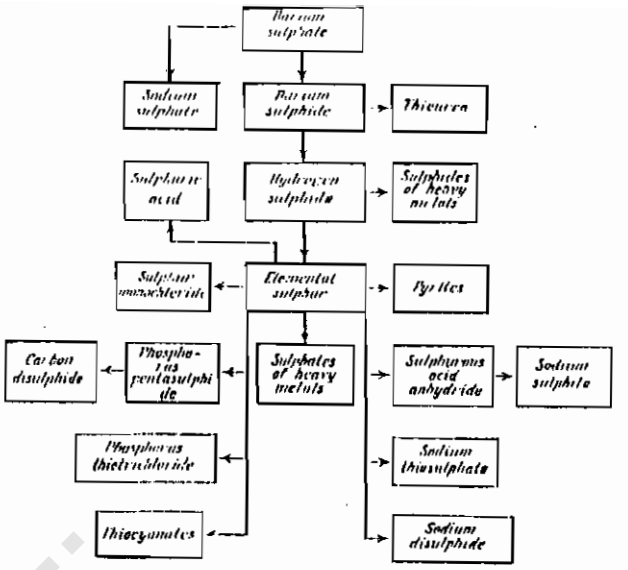
* ان تسمية المواد المشعة تعطى معلومات عن النظير الذى ادخل فى الجزئ وموقعه فيه . حامض الفوسفوريك الذى شعع بالفوسفور المشع P^{32} يسمى phosphoric acid P^{32} ويكتب رمزه البنائى $H_3P^{32}O_4$ ويوضع عدد الكتلة للذرة المعلمه فى قمة الجانب الايسر للرمز . اذا كان الجزئ يحتوى على اكثر من ذرة متماثلة يعكس اسم المركب ورمزه البنائى مكان التشعيع ومثال ذلك حامض البرونيوتيك $CH_3C^{14}H_2COOH$ 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 بالكربون١٤ .

* 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} والتى تختزل الى كبريتيد الباريوم S^{32} ومنه نحصل على الثيويوريا S^{32} كما فى الشكل التالى :

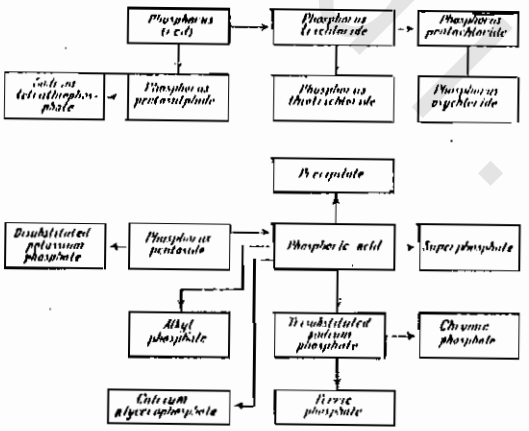


رسم تخطيطى للمركبات المتعلقة بالكبريت المشع كب٣٥ .

* هناك المركبات العضوية التى تشعع فى موضع الهالوجينات كلور٣٦ ، بروم٨٢ ، يود١٣١ وهذه يمكن تحضيرها من خلال ادخال الهالوجينات Halogenation تحت ظروف معينة وبمساعدة الهالوجينات الجزيئية او الاحماض الهالوجينية :

$$C_6H_6 \xrightarrow{{}^{82}Br_2} C_6H_5Br^{82}$$

* المادة البادئة لتحضير المركبات الفوسفورية المشعة بالفوسفور – ٣٢ هى الفوسفور الاحمر المشعع فى المفاعل الذرى . وقد امكن الحصول على العديد من المركبات كما فى الشكل التالى :



رسم تخطيطى لتخليق المركبات المعلمة بالفوسفور المشعع فو٣٢ .

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

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

* يمكن الحصول على مركبات عضوية مشعة فى اكثر من موضع واحد على نفس الجزئ وهى 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 الاشباع 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 التى لا يحدث معها أية أخطار .

٤ – ضرورة الكشف المستمر عن مستويات الاشعاع فى المعمل وكذلك فى القائمين بالعمل من خلال الاختيارات القياسية المتعـــارف 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 ضمانا للأمان .

٧ – نشر الخلايا الحساسة للكشف عن المواد المشعة وتحذير العاملون فى المعمل عن احتمالات التسرب قبلها بوقت كاف .

٨ – ضرورة توفير وسائل الاسعافات الاولية السريعة والمناسبة ولا تترك العملية للصدفة او الاحتمالات .

٩ – توفير وسائل التخلص من المواد المشعة باسلوب 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 المشعة .

**** تخزين المواد المشعة :**

بادئ ذى 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 الشئ بالنسبة للنفايات وفى هذه الحالة يجهز وعاء رخيص على شكل اسطوانة مغطاة بالرصاص لمنع تسرب الاشعاع لتخزين المركبات المعلمة بالفوسفور المشع P^{32} اما المواد المشعة المحتوية على الكلور٣٦ أو الهيليوم H^3 أو الكربون١٤ يمكن تخزينها فى اوعية خاصة زجاجية داخل صناديق بلاستيك . بالنسبة للمحاليل ذات النشاط الاشعاعى الواطى يمكن تخزينها فى انابيب طرد مركزى مدرجة ووضع الانابيب فى حامل من الصلب الذى لا يصدأ له قاعدة من الرصاص لتقليل فرصة واحتمال انقلاب الحامل اثناء اخذ كميات من المحاليل بالماصة . لابد من تخزين اوعية الرصاص والحامل فى الثلاجة أو فى 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 فى عبوة زجاجية محكمة الغلق وتوضع هذه العبوة فى صفيحة مملؤة بمادة السوبرسيل الماصة لأية مواد تتسرب بسبب قدرتها الادمصاصية العالية أو مادة الفيرميكيوليت وكلاهما يحمى العينة من الانقلاب وذات مقدرة على ادمصاص المواد المشعة فى حالة عسر العبوة الزجاجية . ولسنا فى مجال القول ان العينة المشحونة تكون مصحوبة بشهادات بها جميع التفصيلات عن المادة المشعة والمصدر واجراأات الأمان .

**** طرق اختيار المركبات المشعة :**

من مميزات استخدام المركبات المشعة فى دراسات السلوك البيئى أن المادة المشعة لا تتأثر بالمادة الموجودة فيها من حيث اللون أو الحالة والصفات الطبيعية وكذلك المكونات الكيميائية والتى 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 والتى تصل الى اجزاء من البليون او اقل كثيرا .

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

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

١ – التركيب الكيميائى للمركب .

٢ – سهولة الحصول على النظير المشع .

٣ – تكلفة النظير المشع .

٤ – نصف عمر النظير المشع .

٥ – سهولة قياس الاشعاع .

٦ – النشاط النوعى اللازم لاجراء التجربة .

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

النظير المشع	نوع الاشعة	نصف فترة الحياة
Bromine - 82	أشعة بيتا وجاما	٣٥,٩ يوم
Carbon - 14	اشعة بيتا هادئة	٥,٥٧ × 10^{3} سنة
Chlorine - 36	اشعة بيتا هادئة	٣,٠٨ ×م 10^{5} سنة
Hydrogen - 3	اشعة بيتـــا	١٢,٤٦ سنة
Iodine - 131	اشعة جامـا	٨,٠٤ يوم
Phosphorus - 32	أشعة بيتا شديدة	١٤;٣ يوم
Suifur - 35	أشعة بيتا هادئة	٨٧,١ يوم

* يعتبر الكربون المشعع ك١٤ النظير الاكثر شيوعا واستعمالا فى 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 اليها من سهولة الحصول عليه وتجهيزه ونصف فترة حياته المناسبة وسهولة الكشف عنه وتخزينه ... الخ . وهناك كثير من المعامل تفضل استخدام الترينيوم ^{3}H بسبب رخص التكلفة وسهولة ادخاله فى المركبات المراد تعليمها ودراسة سلوكها وكذلك الامان النسبى للتداول والتقدم الهائل الذى حدث فى اجهزة العد والكشف عن المواد المشعة .

* عند ادخال نظير مشع فى المبيد وهو ما يعرف بالتعليم او Labeling لا بد من الالمام بمدى صلاحية موضع الذرة المشعة فى الجزئ بما يتمشى مع هدف الدراسة . ونود التأكيد على حقيقة هامة تتمثل فى ان وجود الاشعاع فى 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 المكان 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 الموضع 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 تشعيع 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 الا تقل عن ٠,١ جزء فى المليون ومعظم الاجهزة تستطيع قياس اشعة قدره واحد ملليكورى/ملليمول واقل 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 :

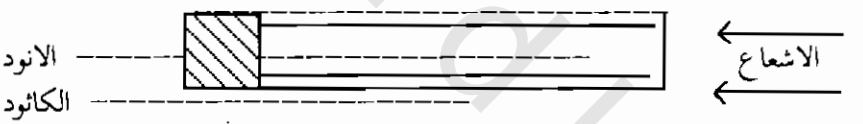
بعد هذا الاستعراض أصبح القارئ مهيئا للحديث عن الأمان النسبى الموجود فى المبيدات المشعة وهنا نقول أنه يجب العناية الفائقة عن تداول المواد المشعة ليس فقط تلك التى لها قدرة ابنعاث اشعاعى قوية بل والضعيفة كذلك خاصة اذا كانت ذات نصف فترة حياة طويلة مثل الترينيوم والكربون – ١٤ والتى يمكن أن تدخل فى الجسم وبعد فترة طويلة قد تسبب أضراراً 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 الاوانى والادوات الزجاجية الملوثة فى أوعية 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 لانبعاث فى زمن معين (integral) . بالنسبة للقياس الكمى للاشعاع يشيع الاعتماد على الطريقة الأولى بينما الثانية تستخدم فى قياسات dosimetry والراديوجرافى الذاتى Auto-radiography . بصرف النظر عن طريقة القياس والتسجيل للاشعاع يجب توفر اساس للعد او المقارنة أو خط الاساس blank وهى واجبة الاجراء ولابد من تصحيح قيم الانبعاثات على أساس 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 الآنود 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 الآنود 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 والقولت 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 الاخماد Nonself guenching اما اذا كان الغاز مكون على الاقل من ٤ ذرات يطلق على العداد ذاتى الاخماد Self guenching . اذا ملئت الاسطوانة بغاز غير ذاتى الاخماد 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 الاخماد مثل

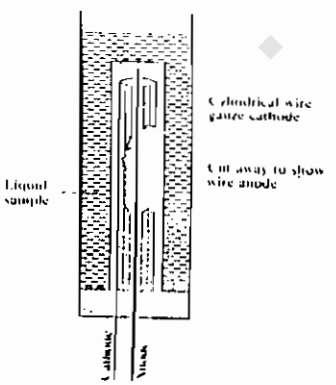
الايزوبيوتان فإنه يتأين ويكون طبقة رقيقة تغطى الكاثود وتوقف استمرارية تفريغ الشحنة (يضاف بنسبة ١,٣ ٪ مع الهيليوم) وكنتيجة لفعل الاخماد qutnching يمكن تسجيل كل حالة تأين كنبض فولت منفرد . يتوقف حجم نبض الفولت على فولت التشغيل فى اسطوانة العداد .

* يحدد فولت التشغيل المناسب بواسطة الشركة المنتجة للجهاز ومع هذا يجب التأكد منه وقياسه . فى البداية لا تسجل نبضات مع زيادة الفولت عن الصفر ولكن عندما يحدث فرق جهد مناسب potential يبدأ اوتفاع العد مع زيادة الفولت وتسمى هذه المنطقة بمنطقة التناسب proportional ويطلق على العداد الذى يعمل على هذه الظروف بالعداد التناسبى 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 – موللر . بعد منطقة جايجر – موللر يبدأ تفريغ الشحنات بصورة متصلة discharge فى 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 البلاتو 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 يؤدى ذلك الى فقد العداد لقيمته وكفاءته .

* كما سبق القول أنه من احد مشاكل عداد جايجر – موللر 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 موللر ويصمم على اساس ان يغمس فى السائل او يحتوى على سائل كما فى الشكل التالى :



شكل (٢) : انبوب جايجر – موللر 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 كهربى (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 اتحاد 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 بسب الحساسية العالية للطريقة وسهولة حرق المادة العضوية وتحويلها الى ثانى اكسيد الكربون وماء (وسهولة توليد غاز عد من الماء) والطريقة الاخرى الوحيدة المناسبة لعد المركبات المحتوية على الترينيوم 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 وآنود من سلك رفيع والانبوبة مزودة بمحبس خاص يمر من خلاله الغاز المحتوى على المادة المشعة . بسبب وجود الشوائب ورداءة ك أ٢ كغاز للعد يخلط بغازات اخرى مناسبة معه مثل الميثان او ثانى كبيرتيد 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 – موللر .

٤ – عداد الغمر :

يعتبر هذا العداد مناسبا لقياس والكشف عن المواد المشعة المنتجة لجسيمات بيتا ذات الطاقة العالية مثل الفوسفور ٣٢ والصوديوم٢٤ والبوتاسيوم ٤٢ لأن سمك زجاج العداد مناسبا (لا يقل

عن ٢٠ ملليجم /سم٢ مما يجعل استعماله مناسبا وقاصرا على هذه الاشعة عالية الطاقة) من اهم مميزات هذا العداد انه يمكنه الكشف عن الاشعاع مباشرة فى العينات البيولوجية المهروسة لذلك نتفادى خطوات اعداد العينة وهى مفتتة ويمكن من حفظ العينات دون تغير فيها ومن ثم يمكن اجراء مزيد من الدراسات عليها .

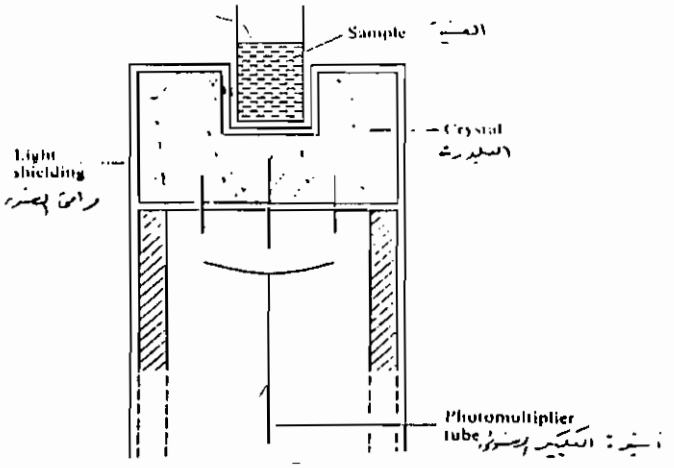
* هناك نوعان من عداد الغمر ... الأول يسمى بالعداد الغامر Dip Counter وهو عبارة عن عداد جايجر – موللر ولكن له انبوبة رقيقة الجدران والعداد يغمر مباشرة فى العينة السائلة من خلال الانبوب بشرط الا يقل سمك الطبقة المحيطة بأنبوب العداد عن ٢ – ٣ ملليمتر .

والنوع الثانى يسمى عداد الانسياب المستمر للسائل liquid flow وهو يتكون من انبوبة جايجر – موللر مركبة بصفة دائمة داخل انبوبة زجاجية مغلفة لها يوجد بها فتحتان الاولى لاستقبال السائل والاخرى لخرو جه . قد يملأ السائل المراد قياسه فى الأنبوبة من خلال ماصة او يمكن قياسه بطريقة متصلة اذا كان السائل متدفقا من العمود ويمر فى الانبوبة مباشرة لقياسه .

*** ٥ – عداد وميض السائل :**

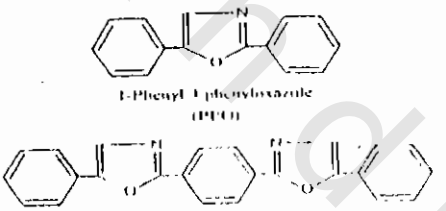
بعض المواد المعروفة بالفلورز Flours أو منتجات الوميض Scintillants تستجيب للتأثيرات الايونية لجسيمات الفا أو بيتا من خلال انبعاث ومضات ضوئية (وميض Scintillations) بينما لا تستجيب هذه المواد مباشرة لأشعة جاما ولكنها تستجيب للتأثيرت الايونية الثانوية التى تنتجها اشعة جاما ومن ثم تقدم نظام للكشف لجميع الومضات . هناك مدى واسع من المواد المنتجة للوميض بعضها صمم لاحداث كفاءة قصوى مع نظائر مشعة خاصة . بللورات ايوديد الصوديوم تحتوى على كميات صغيرة من thullous iodide ذات كفاءة عالية للكشف عن اشعة جاما والاجهزة التى تعمل على هذا الاساس تسمى كاشفات او عدادات جاما γ - Counter . توضع البللورة على قمة مكبر ضوئى Photomultiplier الذى يمكنه الكشف عن الومضات الضوئية وكلاهما يغطى بمادة مانعة للضوء والتى تكون رقيقة بدرجة كافية للسماح لأشعة جاما بالمرور فى البللورة كما فى الشكل التالى . عندما توضع العينة على البللورة فان نبضات التيار الناتجة بواسطة المكبر الضوئى يمكن عدها كهربيا .

اشعة بيتا الضعيفة او جسيمات الفا غالبا لا تستطيع النفاذ من المادة المغلفة للبللورة ولكن استعمال مواد منتجة للوميض مع العينة المراد الكشف عن محتواها الاشعاعى مذابة فى مذيب عضوى مناسب يمكن من استخدام هذه الطريقة .



شكل (٣) : عداد جاما . الومضات المنبعثة من البللورة 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 اثارتها 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 اثارة 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 الفيلم الحساس وترتبط درجة اسوداد الفيلم مع شدة الاشعاع . يفيد القياس الذاتى للاشعاع فى تحديد موضع النظائر المشعة فى الانسجة أو الكرماتوجرام 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 للتعريض المناسب . تتوقف فترة التعريض على شدة الاشعاع وتقدر من خلال التجربة والخطأ ويجب ان يؤخذ فى الاعتبار ان التكنيك يتطلب انبعاث جسيمات بينا $١٠^{-٧}$ لكل سنتيمتر مربع .

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

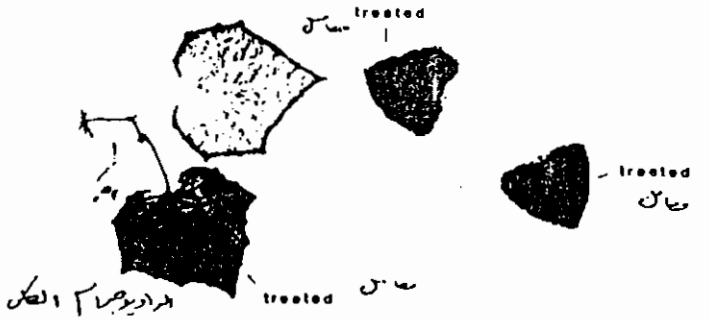
*** ٧ – كشف الاشعاع على شرائح الكروماتوجرافى الورقى :**

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 وتصبح 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 .

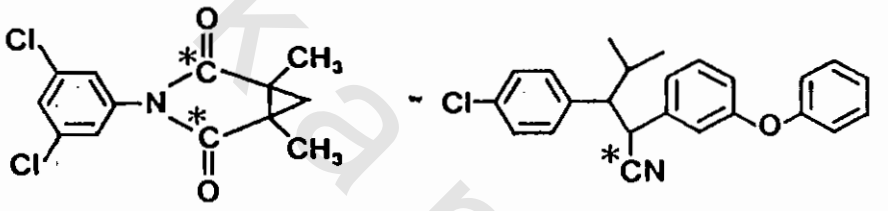
(ب) فاصوليا معاملة بالفينفاليرات بعد ١٤ يوم من المعاملة .



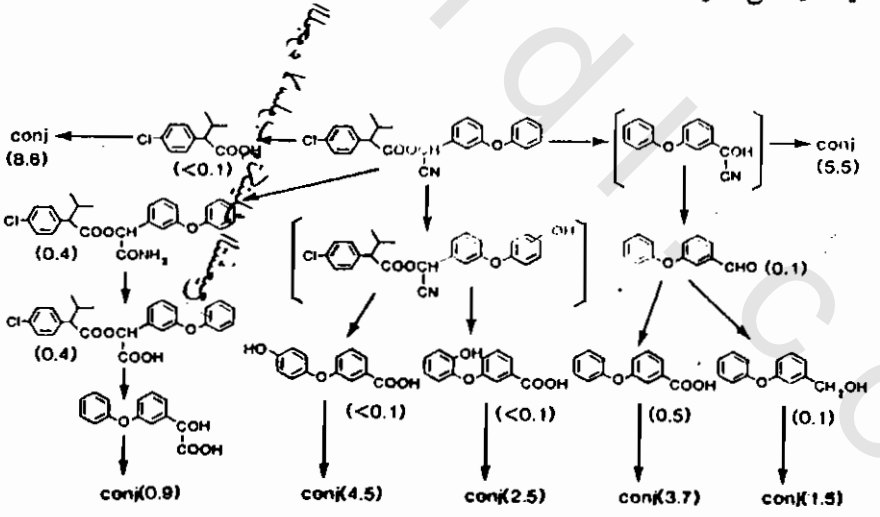
WHOLE-BODY AUTORADIOGRAMS

والشكل التالى يوضح اماكن تشعيع مبيد الفينفاليرات والبروسيميدون لدراسة سلوكهما فى النباتات .

Procymidone **Fenvalerate**

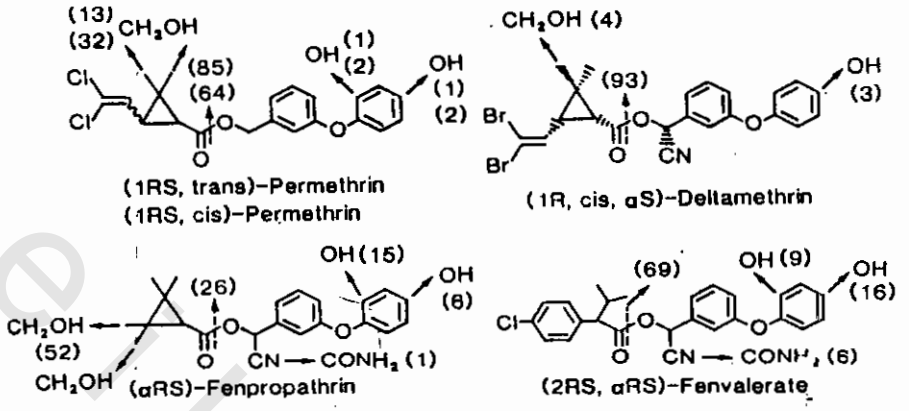


كيف يمكن معرفة سلوك ومسارات المبيد فى النباتات

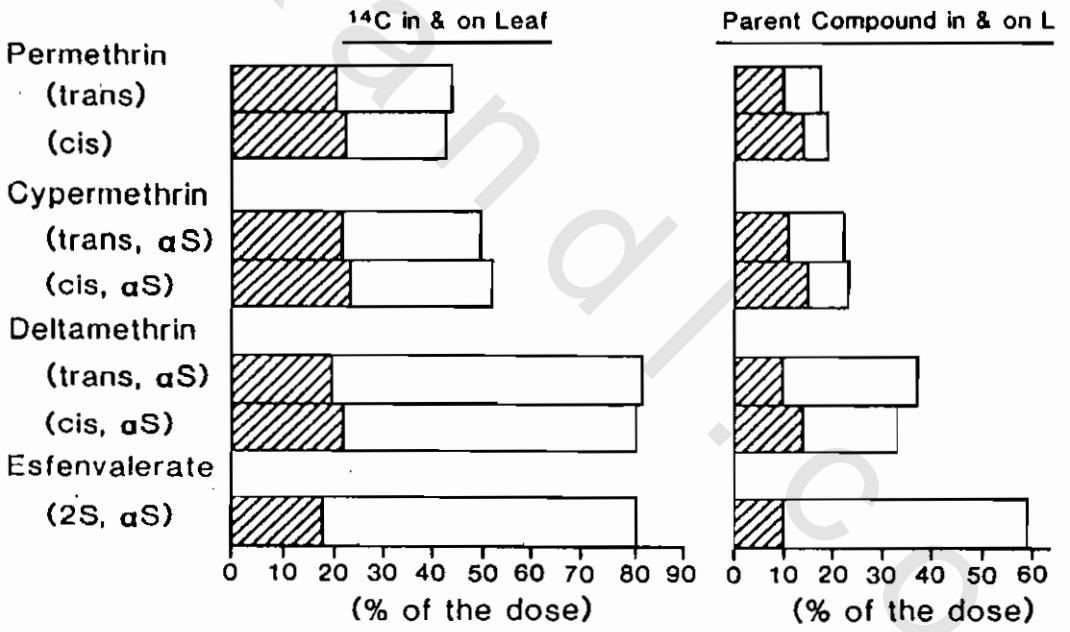


الشكل التالى يوضح مواضع مهاجمة مبيدات البيرثرويدات فى النباتات .

الشكل التالى يوضح مخلفات مبيدات البيرثرويدز فى أو على نباتات القطن بعد المعاملة بسبعة ايام .



شكل ( ) : يوضح مواضع مهاجمة البيرثرويدر فى النباتات



شكل يوضح مخلفات مبيدات البيرثربودز فى أو على نباتات القطن بعد المعاملة بسبعة أيام