دليل المصادر الإشعاعية

2016 – 2015

اعـــداد

أ.د. خالد هادي مهدي

الخبير د.احمد محمد سعيد السيد حسان شعبان خليل

أ.م.د. أوس هلال جاسم السيد محمد رياض عبد الرزاق

اشـــراف

دائرة البحث والتطوير / وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

فَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ خَيْرًا يَرَهُ ۝٧ وَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ شَرًّا يَرَهُ ۝٨

الزلزلة

المحتويات

ت		الصفحة
-----	المقدمة	7
-----	اللجنة المساهمة في اعداد الدليل	9
-----	الهدف	11
-----	النطاق	11
-----	التعاريف والمصطلحات	12
الفصل الاول ـ خصائص المواد المشعة		
1	خصائص المواد المشعة	19
1-1	النشاط الإشعاعي	19
2-1	الانحلال الإشعاعي	19
3-1	وحدات قياس النشاط الإشعاعي	20
4-1	الإشعاع وأنواعه	20
1-4-1	الإشعاع غير المؤين	21
2-4-1	الإشعاع المؤين	21
3-4-1	أنواع وخصائص الإشعاع المؤين	21
الفصل الثاني ـ تصنيف المصادر الإشعاعية		
2	تصنيف المصادر الإشعاعية	27
1-2	تصنيف المصادر	30
2-2	أوصاف الفئات بلغة مبسطة	51
الفصل الثالث ــ الوقاية من الاشعاع		
3	الوقاية من الإشعاع	55
1-3	الوقاية من التعرض الخارجي	55
2-3	الوقاية من التعرض الداخلي	57
3-3	الأساليب الصحيحة للسيطرة على التلوث الإشعاعي	57
4-3	الملابس الواقية من الإشعاع	58

1-4-3	الملابس الواقية عند التعامل مع المواد المشعة	58
2-4-3	حماية الجسم والملابس	58
3-4-3	القفازات	59
4-4-3	الأحذية الواقية	60
5-4-3	وقاية العين والوجه	60
6-4-3	حماية الجهاز التنفسي	61
7-4-3	تصنيف مناطق العمل	62
5-3	برنامج الوقاية من الإشعاع	63
الفصل الرابع ـ النفايات المشعة		
4	النفايات المشعة	65
1-4	تصنيف النفايات المشعة	65
2-4	مسؤوليات خفض مستوى توليد النفايات المشعة	66
3-4	أساليب خفض تولد النفايات المشعة	66
4-4	الخزن السليم للنفايات المشعة	68
5-4	التخطيط لمنشات خزن النفايات المشعة	69
الفصل الخامس ـ النقل الآمن للمصادر المشعة		
5	النقل الآمن للمصادر المشعة	71
1-5	طرود المواد المشعة	71
2-5	نظام الترميز الدولي (UN)	72
3-5	فئات الطرود	72
4-5	القواعد الأساسية لنقل الطرود	74
5-5	متطلبات النقل الآمن	75
6-5	شروط النقل الآمن	75
الفصل السادس ـ خطط الطوارئ الإشعاعية		
6	خطط الطوارئ الإشعاعية	77
1-6	متطلبات خطط الطوارئ الإشعاعية الموقعية	77
1-1-6	المسؤوليات	77

2-1-6	متطلبات خطط الطوارئ الإشعاعية الوطنية	78
3-1-6	الاستجابة لحالات الطوارئ	80
4-1-6	التحقيق في الحادث الإشعاعي	80
5-1-6	الإبلاغ عن الحادث الإشعاعي	81
6-1-6	تقرير الحادث الإشعاعي	82
2-6	الخطورة النسبية للإشعاع واطئ المستوى	82
3-6	المفهوم الرياضي للخطر	82
4-6	الجرعة الإشعاعية الناتجة من التعرض للإشعاعات المؤينة	83
1-4-6	الجرعة الممتصة	85
2-4-6	الجرعة المكافئة	86
3-4-6	الجرعة الفعالة	88
4-4-6	دليل الخطورة	90
5-6	سياقات قياس الجرعة الشخصية والأجهزة المستعملة فيها	90
6-6	قياس الجرع الإشعاعية	91
1-6-6	قياس الجرع الخارجية	92
2-6-6	قياس الجرع الداخلية	94
7-6	تقدير الجرع المكافئة	94
8-6	طرائق المراقبة	95
الملاحق		
	استمارة خطة الطوارئ الموقعية للممارسات الإشعاعية	97
	خطة الوقاية من الاشعاع	113
	المصادر	115

ت	الجداول	الصفحة
1-2	الفئات الموصى بها للمصادر المستعملة في الممارسات الشائعة	29
2-2	تصنيف الممارسات الإشعاعية حسب المجموعة الأمنية	30
3-2	فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة	32
4-2	أوصاف الفئات بلغة مبسطة	52
1-6	معامل الإشعاع المرجح (W_R Radiation Weighting Factor) .	87
2-6	العوامل المرجحة للأنسجة والأعضاء البشرية	89

ت	الأشكال	الصفحة
A	التعرض للمصادر الاشعاعية المختلفة	11
1-1	أنواع الإشعاعات	21
2-1	مواد توهين أنواع الإشعاعات	25
3-1	جهاز الأشعة السينية	25
1-2	صور متعددة لاستعمال المصادر المشعة في شتى المجالات	51
1-3	عوامل الوقاية من التعرض الخارجي للإشعاعات المؤينة	56
2-3	مصدر مشع مغلق	57
3-3	مصدر مشع مفتوح	58
4-3	الملابس الواقية عند التعامل مع المواد المشعة	59
5-3	القفازات الواقية من الإشعاعات	60
6-3	النظارات الواقية من الإشعاعات	61
7-3	الأقنعة الواقية من الإشعاعات	61
8-3	المناطق الخاضعة للمراقبة والخاضعة للإشراف وجرعها الإشعاعية	63
1-4	منشأة طمر النفايات النووية في الولايات المتحدة	70
1-5	مستوى الخطورة بين فئات الطرود	74
1-6	**المسارات التي تسلكها النويدات المشعة للتسبب بالتعرض الداخلي والخارجي**	84
2-6	وحدات قياس الجرع الإشعاعية	89
3-6	مقاييس الجرع الشخصية	93

المقدمة

انطلاقا من السياسة العلمية لوزارتنا الموقرة والتي تهدف الى بناء الانسان بناءا ايجابيا وتهذيب روحه وتعميق مدركاته . فالعلم سعادة وبناء وامل ، والعلم معجزة في العقول وهدي في القلوب .

يمثل هذا الدليل دعامة من دعائم العلم ، والذي يعمل على تحقيق اهداف علمية تواكب التطور العلمي في موضوع المصادر الاشعاعية وكيفية التعـــامل معها والوقاية منها والاجراءات المتخذة في حالة حدوث فشل فيها . حيث تضمن الدليل ستة فصول الفصل الاول خصائص المواد المشعة ، والفصل الثاني تصنيف المصادر الإشعاعية ، والفصل الثالث الوقاية من الاشعاع ، اما الفصل الرابع فهو عن النفايات المشعة ، والفصل الخامس النقل الامن للنفايات المشعة ، والفصل السادس خطط الطوارئ الاشعاعية .

نتقدم بالشكر الجزيل لكل من الاستاذ الدكتور **حازم لويس منصور** كلية التربية / الجامعة المستنصرية والدكتور **يوسف محسن زاير** مدير السلامة الاشعاعية / وزارة العلوم والتكنولوجيا والاستاذ **محمد ابراهيم عجيل** رئيس الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة للمراجعة العلمية للدليل ، كما نقدم شكرنا للاستاذه المساعد ة الدكتورة **عدالة عبد الكريم محمد** / جامعة بغداد / كلية التربية ابن الهيثم للمراجعة اللغوية للدليل ، كما نقدم شكرنا للمدرس المساعد **عدي طارق صبحي** / جامعة بغداد / كلية التربية ابن الهيثم لاسهامه العلمي والطباعي في اخراج هذا الدليل بهذا الشكل .

فلنشد الساعد بالساعد والهمة مع الهمة لنبني وطنا اجمل من الشمس واحلى من الورد ، ولندعو الله ونسألهُ عز وجل ان يوفقنا في هذا الجهد العلمي ولتعم الفائدة من هذا الدليل خدمة لوطننا العزيز والله ولي التوفيق.

لجنة اعداد الدليل

اللجنة المساهمة في اعداد الدليل

تألفت لجنة اعداد هذا الدليل المشكلة بموجب الامر الوزاري المرقم 4741 في تاريخ 24-2-2011 من الاساتذة المدرجة اسمائهم ادناه :-

أ.د. خالد هادي مهدي

جامعة بغداد / كلية التربية ابن الهيثم

رئيس اللجنة

الخبير د. أحمد محمد سعيد

وزارة العلوم والتكنولوجيا / مديرية معاملة وادارة النفايات المشعة

عضواً

السيد حسان شعبان خليل

الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة

عضواً

أ.م.د. أوس هلال جاسم

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / دائرة البحث والتطوير

عضواً

السيد محمد رياض عبد الرزاق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / دائرة البحث والتطوير

عضواً

المراجعة العلمية

أ.د. حازم لويس منصور
الجامعة المستنصرية
كلية التربية للعلوم الصرفة

أ.ب.د. يوسف محسن زاير
وزارة العلوم والتكنولوجيا
مديرية السلامة الاشعاعية

أ. محمد ابراهيم عجيل
رئيس الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة

المراجعة اللغوية

أ.م.د. عدالة عبد الكريم محمد
جامعة بغداد / كلية التربية ابن الهيثم للعلوم الصرفة والتطبيقية

الاشراف الفني والطباعي

م.م. عدي طارق صبحي
جامعة بغداد / كلية التربية ابن الهيثم
للعلوم الصرفة والتطبيقية

الهدف

الهدف من إعداد هذا الدليل هو إطلاع العاملين في حقل الإشعاع والجمهور على أنواع المصادر الإشعاعية وتصنيفها وخصائصها والدعوة الى تحقيق مستوى عالٍ من أمان المصادر الإشعاعية وأمنها وتخفيف العواقب الإشعاعية لأي حادث أو عمل إرهابي يؤدي الى الاستعمال الضار لتلك المصادر على نحو يمكن أن يلحق الضرر بالأفراد أو المجتمع أو البيئة ، من خلال إنشاء نظام ملائم للتحكم الرقابي بالمصادر الإشعاعية بدءاً من مرحلة الإنتاج الأولى الى مرحلة التخلص النهائي منها.

النِطاق

يعرض الدليل المعلومات المتعلقة بالمصادر الإشعاعية التي تشمل المصادر المشعة المغلقة والمفتوحة وأجهزة توليد الإشعاع ، مثل المعجلات الخطية وأجهزة توليد الأشعة السينية ، المستعملة للأغراض البحثية والطبية والصناعية والزراعية ، وكذلك النفايات المشعة التي تتخلف عن الممارسات الإشعاعية المذكورة والتي تشكل جميعها أخطاراً متفاوتة على الأفراد أو المجتمع أو البيئة ، ولا يتطرق هذا الدليل الى المواد النووية .

شكل (A) التعرض للمصادر الاشعاعية المختلفة

التعاريف والمصطلحات

❖ **الإشعاع المُؤين هو**:- طاقة إشعاعية تنتقل بشكل جسيمات أو موجات كهرومغناطيسية بطول موجي قدره 1000 A° أو اقل وبتردد $3x10^{15}$ Hz أو اكبر وتتميز بقدرتها على إنتاج أيونات بشكل مباشر أو غير مباشر عند اختراقها المادة ومنها جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة كاما والأشعة السينية والبروتونات والنيوترونات .

❖ **المصادر الإشعاعية :** وتنقسم الى قسمين هما :

أولاً : المصادر الإشعاعية المغلقة :

وتقسم الى قسمين :

1. **<u>المصادر المغلقة الكبيرة</u> :** وهي التي تستعمل في العمليات الصناعية ، أو التصوير الشعاعي ، والعلاج الشعاعي الطبي ، توضع هذه المصادر عادة في حاويات مشيدة خصيصا لها وتكون مزودة بوسائل ميكانيكية للسيطرة على زمن التعرض ، تصمم هذه الحاويات لتقاوم الحوادث الميكانيكية الاعتيادية ولتقاوم الحريق ، إن إمكانية التعرض غير المقصود للمصدر تقلل عن طريق تصميم معدات خاصة مثل أجهزة التنبيه لتكشف عن مواضع العطل أو الخلل .

إن اغلب الحوادث الإشعاعية المتضمنة مصادر مغلقة كبيرة هي التي تستعمل في التصوير الإشعاعي الصناعي ، تحدث هذه العملية غالبا في ظروف ليس لها علاقة بمواقع المبنى بحيث لا نستفيد من أية صيغة لمعدات المراقبة المثبتة ، وقعت العديد من الحوادث التي يصبح فيها المصدر المشع منفصلا عن آلة التشغيل وعندما تسحب هذه الآلة الى موقع المخزن يبقى المصدر غير محاط بحاجز وقائي ، وقد عُثر في بعض الحالات على مصدر في جيب احد الأشخاص (و يكون غير مدرك لطبيعته) ونتيجة لذلك يتسلم الشخص جرعاً عاليةً جداً من الأشعة وبعض الأحيان تكون الجُرع قاتلة ، بصرف النظر عن إن استعمال المعدات الملائمة تتطلب الوقاية لحالة من هذا النوع وهو الالتزام الشديد باسلوب المراقبة من

قبل المصور الشعاعي ، ويمكن أن تستعمل أيضا أجهزة تنبيه متنقلة مختلفة وتكون متوافرة في ظروف مجال العمل .

2.المصادر المغلقة الصغيرة : تستعمل المصادر المغلقة الصغيرة (باعثات أشعة كاما عادة) على نطاق واسع في الصناعة والطب والتعليم ، ومن غير المحتمل أن يكون المصدر بنشاط إشعاعي اقل من 100 ميكابيكريل ، ويمكن أن ينتج جرعة مفرطة للشخص (ما لم يُحمل في الجيب مثلا) وعند فقدان الحاجز الوقائي من المحتمل عدّه حادث موضعي ، تمسك مثل هذه المصادر عادة بوساطة ملاقط وتخزن في حافظة (حاوية) صغيرة مبطنة بالرصاص ، إن اغلب حوادث فقدان الحاجز الوقائي الشائعة تحدث عندما يُنقل المصدر من حافظته من قبل احد الأشخاص ولم يتم إرجاعه الى الحافظة بعد . الطريقة المفضلة للوقاية من هذه الحالة هي استعمال أجهزة تنبيه مثبته و التنبه عندما يكون المصدر خارج حافظته ، إن جميع المصادر الإشعاعية إذا استعملت بانتظام يقلل من احتمالية عدم الكشف عن الحالة لمدة طويلة من الزمن .

قد ينتج فقدان الحاجز الوقائي بسبب التدمير الميكانيكي ، على سبيل المثال ، إذا سقطت الحاوية ، ففي هذه الحالة لا يستوجب وجود مشكلة الكشف عنها أو قد ينتج من تأثيرات الحريق التي يمكن أن لا تسبب انصهار الحاجز الوقائي فقط وإنما تسبب في فقدان مادة المصدر نفسها .

ثانياً : المصادر الإشعاعية غير المغلقة (المفتوحة):

1- **مصادر الإشعاع الطبيعية هي**: مصادر الإشعاع المُؤين ذات المنشأ الكوني أو الأرضي .
2- **الأشعة الكونية هي** : دقائق مشحونة كهربائياً وذات طاقة عالية جداً أو أشعة كاما مصدرها الفضاء الخارجي .
3- **مصادر الإشعاع الأرضي** : وهي المواد المشعة المتولدة طبيعيا وليس للإنسان يد في توفيرها ، وتتضمن السلاسل المشعة الطبيعية وبعض النويدات المفردة الموجودة في القشرة الأرضية .

4- **مصادر الإشعاع الصناعية** : وهي مصادر الإشعاع المُؤين وهي ليست من مصادر الإشعاع الطبيعية ، مثل مولدات الأشعة السينية والمعجلات النووية والمفاعلات النووية .

5- **مولدات الأشعة** : هي أجهزة قادرة على توليد إشعاعات ، كالأشعة السينية أو النيترونات أو الالكترونات ، أو غير ذلك من الجسيمات المشحونة ،ويمكن أن تستعمل في الأغراض العلمية أو الصناعية أو الطبية أو غيرها .

- **الحوادث الإشعاعية** : وهي حدث غير مقصود بما في ذلك أخطاء التشغيل ، أو أعطال المعدات ، أو غيرها من الحوادث ، ولا يمكن تجاهل عواقبه الفعلية أو المحتملة من زاوية الوقاية والأمان .
- **النشاط الإشعاعي** : هو عدد الإنحلالات التي تحدث في الثانية الواحدة وتقاس عادة بوحدات البيكريل أو الكيوري .
- **البيكريل** : هو مسمى لوحدة النشاط الإشعاعي إذ وجد أن واحد بيكريل يكافئ انحلال (تحلل) لكل ثانية . $1Bq = 1dis/s$
- **الكيوري** : هو مسمى لوحدة النشاط الإشعاعي الناتج من تحلل واحد غرام من الراديوم - 226 في الثانية الواحدة ويكافئ $(3.7 \times 10^{10}\ dis/s)$.
- **الممارسات الإشعاعية** : وهي أي نشاط بشري يزيد من التعرض الإشعاعي خلال تداول المصادر الإشعاعية لأي غرض بما في ذلك الحيازة والاستعمال والخزن والنقل والاتجار والإتلاف والطمر ويستثنى من ذلك التعرض الطارئ .
- **التعرض الإشعاعي** : وهو التعرض للإشعاع من مصادر إشعاعية والذي ينتج عنه تشعيع الأفراد أو المواد بالإشعاعات المُؤينة نتيجة الممارسات الإشعاعية وقد يكون تعرضا خارجيا عن طريق مصادر أو مواد موجودة خارج جسم الإنسان أو داخلياً ناتج عن مصادر أو مواد موجودة داخل جسم الإنسان وتصنف التعرضات الإشعاعية الى :- عادية أو ممكنة ، أو تعرض للجمهور وقد يكون مؤقتاً أو مزمناً أو مهنياً وفي الحالات التي تقتضي التدخل قد يكون التعرض طارئاً أو تعرض ممتد .

- **التعرض العادي** : وهو تعرض الأفراد للإشعاع المُؤين في ظل ظروف التشغيل العادية (لمنشأة أو مصدر بما في ذلك الحوادث الطفيفة المحتملة الوقوع والتي يمكن السيطرة عليها) .
- **التعرض الحادث** : هو تعرض الأفراد الذي ينجم عن حادث إذ لايشمل التعرض الطارئ.
- **التعرض الطارئ** : وهو تعرض أفراد ينفذون إجراء سريعاً ضرورياً لغرض منع تعرض عدد كبير من الناس أو إنقاذ لبضائع أو منشآت ذات قيمة ومن المحتمل أن يتلقى هؤلاء الأفراد جرعات إشعاعية .
- **حدود الجُرع** : هي قيمة الجرعة الفعالة أو المكافئة التي يتلقاها الأفراد في ممارسات خاضعة للرقابة ولا يصح تجاوزها .
- **الجرعة المكافئة** : الجرعة المكافئة في نسيج أو عضو هي حاصل ضرب الجرعة الممتصة في هذا العضو في المعامل المرجح للإشعاع المتسبب وتقاس بوحدة (السيفرت) .
- **التخويل** : هو تصريح تمنحه الهيئة على شكل وثيقة لشخص قانوني تقدم بطلب للاضطلاع بممارسة إشعاعية ، وقد يتخذ التخويل شكل تسجيل أو ترخيص .
- **الجرعة الفعالة** : هي مجموع حاصل ضرب الجرعات المكافئة للأنسجة والأعضاء البشرية في المعاملات الوزنية المقابلة لهذه الأنسجة أو الأعضاء وتقاس بوحدة (السيفرت)(Sv) .
- **الجرعة الفعالة التراكمية** : وهي حاصل ضرب متوسط الجرعة الفعالة للفرد الواحد في عدد أفراد المجموعة وتعبر عن التعرض الإشعاعي الكلي في مجموعة من البشر .
- **الجرعة التراكمية** : هي تعبير عن الجرعة الإشعاعية الكلية في قطاع من السكان ويعرف بأنه حاصل ضرب عدد الأفراد المعرضين لمصدرها في الجرعة الإشعاعية المتوسطة التي تعرضوا لها ، ويعبر عن الجرعة التجمعية بالوحدة (سيفرت . رجل) .
- **قيود الجرعة** : تقييد متوقع يتعلق بالمصدر ويفرض على الجرعة الفردية المتلقاة عن طريق هذا المصدر ويستعمل كحد لأمثلة وقاية المصادر وأمنها .

- **الضرر الإشعاعي** : هو مجمل الضرر الذي قد يقع في آخر الأمر على مجموعة معرضة وعلى من ينحدرون منها نتيجة تعرض هذه المجموعة لإشعاع منبعث من مصدر ما .
- **أمن المصادر الإشعاعية** : وهي التدابير التي تحول دون الوصول الى المصادر الإشعاعية على نحو غير مصرح به مما يؤدي الى إتلافها أو فقدانها أو سرقتها أو تحويل أماكن تواجدها أو استعمالها .
- **أمان المصادر المشعة** : وهي التدابير التي يقصد بها تقليل احتمالات وقوع حوادث تتضمن التعرض الإشعاعي من المصادر الإشعاعية أو التخفيف من عواقب تلك الحوادث إذا وقعت .
- **التسجيل** : هو شكل من أشكال التخويل لممارسات تنطوي على مخاطر ضئيلة أو متوسطة وينبغي أن تكون متطلبات تقويم الأمان والشروط على الممارسات الإشعاعية اقل حدة مما يلزم للترخيص .
- **الخبير المؤهل** : هو شخص معترف به بموجب شهادة صادرة من المجالس أو الجمعيات المختصة أو رخص مهنية أو مؤهلات علمية وخبرة ، في مجال ذي صلة مثل الفيزياء الطبية أو الوقاية من الإشعاعات أو الصحة المهنية أو الأمان من الحرائق أو توكيد الجودة أو أي حقل اختصاص ذي صلة في مجال الهندسة أو الأمان .
- **الإشعار** : هي وثيقة تقدمها شخصية قانونية الى الهيئة لإشعارها باعتزامها الاضطلاع بممارسات معينة أو أي إجراء آخر موضح في الالتزامات العامة لتطبيق هذه المعايير .
- **النفايات المشعة** : هي أي مادة تحتوي على نظائر مشعة أو ملوثة بها لتراكيز مستويات النشاط الإشعاعي والتي تزيد على المستويات المستثناة التي تحددها الهيئة .
- **المنتج الاستهلاكي** : هو جهاز مثل كاشف الدخان أو المؤشر الوميضي أو الأنبوب المولد للأيونات الذي يحتوي على كميات ضئيلة من المواد المشعة .
- **الشخص المخول** : هو أي منظمة أو هيئة أو شركة أو مؤسسة أو اتحاد أو شركة عقارية أو مؤسسة عامة أو خاصة أو مجموعة أو كيان سياسي أو إداري أو أي أشخاص آخرين يعينون وفقا للتشريع الوطني ويضطلعون بمسؤولية اتخاذ أي إجراء وفقا لهذه المعايير ويملكون سلطة اتخاذه .

- **النظام الرقابي** : هو نظام الرقابة على استعمال مصادر الإشعاع .
- **الإعفاء** : الإعفاء من متطلبات الأنظمة الرقابية والتي لا يتجاوز نشاطها الإشعاعي المستويات التي تحددها الهيئة .
- **التدخل** : هو أي عمل يقصد به تفادي أو تقليل احتمال التعرض الإشعاعي من الممارسات الإشعاعية ، أو جزء منها في حالة فقدان السيطرة عليها نتيجة حادث .
- **خطة الطوارئ** : هي مجموعة من الإجراءات أو الخطوات المتتالية التي يتم تنفيذها عند وقوع حادث ذي صلة بالمصادر الإشعاعية .
- **المعايرة** : وهي عملية تحديد المواصفات الحقيقية للمصادر الإشعاعية والأجهزة المرافقة لها باستعمال مصادر ومعدات قياسية معيارية معترف بها رسمياً .

لغرض وضع ضوابط مناسبة لتداول المواد المشعة يستلزم التعرف على الخصائص الأساسية لهذه المواد ، فهذه المواد لها خصائص معينة مثل أنواع الإشعاعات المنبعثة منها ومعدل الانبعاث وغيرها . إن معرفة هذه الخصائص ضرورية في وضع الأساليب الوقائية في التعامل مع المواد المشعة ، وفيما يأتي استعراضاً لهذه الخصائص :

1-1 النشاط الإشعاعي Radioactivity

النويدة هي نواة تتكون من عدد معين من البروتونات والنيوترونات ، والنويدة المشعة هي تلك النويدة التي تمتلك خاصية التحويل التلقائي لجزء من كتلتها الى طاقة تبعثها على شكل جسيمات نووية مثل دقائق ألفا و بيتا (السالبة أو الموجبة) ، وقد يتبعها انطلاق إشعاعات كاما ، هذه الخاصية يطلق عليها تسمية النشاط الإشعاعي . كما تدعى هذه العملية بالانحلال الإشعاعي أو الاضمحلال أو التفكك الإشعاعي .

على سبيل المثال يتكون الهيدروجين-1 من نواة تضم بروتوناً واحداً ،والكترون يدور حولها ولا تحتوي نواته على نيوترونات ، إن هذا الهيدروجين هو نظير مستقر .

والهيدروجين-2 (يطلق عليه تسمية الديتيريوم أو الهيدروجين الثقيل) تضم نواته بروتون واحد مع نيوترون واحد والكترون يدور حولهما ، هذا الهيدروجين هو أيضا نظير مستقر .

اما الهيدروجين-3 (التريتيوم) تضم نواته بروتون واحد مع نيوترونين ، والكترون يدور حول النواة . والتريتيوم نظير غير مستقر . انه النويدة المشعة أو النظير المشع للهيدروجين ، وعندما يتحول قسم من كتلة التريتيوم بصورة تلقائية الى طاقة ، فأن هذه الطاقة تنبعث على شكل جسيمات نووية ، إذ ستعطي نظير الهليوم-3 المستقر مصحوبا بإنطلاق جسيمات بيتا السالبة .

2-1 الانحلال الإشعاعي Radioactive decay :

جميع النويدات المشعة تنحل ، لتصبح نويدات مستقرة في نهاية المطاف ، وان بعضا منها يعاني سلسلة من الانحلالات قبل الوصول الى حالة الاستقرار . على سبيل المثال ، تنحل نويدة السترونتيوم-90 (Sr-90) المشعة الى نويدة اليوتيريوم-90 (Y-90) المشعة ، وهذه

بدورها تنحل الى نويدة الزركونيوم–90 (Zr-90) المستقرة ، وهذه تمثل سلسلة انحلال السترونتيوم-90 التي يعّد فيها السترونتيوم بأنه "الأم" و اليوتيريوم بأنه " البنت " كما في المخطط الآتي :

$$Sr^{90} \longrightarrow Y^{90} \longrightarrow Zr^{90}$$

إن عملية الانحلال الإشعاعي هي عملية تلقائية لا تتأثر بالضغط أو الحرارة أو الصيغة الكيميائية وهي عملية عشوائية لا يعرف الوقت الذي تنحل فيه نواة ذرة معينة ، لكن ، عند وجود عدد كبير من الذرات ، يمكن معرفة جزء أو مقدار نوى الذرات التي ستنحل في مدة زمنية محددة التي هي تمثل معدل الانحلال ، ويطلق على المدة الزمنية التي تحدد معدل الانحلال لنويدة مشعة ما بـ" **عمر النصف**" فعمر النصف للنويدة المشعة هو المدة الزمنية اللازمة لكي ينحل فيها نصف عدد نوى ذراتها .

إن عمر النصف هو مقياس مفيد ومهم ، إذ لا توجد نويدتان مشعتان مختلفتان تمتلكان نفس عمر النصف كما إن هذا العمر لا يتأثر بالبيئة الفيزيائية أو الكيميائية للذرة .

1-3 وحدات قياس النشاط الإشعاعي :

كانت الوحدة الأساسية لقياس النشاط الإشعاعي (A) هي **الكيوري** (Ci) وأجزاؤه مثل الملي كيوري (mci) والمايكرو كيوري (µci). تعد وحدة الكيوري كبيرة ،إذ أن العينة التي يبلغ نشاطها الإشعاعي كيوري واحد يحصل فيها (3.7×10^{10} dis/s) ، وتستعمل في الوقت الحاضر الوحدة المعيارية الدولية لقياس النشاط الإشعاعي ، وهذه الوحدة هي البيكريل (Bq) والبيكريل عبارة عن انحلال واحد في الثانية . ونظرا لصغر هذه الوحدة تستعمل في كثير من الأحيان مضاعفاتها مثل الكيلو بيكريل (kBq) والميكا بيكريل (MBq) والكيكا بيكريل (GBq) .

1-4 الإشعاع وأنواعه :

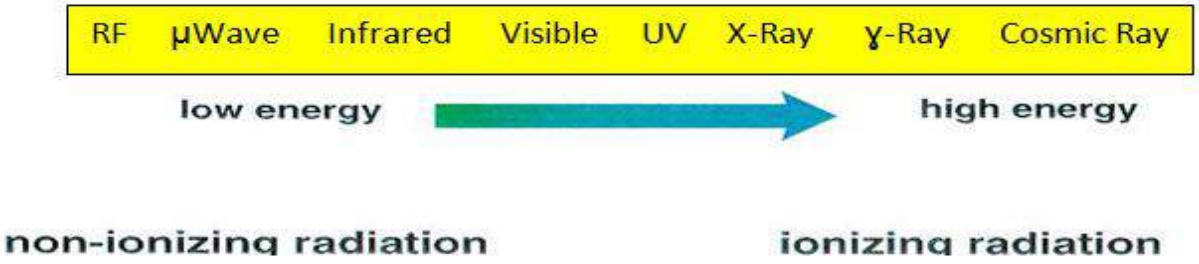
الإشعاع : وهو طاقة منبعثة على شكل جسيمات أو موجات كهرومغناطيسية وهنالك نوعان أساسيان للإشعاع هما :

1-4-1 الإشعاع غير المؤين :

يمتاز بطاقة صغيرة مثل موجات الراديو والرادار والأشعة تحت الحمراء(IR) والضوء العادي والأشعة فوق البنفسجية (UV)، وليس لهذا الإشعاع القدرة على إحداث تأيين في خلايا جسم الإنسان .

2-4-1 الإشعاع المؤين :

يمتاز بطاقة كبيرة وله القدرة على إحداث تأيين في خلايا الجسم الحي والأمثلة على الإشعاعات المؤينة هي جسيمات ألفا وبيتا (السالبة أو الموجبة) والأشعة السينية وإشعاعات كاما . ويمكن أن يكون مصدر الإشعاع المؤين طبيعيا أو صناعيا .



شكل (1-1) أنواع الإشعاعات

3-4-1 أنواع وخصائص الإشعاع المؤين :

1. **جسيمات ألفا** :

هي جسيمات لها كتلة عالية نسبياً وتتكون من بروتونين و نيوترونين . وتكون قدرة اختراقها للمواد منخفضة جدا ، ولها قابلية كبيرة على إحداث التأين ، أما مدى هذه الجسيمات في المواد الصلبة والسائلة فهو قصير جدا بحيث لا تستطيع المرور خلال بضع صفحات من الورق أو صفيحة خفيفة من الألمنيوم .

و بسبب قلة اختراقها للمواد فأن خطورتها على الإنسان محدودة وتكفي الملابس الاعتيادية التي يلبسها الإنسان لحمايته منها في معظم الأحيان عند التعرض الخارجي ، وتوجد مصادر طبيعية وصناعية لأشعة ألفا وهنالك حوالي 25 مصدراً طبيعياً معروفاً و

200 مصدراً صناعياً لها ، إن مصادر أشعة ألفا تكون على درجة عالية من الخطورة عند وجودها داخل الجسم إذ تسبب تأيناً لجزيئات الخلايا الحية المحيطة بها وتلفاً شديداً لهذه الخلايا ولذلك يجب الحذر عند التعامل مع النظائر المشعة الباعثة لأشعة ألفا ومنع تراكمها في الجسم .

2. **جسيمات بيتا** :

هي عبارة عن الكترونات سالبة أو موجبة (بوزترونات) . وبسبب الشحنة التي تحملها هذه الجسيمات فأنها تكون سريعة التفاعل مع الوسط الذي تمر خلاله ولا تخترق الأوساط المادية لمسافة طويلة . ولكن بسبب قلة كتلتها فأنها تسير مسافات أطول من تلك التي تسيرها أشعة ألفا ، وبسبب صغر كتلتها تنحرف جسيمات بيتا عند اصطدامها بذرات الهواء أو الوسط الذي تمر فيه ويسمى هذا بالتأين الأولي ، أما باقي الأيونات فتتكون من عملية التأين الثانوي الناتج عن تصادم الأيونات مع الذرات الأخرى .

إن معظم مصادرأشعة بيتا هي مصادر صناعية ولا يوجد فيها إلا عدداً قليلاً من المصادرالطبيعية الباعثة لها . وتتراوح طاقة جسيمات بيتا بين بضع مئات ألاف الإلكترون فولت وعدة ملايين إلكترون فولت . وعند تواجد مصدر لأشعة بيتا خارج جسم حي يمكنها اختراق الطبقات الخارجية للجلد مسببة أضراراً في طبقاتهِ الداخلية ، مع أن أشعة بيتا تتسبب في تأيين المواد بصورة أقل من جسيمات ألفا فأنها تمثل مصدراً خطراً شديداً داخل الجسم وتتسبب في إحداث أضرار متعددة ومعقدة خاصة بسبب التأين الثانوي الذي تحدثه داخل الخلايا الحية .

3. **أشعة كاما :**

هي أشعة كهرومغناطيسية بطول موجة قصير جداً ، تنبعث خلال العمليات النووية كالتفاعلات النووية عند انحلال الذرات أو فناء الجسيمة مع ضديدها كما يحدث عند تصادم الإلكترون مع البوزترون وتحولهما الى أشعة كاما . تنبعث أشعة كاما على شكل سيل من الفوتونات سرعتها سرعة الضوء في الفراغ وليس لها شحنة أو كتلة سكونية وهي تصدر من النواة مقارنة بالأشعة السينية التي هي أيضا فوتونات لكنها تصدر من الالكترونات خارج

النواة أو بطرائق أخرى . تبدأ طاقة الفوتون بعدة ألاف إلكترون فولط حتى تصل ملايين الإلكترون فولط .

إن لهذه الأشعة القدرة على اختراق الأجسام أعلى بكثير من جسيمتي ألفا و بيتا . ولكن قابليتها على إحداث التأيين أقل منهما بكثير . وقد يصحب انبعاث جسيمات ألفا أو بيتا انبعاث أشعة كاما . وأشعة كاما تنبعث من جميع النظائر الصناعية المشعة تقريبا ومن بعض النظائر المشعة الطبيعية .

4. **النيوترونات :**

النيوترون جسيم يصدر عن نوى الذرات وهو متعادل الشحنة ، لذا بإمكانه اختراق المواد بسهولة كبيرة وخاصة المواد التي تستعمل للوقاية من أنواع أخرى من الإشعاع كالرصاص مثلا . لذا تتخذ إجراءات حماية خاصة للوقاية من هذه الجسيمات لأنها تشكل خطراً كبيراً على الأجسام الحية ، فهي لا تحدث تلفا للخلايا عند مرورها فحسب وإنما تسبب تحول جزء من الكائن الحي الى مصدر مشع مسببة تلفاً وأضراراً شديدة ودائمة ، فمثلا عند مرورها في جسم الإنسان تحول جزء من الكالسيوم وكذلك البوتاسيوم الى نظائر مشعة تقوم بدورها بإشعاع جسيمة بيتا وأشعة كاما داخل الجسم الحي ، إن الضرر الذي تحدثهُ أشعة السيل النيوتروني يقدر بحوالي أربع الى عشر مرات أكثر من الضرر الذي تحدثهُ كميات مماثلة من أشعة كاما أو الأشعة السينية ، وهذا يعني إن كمية الضرر الناتجة من النيوترونات هي اخطر بكثير من أنواع الإشعاع الأخرى ، ويمكن حجب النيوترونات بوساطة مواد مثل الماء والخرسانة والمواد الهيدروكاربونية كالبارافين وأي مواد ذات وفرة عالية من الهيدروجين ، وأهم مصادر النيوترونات هي المفاعلات والمعجلات ، والأخيرة يتم فيها تعجيل دقائق مشحونة أو نوى عناصر خفيفة لتقصف نواة عنصر آخر (مادة الهدف عادة) ، إذ يؤدي هذا التفاعل الى الحصول على نيوترونات بطاقات مختلفة بحسب ظروف التشغيل ونوع التفاعل المستعمل مثل (α , n) و (d , n) و (p , n) .

5. الأشعة السينية :

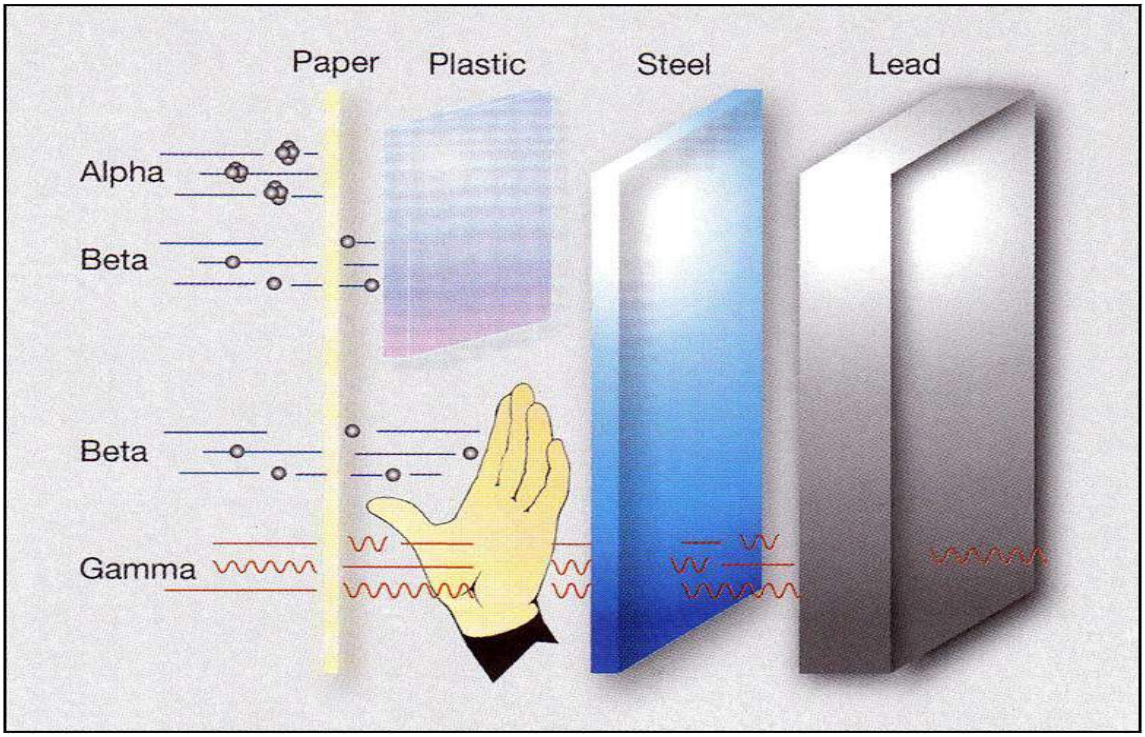
تتولد الأشعة السينية عند توقف الالكترونات المتحركة بسرعة عالية جداً فجأةً بوساطة مادة عددها الذري عالي ، ولهذا يحتاج مولد الأشعة السينية الى مصدر الكتروني ووسائل تعجيل الالكترونات الى سرع عالية وهدف يتم فيه توجيه الأشعة السينية إليه ، وتتألف مجموعة الأشعة السينية من أنبوبة الأشعة السينية ودوائر كهربائية مختلفة تكون عادة في وحدة سيطرة منفصلة , والشكل (1-3) يوضح جهاز الأشعة السينية .

تنتمي الأشعة السينية الى مجموعة الإشعاع الكهرومغناطيسي ، وهي تشابه الضوء والموجات الراديوية وأشعة كاما ، وهي لا تمتلك كتلة سكونية أو شحنة ، ولكن لها طول موجي يعتمد على طاقتها ، وهي ذات طاقة عالية ، لذا فهي الأقرب الى أشعة كاما إلا أنها تختلف عنها بثلاث نقاط مهمة وهي :

أولاً : أنها تنشأ من التغييرات في مدار الالكترون (أي تنشا من الذرة) ، أما أشعة كاما فإنها تنشأ من نواة الذرة .

ثانياً : أن أشعة كاما الناتجة من مصدر معين لها طاقات منفصلة (مميزة) أو محدودة ، بينما تمتلك الأشعة السينية عادة مدى طيفياً واسعاً من الطاقات (توزيع مستمر) لغاية بعض القيم القصوى المميزة .

ثالثاً : بصورة عامة إن طاقات أشعة كاما هي عادة من مراتب (MeV) وهي اكبر بكثير من طاقات الأشعة السينية والتي هي عادة من مراتب (keV) .



شكل (1-2) مواد توهين أنواع الإشعاعات

شكل (1-3) جهاز الأشعة السينية

يستند نظام التصنيف بشكل رئيسي الى احتمال أن تُخلف المصادر المشعة تأثيرات صحية قطعية ، وبالتالي فان نظام التصنيف يستند الى مفهوم المصادر الخطرة – المحددة مقاديرها على أساس القيم الخطرة D ، وتمثل القيمة الخطرة D النشاط النوعي للنويدات المشعة في مصدر قادر في حال عدم التحكم به على إحداث آثار قطعية خطيرة في مجموعة من السيناريوهات تتضمن التعرض الخارجي من مصدر غير مدرع والتعرض الداخلي نتيجة تشتت المادة المصدرية ، تم استعمال القيم الخطرة D على أنها معامل المعايرة نظرا لكونها تستند الى الآثار الصحية الحتمية وهي بالتالي قابلة للتطبيق على الدول كلها .

يتفاوت معدل نشاط المادة المشعة A في المصادر تفاوتاً شديداً ، لذا فان القيم الخطرة (D) تستعمل لمعايرة طائفة الأنشطة بغية استحداث مرجع يحال إليه لمقارنة المخاطر ، تستعمل قيم نسبة النشاط الى القيمة الخطرة A/D لوضع ترتيب أولي للمخاطر النسبية الناجمة عن المصادر التي يتم تصنيفها تبعا لذلك بعد دراسة عوامل أخرى مثل الشكلين الفيزيائي والكيميائي ونوع التدريع أو الاحتواء المستعمل وظروف الاستعمال وحالات الحوادث المرتبطة بها ، ولا شك إن دراسة العوامل هذه غير موضوعية وتستند بشكل كبير الى الأحكام المتعارف عليها دولياً ، تماما مثل الحدود بين الفئات .

يتكون نظام التصنيف الوارد في دليل الأمان الحالي رقم RS-G-1.9 من خمس فئات ، ويُعدُّ هذا الرقم كافياً لإتاحة التطبيق العلمي للخطة من دون دقة مفرطة ووفق نظام التصنيف يُعدُّ من فئة المصادر (1) التي هي الأخطر نظراً لما تشكله من خطراً شديداً جداً على الصحة البشرية في حال عدم التصرف بها على نحو مأمون وآمن ، ومجرد التعرض لبضع دقائق لمصدر غير مدرع من الفئة (1) قد يسبب الموت ، وفي الظروف الأدنى من نظام التصنيف يَعتبرُ أن مصادر الفئة (5) هي الأقل خطراً بيد إن حتى هذه المصادر قد تولد جرعات تفوق حدود الجرعات المقرة في حال عدم التحكم بها بشكل صحيح ، وبالتالي يجب إخضاعها للتحكم الرقابي الملائم .

ينبغي للهيئة الرقابية أن تستعمل نظام التصنيف الوارد وصفه في الجدول رقم (1) لتوفير أساس متسق لتطبيق هذه المتطلبات في مجالات أخرى بما فيها الآتي :

1. التدابير الرقابية .
2. التدابير الأمنية .
3. السجل الوطني للمصادر .
4. ضوابط الاستيراد والتصدير .
5. وسم المصادر ذات النشاط العالي .
6. التأهب للطوارئ والتصدي لها .
7. تحديد الأولويات لاستعادة السيطرة على المصادر اليتيمة .
8. التواصل مع عامة الجمهور .

الجدول(2-1) الفئات الموصى بها للمصادر المستعملة في الممارسات الشائعة

تحديد الفئة	المصادر والممارسة	نسبة النشاط إلى القيمة الخطرة (A/D)
1	المولدات الكهربائية الحرارية العاملة بالنظائر المشعة أجهزة التشعيع مصادر العلاج عن بعد مصادر العلاج عن بعد الثابتة والمتعددة الحزم(مشرط أشعة غاما)	نسبة النشاط الى القيمة الخطرة تفوق او تساوي 1000
2	مصادر التصوير الاشعاعي بأشعة غاما للأغراض الصناعية مصادر التشعيع الداخلي بجرعات عالية/متوسطة	نسبة النشاط الى القيمة الخطرة اقل من 1000 وتفوق او تساوي 10
3	المقايسس الصناعية الثابتة التي تحوي على مصادر ذات نشاط إشعاعي قوي مقاييس تسجيل بيانات الآبار	نسبة النشاط الى القيمة الخطرة اقل من 10 وتفوق او تساوي 1
4	مصادر التشعيع الداخلي بجرعات منخفضة (باستثناء عمليات الترقيع المرضي والزراعة الدائمة في العين) المقاييس الصناعية التي لا تنطوي على مصادر ذات نشاط اشعاعي قوي أجهزة قياس كثافة العظام الأجهزة المزيلة للكهربائية الاستاتيكية	نسبة النشاط الى القيمة الخطرة اقل من 1 وتفوق او تساوي 0.01
5	مصادر التشعيع الداخلي بجرعات منخفضة لعمليات الترقيع الموضعي والزراعة الدائمة في العين أجهزة التألق بالأشعة السنية أجهزة التقاط الالكترونات المصادر المستعملة في تنقية موسبار لقياس الطيف مصادر الفحوصات باستعمال التصوير المقطعي بالانبعاث البوزتروني	نسبة النشاط الى القيمة الخطرة اكبر من قيم الاعفاء(هو الحد الذي فيه يكون النشاط الاشعاعي للمصدر الاشعاعي عديم التأثير ولافائدة منه)

2-1 تصنيف المصادر:

ينبغي للهيئة الرقابية أن تَستعمل البيانات الواردة في الجدول رقم (2-1) ، وإن كان احد أنواع هذه المصادر غير وارد في الجدول رقم (2-1) ، ينبغي حساب نسبة النشاط الى القيمة الخطرة A/D ومقارنتها بتلك الواردة في التذييل الأول بالنسبة لأنواع مماثلة من المصادر عندما تكون الممارسة المنطوية على استعمال المصدر مجهولة أو غير مؤكدة ، في بعض الممارسات كالطب النووي مثلاً ، تُستعمل النويدات المشعة ذات العمر النصفي القصير على شكل مصدر غير مختوم وتشمل الأمثلة لتلك التطبيقات استعمال مادة التكنيشيوم-99 في التشخيص الإشعاعي واليود-131 في العلاج الإشعاعي ، وفي مثل هذه الأوضاع يجوز تطبيق مبادئ نظام التصنيف لتحديد فئة المصدر ، وينبغي تكوين الحكم عليه باختيار الفعالية على أساس قياس نسبة A/D ، ويجب إحلال هذه الحالة ، كما في الجدول الآتي:-

الجدول رقم (2-2) تصنيف الممارسات الإشعاعية حسب المجموعة الأمنية

المجموعة الأمنية	النسبة A\D	أمثلة
A	اكبر أو يساوي 1000	وحدات العلاج عن بعد ، مدية أشعة كاما الجراحية
B	اصغر من 1000 واكبر من 1	التصوير الصناعي ، المقاييس النووية الثابتة – أجهزة سبر الآبار
C	اصغر من 1 وأكبر من 0.01	العلاج بالتماس بمعدل جرعة واطئ ، مقياس كثافة العظام – مقاييس الرطوبة
D	أصغر من 0.01 واكبر من حد الإعفاء(هو الحد الذي فيه يكون النشاط الاشعاعي للمصدر الاشعاعي عديم التأثير ولافائدة منه)	العلاج بالتماس بمعدل جرعة واطئ - أجهزة القنص الالكتروني

يُقدم الجدول رقم (2-3) أمثلة لمصادر من الشائع استعمالها أو جرى استعمالها في عام 2004 (العمود الأول) وهذه القائمة ليست شاملة فقد تكون ثمة مصادر لها نشاط إشعاعي أعلى أو أدنى من النشاط الإشعاعي للمصادر الوارد ذكرها وقد تطرأ أيضا تغيرات عليها مع مرور الزمن نتيجة للتطورات التكنولوجية ، ويحدد العمود الثاني النويدة المشعة (أو النويدات المشعة) المستعملة عادة ، وترد في الأعمدة من الثالث الى الخامس أمثلة لحدود النشاط القصوى والدنيا النموذجية ، وترد القيمة الخطرة D في العمود السادس ، أما نسبة النشاط الى القيمة الخطرة A/D فترد في العمود السابع ، ويظهر تصنيف المصادر في العمودين الثامن والتاسع ، ويبين العمود الثامن التصنيف الأولي على أساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة A/D أما العمود التاسع فيبين التصنيف الموصى به مع مراعاة العوامل الإضافية التي يعرف بوجه عام أنها مرتبطة بأنواع معينة من المصادر .

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط (A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D (تيرا بيكرل)	نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل			على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
			الفـئــة 1					
المواد الكهربائية الحرارية التي تعمل بالنظائر المشعة	السترنشيوم-90	الحد الاقصى للنشاط	6.8E+0.5	2.5E+04	1.E+00	2.5E+04	1	
	السترنشيوم-90	الحد الادنى للنشاط	9.0E+03	3.3E+02	1.E+00	3.3E+02	2	1
	السترنشيوم-90	الحد النموذجي للنشاط	2.0E+04	7.4E+02	1.E+00	7.4E+02	2	
	البلوتونيوم-238	الحد الاقصى للنشاط	2.8E+02	1.0E+01	6.E-02	1.7E+02	2	
	البلوتونيوم-238	الحد الادنى للنشاط	2.8E+01	1.0E+00	6.E-02	1.7E+01	2	1
	البلوتونيوم-238	الحد النموذجي للنشاط	2.8E+0.2	1.0E+01	6.E-02	1.7E+02	2	
المشعّات المستعملة في التعقيم وحفظ الاغذية	الكوبالت-60	الحد الاقصى للنشاط	1.5E+07	5.6E+05	3.E-02	1.9E+07	1	
	الكوبالت-60	الحد الادنى للنشاط	5.0E+03	1.9E-02	3.E-02	6.2E+03	1	1
	الكوبالت-60	الحد النموذجي للنشاط	4.0E+06	1.5E+05	3.E-02	4.9E+06	1	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط (A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D	نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل	(تيرا بيكرل)		على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
المشعّعات ذاتية التدريع	السيزيوم-137	الحد الاقصى للنشاط	5.0E+06	1.9E+05	1.E-01	1.9E+06	1	
	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	5.0E+03	1.9E+02	1.E-01	1.9E+03	1	1
	السيزيوم-137	الحد النموذجي للنشاط	3.0E+06	1.1E+05	1.E-01	1.1E+06	1	
	السيزيوم-137	الحد الاقصى للنشاط	4.2E+04	1.6E+03	1.E-01	1.6E+04	1	
	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	2.5E+03	9.3E+01	1.E-01	9.3E+02	2	1
	السيزيوم-137	الحد النموذجي للنشاط	1.5E+04	5.6E+02	1.E-01	5.6E+03	1	
	الكوبالت-60	الحد الاقصى للنشاط	5.0E+04	1.9E+03	3.E-02	6.2E+04	1	
	الكوبالت-60	الحد الادنى للنشاط	1.5E+03	5.6E +01	3.E-02	1.9E+03	1	1
	الكوبالت-60	الحد النموذجي للنشاط	2.5E+04	9.3E+02	3.E-02	3.1E+04	1	
مشعّات الدم /الأنسجة	السيزيوم-137	الحد الاقصى للنشاط	1.2E+04	4.4E+02	1.E-01	4.4E+03	1	
	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	1.E-03	3.7E-01	1.E-01	3.7E+02	2	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط(A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D (تيرا بيكرل)	نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل			على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
مصادر العلاج عن بعد المتعددة الحزم (مدية اشعة كاما الجراحية)	السيزيوم-137	الحد النموذجي للنشاط	7.0E+0.3	2.6E+02	1.E-01	2.6E+03	1	
	الكوبالت - 60	الحد الاقصى للنشاط	3.0E+03	1.1E+02	3.E-02	3.7E+03	1	
	الكوبالت - 60	الحد الادنى للنشاط	1.5E+03	5.6E+01	3.E-02	1.9E+03	1	1
	الكوبالت - 60	الحد النموذجي للنشاط	2.4E+03	8.9E+01	3.E-02	3.0E+03	1	
	الكوبالت - 60	الحد الاقصى للنشاط	1.0E+04	3.7E+02	3.E-02	1.2E+04	1	
	الكوبالت - 60	الحد الادنى للنشاط	4.0E+03	1.5E+02	3.E-02	4.9E+03	1	1
	الكوبالت - 60	الحد النموذجي للنشاط	7.0E+03	2.6E+02	3.E-02	8.6E+03	1	
مصادر العلاج عن بعد	الكوبالت - 60	الحد الاقصى للنشاط	1.5E+04	5.6E-02	3.E-02	1.9E+04	1	
	الكوبالت - 60	الحد الادنى للنشاط	1.0E+03	3.7+01	3.E-02	1.2E+0.3	1	1
	الكوبالت – 60	الحد النموذجى للنشاط	4.0E+03	1.5E+0.2	3.E-02	4.9E+03	1	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط(A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D (تيرا بيكرل)	نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل			على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
	السيزيوم -137	الحد الاقصى للنشاط	1.5E+03	5.6E+01	1.E-01	5.6E+0	2	
	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	5.0E+02	1.9E+01	1.E-01	1.9E+02	2	1
	السيزيوم-137	الحد النموذجي للنشاط	5.0E+02	1.9E+01	1.E-01	1.9E+02	2	
الفـئــة 2								
	الكوبالت 60	الحد الادنى للنشاط	2.0E+02	7.4+00	3.E-02	2.5E+0.2	2	
	الكوبالت 60	الحد الادنى للنشاط	1.1E+01	4.1E+0.1	3.E-02	1.4E+01	2	2
	الكوبالت 60	الحد النموذجي للنشاط	6.0E+01	2.2E+00	3.E-02	7.4E+01	2	
مصادر التصوير الاشعاعي للاغراض الصناعية	الايريديوم-192	الحد الاقصى للنشاط	2.0E+0.2	7.4E+00	8.E-02	9.3E+01	2	
	الايريديوم-192	الحد الادنى للنشاط	5.0E+00	1.9E+01	8.E-02	2.3E+00	3	2
	الايريديوم-192	الحد النموذجي للنشاط	1.0E+02	3.7E+00	8.E-02	4.6E+01	2	
	السلنيوم-75	الحد الاقصى للنشاط	8.0E+01	3.0E+00	2.E-01	1.5E+01	2	
	السلنيوم-75	الحد الادنى للنشاط	8.0E+01	3.0E+00	2.E-01	1.5E+04	2	2

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
	النويدة		كمية النشاط(A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D (تيرا بيكرل)	نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل			على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
مصادر التصوير الاشعاعي للاغراض الصناعية	السلنيوم-75	الحد النموذجي للنشاط	8.0E+0.1	3.0E+00	2.E-01	1.5E+01	2	
	اليتربيوم-169	الحد الاقصى للنشاط	1.0E+01	3.7E-01	3.E-01	1.2E+00	3	
	اليتربيوم-169	الحد الادنى للنشاط	2.5E+00	9.3E-02	3.E-01	3.1E-01	4	2
	اليتربيوم-169	الحد النموذجي للنشاط	5.0E+00	1.9E-01	3.E-01	6.2E-01	4	
	الثوليوم-170	الحد الاقصى للنشاط	2.0E+02	7.4E+00	2.E+01	3.7E-01	4	
	الثوليوم-170	الحد الادنى للنشاط	2.E+01	7.4E-01	2.E+01	3.7E-02	4	2
مصادر التشعيع الداخلي- بمعدلات جرعات قوية/متوسطة	الثوليوم-170	الحمد النموذجي للنشاط	1.5E+02	5.6E+00	2.E+01	2.8E-01	4	
	الكوبالت-60	الحد الاقصى للنشاط	2.0E+01	7.4E-01	3.E-02	2.5E+01	2	
	الكوبالت-60	الحد الادنى للنشاط	5.0E+00	1.9E-01	3.E-02	6.2E-00	3	2
	الكوبالت-60	الحمد النموذجي للنشاط	1.0E+01	3.7E-01	3.E-02	1.2E+01	2	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط (A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D (تيرا بيكرل)	نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل			على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
مصادر التشعيع الداخلي- بمعدلات جرعات قوية/متوسطة	السيزيوم-137	الحد الاقصى للنشاط	8.0E+00	3.0E-01	1.E-01	3.0E+00	3	
	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	3.0E+00	1.1E-01	1.E-01	1.1E+00	3	2
	السيزيوم-137	الحد النموذجي للنشاط	3.0E+00	1.1E-01	1.E-01	1.1E+00	3	
	الايريديوم-192	الحد الاقصى للنشاط	1.2E+01	4.4E-01	8.E-02	5.6E+00	3	
	الايريديوم-192	الحد الادنى للنشاط	3.0E+00	1.1E-01	8.E-02	1.4E+00	3	2
	الايريديوم-192	الحد النموذجي للنشاط	6.0E+00	2.2E_01	8.E_02	2.8E+00	3	
مصادر المعايرة	الكوبالت-60	الحد الاقصى للنشاط	3.3E+01	1.2E+00	3.E+02	4.1+01	2	
	الكوبالت-60	الحد الادنى للنشاط	5.5E-01	2.0E-02	3.E-02	6.8E-01	4	
	الكوبالت-60	الحد النموذجي للنشاط	2.0E+01	7.4E-01	3.E-02	2.5E+01	2	
	السيزيوم-137	الحد الاقصى للنشاط	3.0E+03	1.1E+02	1.E-01	1.1E+03	1	
	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	1.5E+00	5.6E-02	1.E-01	5.6E-01	4	(أ)
	السيزيوم-137	الحد النموذجي للنشاط	6.0E+01	2.2E+00	1.E-01	2.2E+01	2	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط (A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D (تيرا بيكرل)	نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل			على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
الفـئــة 3								
مقاييس المستوى	السيزيوم-137	الحد الاقصى للنشاط	5.0E+00	1.9E-01	1.E-01	1.9E+00	3	3
	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	1.0E+00	3.7E-02	1.E-01	3.7E-01	4	
	السيزيوم-137	الحد النموذجي للنشاط	5.0E+00	1.9E-01	1.E-01	1.9E+00	3	
	الكوبالت-60	الحد الاقصى للنشاط	1.0E+01	3.7E-01	3.E-02	1.2E+01	2	
	الكوبالت-60	الحد الادنى للنشاط	1.0E-01	3.7E-03	3.E-02	1.2R-01	4	3
	الكوبالت-60	الحد النموذجي للنشاط	5.0E+00	1.9E-01	3.E-02	6.2E+00	3	
مصادر المعايرة	الأمريشيوم-241	الحد الاقصى للنشاط	2.0E+01	7.4E-01	6.E-02	1.2E+01	2	a
	الامريشيوم-241	الحد الادنى للنشاط	5.0E+00	1.9E-01	6.E-02	3.1E+00	3	
	الامريشيوم-241	الحد النموذجي للنشاط	1.0E-01	3.7E-01	6.E-02	6.2E+00	3	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط(A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D	نسبة النشاط الى القيمة (A/D)	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل	تيرا بيكرل		على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
المقاييس المستعملة في الناقلات	السيزيوم-137	الحد الاقصى للنشاط	4.0E+01	1.5E+00	1.E-01	1.5E+01	2	
	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	3.0E-03	1.1E-04	1.E-01	1.1E-03	5	3
	السيزيوم-137	الحد النموذجي للنشاط	3.E+00	1.1E-01	1.E-01	1.1E+00	3	
	الكاليفورنيوم-252	الحد الاقصى للنشاط	3.7E-02	1.4E-03	2.E-02	6.8E-02	4	
	الكاليفورنيوم-252	الحد الادني للنشاط	3.7E-02	1.4E-03	2.E-02	6.8E-02	4	3
	الكاليفورنيوم-252	الحد النموذجي للنشاط	3.7E-02	1.4E-03	2.E-02	6.8E-02	4	
المقاييس المستعملة في افران الصهر	الكوبالت-60	الحد الاقصى للنشاط	2.0E+00	7.4E-02	3.E-02	6.8E-02	3	
	الكوبالت-60	الحد الادنى للنشاط	1.0E+00	3.7E-02	3.E-02	1.2E+00	3	3
	الكوبالت-60	الحد النموذجي للنشاط	1.0E+00	3.7E-02	3.E-02	1.2E+00	3	
المقاييس المستعملة في الجرافات	الكوبالت-60	الحد الاقصى للنشاط	2.6E+00	9.6E-02	3.E-02	3.2E+00	3	
	الكوبالت-60	الحد الادنى للنشاط	2.5E-01	9.3E-03	3.E-02	3.1E-01	4	3
	الكوبالت-60	الحد النموذجي للنشاط	7.5E-01	2.8E-02	3.E-02	9.3E-01	4	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط(A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D	نسبة النشاط الى القيمة (A/D)	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل	تيرا بيكرل		على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
	السيزيوم-137	الحد الاقصى للنشاط	1.0E+01	3.7E-01	1.E-01	3.7E+00	3	
	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	2.0E-01	7.4E-03	1.E-01	7.4E-02	4	3
---------- المقاييس المستعملة في الانابيب الدوارة ---------- المصادر المستعملة في بدأ تشغيل مفاعلات البحوث	السيزيوم-137	الحد النموذجي للنشاط	2.0E+00	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4	
	السيزيوم-137	الحد الاقصى للنشاط	5.0E+00	1.9E-01	1.E-01	1.9E+00	3	
	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	2.0E+00	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4	3
	السيزيوم-137	الحد النموذجي للنشاط	2.0E+00	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4	
	الأمريشيوم-241/ البريليوم	الحد الاقصى للنشاط	5.0E+00	1.9E-01	6.E-02	3.1E+00	3	
	الأمريشيوم-241/ البريليوم	الحد الادنى للنشاط	2.0E+00	7.4E-02	6.E-02	1.2E+00	3	3
	الأمريشيوم-241/ البريليوم	الحد النموذجي للنشاط	2.0E+00	7.4E-01	6.E-02	1.2E+00	3	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط (A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D (تيرا بيكرل)	نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل			على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
المصادر المستعملة في تسجيل النشاط الاشعاعي في الآبار	الأمريشيوم-241/ البريليوم	الحد الاقصى للنشاط	2.3E+01	8.5E-01	6.E-02	1.4E+01	2	
	الأمريشيوم-241/ البريليوم	الحد الادنى للنشاط	5.0E-01	1.9E-02	6.E-02	3.1E-01	4	3
	الأمريشيوم-241/ البريليوم	الحد النموذجي للنشاط	2.0E+01	7.4E-01	6.E-02	1.2E+01	2	
	السيزيوم-137	الحد الاقصى للنشاط	2.0E_00	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4	
	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	1.0E+00	3.7E-02	1.E-01	3.7E-01	4	3
	السيزيوم-137	الحد النموذجي للنشاط	2.0E+00	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4	
	الكاليفورنيوم-252	الحد الاقصى للنشاط	1.1E-01	4.1E-03	2.E-02	2.0E-01	4	
	الكالفورنيوم-252	الحد الادنى للنشاط	2.7E-02	1.0E-03	2.E-02	5.0E-02	4	3
	الكاليفورنيوم-252	الحد النموذجي للنشاط	3.0E-02	1.1E-03	2.E-02	5.6E-02	4	
محددات سرعة التفاعل	البلوتونيوم-238	الحد الاقصى للنشاط	8.0E+00	3.0E-01	6.E-02	4.9E+00	3	
	البلوتونيوم-238	الحد الادنى للنشاط	2.9E+00	1.1E-01	6.E-02	1.8E+00	3	(ب)
	البلوتونيوم-238	الحد النموذجي للنشاط	3.0E+00	1.1E-01	6.E-02	1.9E+00	3	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط(A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D تيرا بيكرل	نسبة النشاط الى القيمة (A/D)	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل			على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
مصادر المعايرة	البلوتونيوم-239/البريليوم	الحد الاقصى للنشاط	1.0E+01	3.7E-01	6.E-02	6.2+00	3	
	البلوتونيوم-239/البريليوم	الحمد الادنى للنشاط	2.0E+00	7.4E-02	6.E-02	6.2E+00	3	a
	البلوتونيوم-239/البريليوم	الحد النموذجي للنشاط	3.0E+00	1.1E-01	6.E-02	1.9E+00	3	
الفـئــة 4								
مصادر التشعيع الداخلي – بمعدلات جرعات ضعيفة	السيزيوم-137	الحد الاقصى للنشاط	7.0E-01	2.6E-02	1.E-01	2.6E-01	4	
	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	1.0E-02	3.7E-04	1.E-01	3.7E-03	5	4
	السيزيوم-137	الحد النموذجي للنشاط	5.0E-01	1.9E-02	1.E-01	1.9E-01	4	
	الراديوم-226	الحد الاقصى للنشاط	5.0E-02	1.9E-03	4.E-02	4.6E-02	4	
	الراديوم-226	الحد الادنى للنشاط	5.0E-03	1.9E-04	4.E-02	4.6E-03	5	4
	الراديوم-226	الحد النموجي للنشاط	1.5E-02	5.6E-04	4.E-02	1.4E-02	4	
	اليود-125	الحد الاقصى للنشاط	4.0E-02	1.5E-03	2.E-01	7.4E-03	5	
	اليود-125	الحد الادنى للنشاط	4.0E-02	1.5E-03	2.E-01	7.4E-03	5	4
	اليود-125	الحد النموذجي للنشاط	4.0E-04	1.5E-03	2.E-01	7.4E-03	5	
	الايريديوم-192	الحد الاقصى للنشاط	7.5E-01	2.8E-02	8.E-02	3.5E-01	4	
	الايريديوم-192	الحد الادنى للنشاط	2.0E-02	7.4E-04	8.E-02	9.3E-03	5	4
	الايريديوم-192	الحد النموذجي للنشاط	5.0E-01	1.9E-02	8.E-02	2.3E-01	4	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط(A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D	نسبة النشاط الى القيمة (A/D)	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل	تيرا بيكرل		على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
مصادر التشعيع الداخلي – بمعدلات جرعات ضعيفة	الذهب-198	الحد الاقصى للنشاط	8.0E-02	3.0E-03	2.E-01	1.5E-02	4	
	الذهب-198	الحد الادنى للنشاط	8.0E-02	3.0E-03	2.E-01	1.5E-02	4	4
	الذهب-198	الحد النموذجي للنشاط	8.0E-02	3.0E-03	2.E-01	1.5E-02	4	
	الكاليفورنيوم-252	الحد الاقصى للنشاط	8.3E-02	3.1E-03	2.E-02	1.5E-01	4	
	الكاليفورنيوم-252	الحد الادنى للنشاط	8.3E-02	3.1E-03	2.E-02	1.5E-01	4	4
	الكاليفورنيوم-252	الحد النموذجي للنشاط	8.3E-02	3.1E-03	2.E-02	1.5E-01	4	
مقاييس السماكة	الكربتون-85	الحد الاقصى للنشاط	1.0E+00	3.7E-02	3.E+01	1.2E-03	5	
	الكربتون-85	الحد الادنى للنشاط	5.0E-02	1.9E-03	3.E+01	6.2E-05	5	4
	الكربتون-85	الحد النموذجي للنشاط	1.0E+00	3.7E-02	3.E+01	6.2E-05	5	
	السترنشيوم-90	الحد الاقصى للنشاط	2.0E-01	7.4E-03	1.E+00	7.4E-03	5	
	السترنشيوم-90	الحد الادنى للنشاط	1.0E-02	3.7E-04	1.E+00	3.7E-04	5	4
	السترنشيوم-90	الحد النموذجي للنشاط	1.0E-01	3.7E-03	1.E+00	3.7E-03	5	
	الامريشيوم-241	الحد الاقصى للنشاط	6.0E-01	2.2E-02	6.E-02	3.7E-01	4	
	الامريشيوم-241	الحد الادنى للنشاط	3.0E-01	1.1E-02	6.E-02	1.9E-01	4	4
	الامريشيوم-241	الحد النموذجي للنشاط	6.0E-01	2.2E-02	6.E-02	3.7E-01	4	
	البروميثيوم-147	الحد الاقصى للنشاط	5.0E-02	1.9E-03	4.E+01	4.6E-05	5	
	البروميثيوم-147	الحد الادنى للنشاط	2.0E-03	7.4E-05	4.E+01	1.9E-06	5	4
	البروميثيوم-147	الحد النموذجي للنشاط	5.0E-02	1.9E-03	4.E+01	4.6E-05	5	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط(A) قيد الاستخدام		القيمة	نسبة	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل	الخطرة D تيرا بيكرل	النشاط الى القيمة (A/D)	على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
	الكوريوم-244	الحد الاقصى للنشاط	1.0E+00	3.7E-02	5.E-02	7.4E-01	4	
	الكوريوم-244	الحد الادنى للنشاط	1.0E-01	7.4E-03	5.E-02	1.5E-01	4	4
	الكوريوم-244	الحد النموذجي للنشاط	4.0E-01	1.5E-02	5.E-02	3.0E-01	4	
	الامريشيوم-241	الحد الاقصى للنشاط	1.2E-01	4.4E-03	6.E-02	7.4E-02	4	
	الامريشيوم-241	الحد الادنى للنشاط	1.2E-02	4.4E-04	6.E-02	7.4E-03	5	4
مقاييس	الامريشيوم-241	الحد النموذجي للنشاط	6.0E-02	2.2E03	6.E-02	3.7E-02	4	
مستويات	السيزيوم-137	الحد الاقصى للنشاط	6.5E-02	2.4E-03	1.E-01	2.4E-02	4	
الردم/	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	5.0E-02	1.9E-03	1.E-01	1.9E-02	4	4
الامتلاء	السيزيوم-137	الحد النموذجي للنشاط	6.0E-02	2.2E-03	1.E-01	2.2E-02	4	
	الكوبالت-60	الحد الاقصى للنشاط	5.0E-01	1.9E-02	3.E-02	6.2E-01	4	
	الكوبالت-60	الحد الادنى للنشاط	5.0E-03	1.9E-04	3.E-02	6.2E-03	5	4
	الكوبالت-60	الحد النموذجي للنشاط	2.4E-02	8.7E-04	3.E-02	2.9E-02	4	
مصادر	السترنشيوم-90	الحد الاقصى للنشاط	2.0E+00	7.4E-02	1.E+00	7.4E-02	4	
المعايرة	السترنشيوم-90	الحد الادنى للنشاط	2.0E+00	7.4E-02	1.E+00	7.4E-02	4	a
	السترنشيوم-90	الحد النموذجي للنشاط	2.0+00	7.4E-02	1.E+00	7.4E-02	4	
	الامريشيوم-241/البريليوم	الحد الاقصى للنشاط	1.0E-01	3.7E-03	6.E-02	6.2E-02	4	
كواشف	الامريشيوم-241/البريليوم	الحد الادنى للنشاط	5.0E-02	1.9E-03	6.E-02	3.1E-02	4	4
الرطوبة	الامريشيوم-241/البريليوم	الحد النموذجي للنشاط	5.0E-02	1.9E-03	6.E-02	3.1E-02	4	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط(A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D	نسبة النشاط الى القيمة (A/D)	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل	تيرا بيكرل		على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة A/D)	التصنيف الموصى به
مقاييس الكثافة	السيزيوم-137	الحد الاقصى للنشاط	1.0E-02	3.7E-04	1.E-01	3.7E-03	5	
	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	8.0E-03	3.0E-04	1.E-01	3.0E-03	5	4
	السيزيوم-137	الحد النموذجي للناشط	1.0E-02	3.7E-04	1.E-01	3.7E-03	5	
مقاييس الرطوبة /الكثافة	الامريشيوم-241/البريليوم	الحد الاقصى للنشاط	1.0E-01	3.7E-03	6.E-02	6.2E-02	4	
	الامريشيوم-241/البريليوم	الحد الادنى للنشاط	8.0E-03	3.0E-04	6.E-02	4.9E-03	5	
	الامريشيوم-241/البريليوم	الحد النموذجي للنشاط	5.0E-02	1.9E-03	6.E-02	3.1E-02	4	
	السيزيوم-137	الحد الاقصى للنشاط	1.1E-02	1.9E-03	1.E-01	4.1E-03	5	
	السيزيوم-137	الحد الادنى للنشاط	1.0E-03	3.7E-05	1.E-01	3.0E-04	5	4
	السيزيوم-137	الحد النموذجي للنشاط	1.0E-02	3.7E-04	1.E-01	3.7E-03	5	
	الراديوم-226	الحد الاقصى للنشاط	4.0E-03	1.5E-04	4.E-02	3.7E-03	5	
	الراديوم-226	الحد الادنى للنشاط	2.0E-03	7.4E-05	4.E-05	1.9E-03	5	4
	الراديوم-226	الحد النموذجي للنشاط	2.0E-03	7.4E-05	4.E-02	1.9E-01	5	
	الكاليفورنيوم-252	الحد الادنى للنشاط	7.0E-05	2.6E-06	2.E-02	1.3E-04	5	
	الكاليفورنيوم-252	الحد الادنى للنشاط	3.0E-05	1.1E-06	2.E-02	5.6E-05	5	4
	الكاليفورنيوم-252	الحد النموذجي للنشاط	6.0E-05	2.2E-06	2.E-02	1.1E-04	5	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط(A) قيد الاستخدام		القيمة	نسبة النشاط	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل	الخطرة D تيرا بيكرل	الى القيمة (A/D)	على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
المصادر المستعملة في قياس كثافة العظام	الكاديوم-109	الحد الاقصى للنشاط	2.0E-02	7.4E-04	2.E+01	6.7E-05	5	
	الكاديوم-109	الحد الادنى للنشاط	2.0E-02	7.4E-04	2.E+01	3.7E-05	5	4
	الكاديوم-109	الحد النموذجي للنشاط	2.0E-02	7.4E-04	2.E+01	3.7E-05	5	
	الجادولينيوم-153	الحد الاقصى للنشاط	1.5E+00	5.6E-02	1.E+00	5.6E-02	4	
	الجادولينيوم-153	الحد الادنى للنشاط	2.0E-02	7.4E-04	1.E+00	7.4E-04	5	4
	الجادولينيوم-153	الحد النموذجي للنشاط	1.0E+00	3.7E-02	1.E+00	3.7E-02	4	
	اليود-125	الحد الاقصى للنشاط	8.0E-01	3.0E-02	2.E-01	1.5E-01	4	
	اليود_125	الحد الادنى للنشاط	4.0E-02	1.5E-03	2.E-01	7.4E-03	5	4
	اليود-125	الحد النموذجي للنشاط	5.0E-01	1.9E-02	2.E-01	9.3E-02	4	
	الامريشيوم-241	الحد الادنى للنشاط	2.7E-01	1.0E-02	6.E-02	1.7E-02	4	
	الامريشيوم-241	الحد الادنى للنشاط	2.7E-02	1.0E-03	6.E-02	1.7E-02	4	4
	الامريشيوم-241	الحد النموذجي للنشاط	1.4E-01	5.0E-03	6.E-02	8.3E-02	4	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط(A) قيد الاستخدام		القيمة	نسبة النشاط	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل	الخطرة D تيرا بيكرل	الى القيمة (A/D)	على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
	الامريشيوم-241	الحد الاقصى للنشاط	1.1E-01	4.1E-03	6.E-02	6.8E-02	4	
الاجهزة	الامريشيوم-241	الحد الادنى للنشاط	3.0E-02	1.1E-03	6.E-02	1.9E-02	4	4
المزيلة	الامريشيوم-241	الحد النموذجي للنشاط	3.0E-02	1.1E-03	6.E-02	1.9E-02	4	
للشواش	البولونيوم-210	الحد الاقصى للنشاط	1.1E-01	4.1E-03	6.E-02	6.8E-02	4	
	البولونيوم-210	الحد الادنى للنشاط	3.0E-02	1.1E-03	6.E-02	1.9E-02	4	4
	البولونيوم-210	الحد النموذجي للنشاط	3.0E-02	1.1E-03	6.E-02	1.9E-02	4	

المولدات	الموليبدنوم-99	الحد الاقصى للنشاط	1.0E+01	3.7E-01	3.E-01	1.2E+00	3	
النظرية	الموليبدنوم-99	الحد الادنى للنشاط	1.0E+00	3.7E-02	3.E-01	1.2E-01	4	4
التشخيصية	الموليبدنوم-99	الحد النموذجي للنشاط	1.0E+00	3.7E-02	3.E-01	1.2E-01	4	

المصادر	اليود-131	الحد الاقصى للنشاط	2.0E-01	7.4E-03	2.E-01	3.7E-02	4	
الطبية	اليود-131	الحد الادنى للنشاط	1.0E-01	3.7E-03	2.E-01	1.9E-02	4	(ج)
المختومة	اليود-131	الحد النموذجي للنشاط	1.0E-01	3.7E-03	2.E-01	1.9E-02	4	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط(A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D تيرا بيكرل	نسبة النشاط الى القيمة (A/D)	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل			على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
الفـئــة 5								
المصادر المستعملة في اجهزة التحليل بتألق الاشعة السينية	الحديد-55	الحد الاقصى للنشاط	1.4E-01	5.0E-03	8.E+02	6.2E-06	5	
	الحديد-55	الحد الادنى للنشاط	3.0E-03	1.1E-04	8.E+02	1.4E-07	5	5
	الحديد-55	الحد النموذجي للنشاط	2.0E-02	7.4E-04	8.E+02	9.3E-07	5	
	الكادميوم-109	الحد الاقصى للنشاط	1.5E-01	5.6E-03	2.E+01	2.8E-04	5	
	الكادميوم-109	الحد الادنى للنشاط	3.0E-02	1.1E-03	2.E+01	5.6E-05	5	5
	الكادميوم-109	الحد النموذجي للنشاط	3.0E-02	1.1E-03	2.E+01	5.6E-05	5	
	الكوبالت-57	الحد الاقصى للنشاط	4.0E-02	1.5E-03	7.E-01	2.1E-03	5	
	الكوبالت-57	الحد الادنى للنشاط	1.5E-02	5.6E-04	7.E-01	7.9E-04	5	5
	الكوبالت-57	الحد النموذجي للنشاط	2.5E-02	9.3E-04	7.E-01	1.3E-03	5	
المصادر المستعملة في الكواشف التي تلتقط الالكترونات	النيكل-63	الحد الاقصى للنشاط	2.0E-02	7.4E-04	6.E+01	1.2E-05	5	
	النيكل-63	الحد الادنى للنشاط	5.0E-03	1.9E-04	6.E+01	3.1E-06	5	5
	النيكل-63	الحد النموذجي للنشاط	1.0E-02	3.7E-04	6.E+01	6.2E-06	5	
	الهيدروجين-3	الحد الاقصى للنشاط	3.0E-01	1.1E-02	2.E+03	5.6E-06	5	
	الهيدروجين-3	الحد الادنى للنشاط	5.0E-02	1.9E-03	2.E+03	9.3E-07	5	5
	الهيدروجين-3	الحد النموذجي للنشاط	2.5E-01	9.3E-03	2.E+03	4.6E-06	5	
اجهزة الوقاية من الصواعق	الامريشيوم-241	الحد الاقصى للنشاط	1.3E-02	4.8E-04	6.E-02	8.0E-03	5	
	الامريشيوم-241	الحد الادنى للنشاط	1.3E-03	4.8E-05	6.E-02	8.0E-04	5	5
	الامريشيوم-241	الحد النموذجي للنشاط	1.3E-03	4.8E-05	6.E-02	8.0E-04	5	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط(A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D	نسبة النشاط الى القيمة	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل	تيرا بيكرل	(A/D)	على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
	الراديوم-226	الحد الاقصى للنشاط	8.E-05	3.0E-06	4.E-02	7.4E-05	5	
	الراديوم-226	الحد الادنى للنشاط	7.0E-06	2.6E-07	4.E-02	6.5E-06	5	5
	الراديوم-226	الحد النموذجي للنشاط	3.0E-05	1.1E-06	4.E-02	2.8E-05	5	
	الهيدورجين-3	الحد الاقصى للنشاط	2.0E-01	7.4E-03	2.E+03	3.7E-06	5	
	الهيدروجين-3	الحد الادنى للنشاط	2.0E-01	7.4E-03	2.E+03	3.7E-06	5	5
	الهيدروجين-3	الحد النموذجي للنشاط	2.0E-01	7.4E-03	2.E+03	3.7E-06	5	
مصادر التشعيع الداخلي:عمليات الترقيع الموضعي والزراعة الدائمة في العين باستعمال معدلات الجرعات الضعيفة	السترنشيوم-90	الحد الاقصى للنشاط	4.0E-02	1.5E-03	1.E+00	1.5E-03	5	
	السترنشيوم-90	الحد الادنى للنشاط	2.0E-02	7.4E-04	1.E+00	7.4E-04	5	5
	السترنشيوم-90	الحد النموذجي للنشاط	2.5E	9.3E-04	1.E-04	9.3E-04	5	
	الروثنيوم/الروديوم-106	الحد الاقصى للنشاط	6.0E-04	2.2E-05	3.E-01	7.4E-05	5	
	الروثنيوم/الروديوم-106	الحد الادنى للنشاط	2.2E-04	9.1E-06	3.E-01	2.7E-05	5	
	الروثنيوم/الروديوم-106	الحد النموذجي للنشاط	6.0E-04	2.2E-05	3.E-01	7.4E-05	5	
	البلاديوم-103	الحد الاقصى للنشاط	3.0E-02	1.1E-03	9.E+01	1.2E-05	5	
	البلاديوم-103	الحد الادنى للنشاط	3.0E-02	1.1E-03	9.E+01	1.2E-05	5	5
	اللاديوم-103	الحد النموذجي للنشاط	3.0E-02	1.1E-03	9.E+01	1.2E-05	5	

الجدول (2- 3) فئات المصادر المستعملة في بعض الممارسات الشائعة

الاول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع
المصدر	النويدة		كمية النشاط(A) قيد الاستخدام		القيمة الخطرة D	نسبة النشاط الى القيمة	تحديد الفئة	
			كوري	تيرا بيكرل	تيرا بيكرل	(A/D)	على اساس نسبة النشاط الى القيمة الخطرة (A/D)	التصنيف الموصى به
مصادر الفحوصات المستعملة في التصوير المقطعي بالانبعاث البوزيتروني	الجرمانيوم-68	الحد الاقصى للنشاط	1.0E-02	3.7E-04	7.E-01	5.3E-04	5	
	الجرمانيوم-68	الحد الادنى للنشاط	1.0E-03	3.7E-05	7.E-01	5.3E-05	5	5
	الجرمانيوم-68	الحد النموذجي للنشاط	3.0E-03	1.1E-04	7.E-01	1.6E-04	5	
المصادر المستعملة في تقنية موسباور لقياس الطيف	الكوبالت-57	الحد الاقصى للنشاط	1.0E-01	3.7E-03	7.E-01	5.3E-03	5	5
	الكوبالت-57	الحد الادنى للنشاط	5.0E-03	1.9E-04	7.E-01	2.6E-04	5	5
	الكوبالت-57	الحد الموذجي للنشاط	5.0E-02	1.9E-03	7.E-01	2.6E-03	5	5
كبسولات التريتيوم المستهدفة	الهيدروجين-3	الحد الاقصى للنشاط	3.0E+01	1.1E+00	2.E+03	5.6E-04	5	
	الهيدروجين-3	الحد الادنى للنشاط	3.0E+00	1.1E-01	2.E+03	5.6E-05	5	5
	الهيدروجين-3	الحد النموذجي للنشاط	7.0E+00	2.6E-01	2.E+03	1.3E-04	5	
المصادر الطبية غير المختومة	الفوسفور-32	الحد الاقصى للنشاط	6.0E-01	2.2E-02	1.E+01	2.2E-03	5	
	الفوسفور-32	الحد الادنى للنشاط	6.0E-02	2.2E-03	1.E+01	2.2E-04	5	(ج)
	الفوسفور-32	الحد النموذجي للنشاط	6.0E-01	2.2E-02	1.E+01	2.2E-03	5	

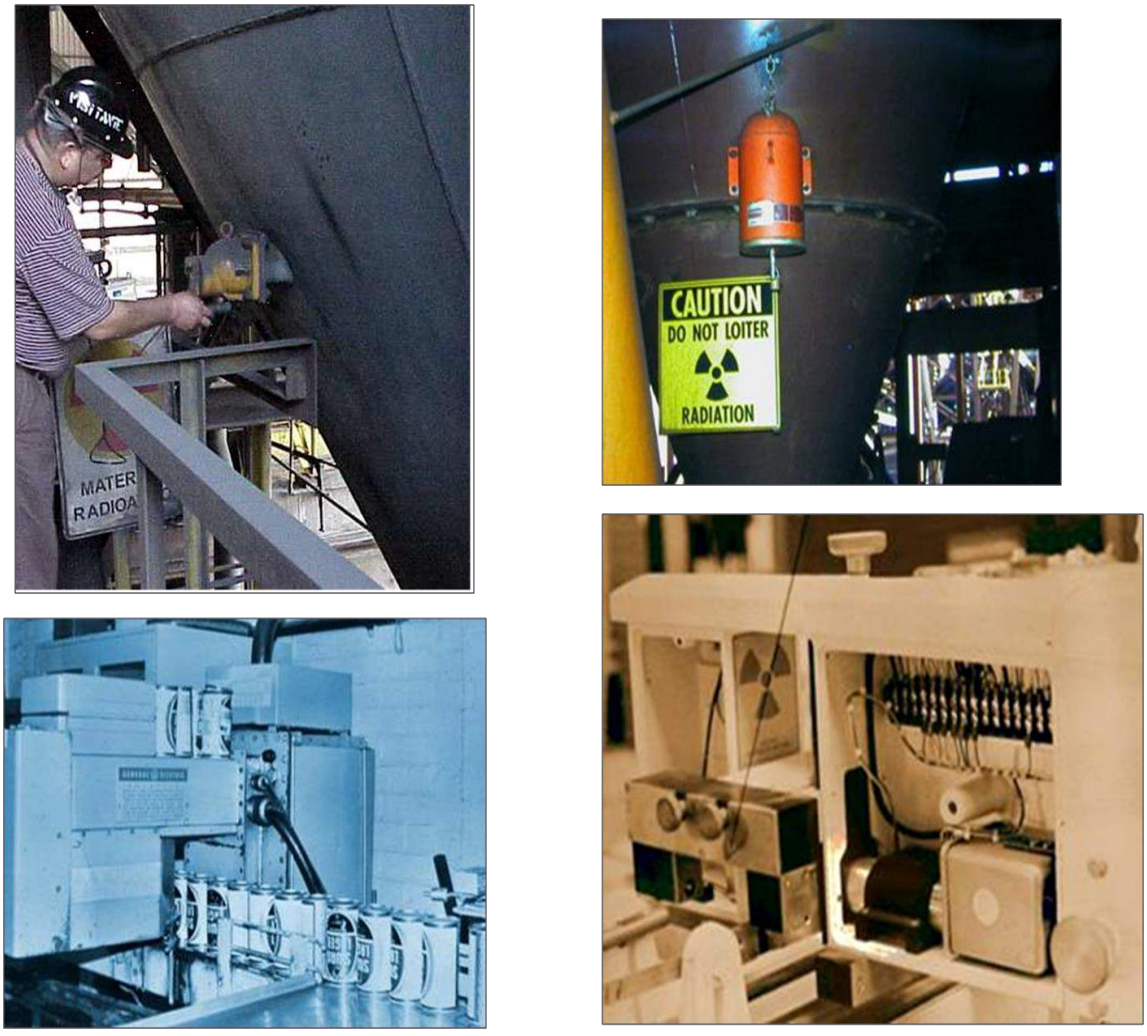
(أ)توجد مصادر المعايرة في جميع الفئات الا في الفئة 1 .وقد تم إسنادها إلى الجدول 2 وفقا للنويدة المشعة والناشط. ويجوز للهيئة الرقابية ان تعدل هذا الاسناد على اساس عوامل وظروف محددة.

(ب) مصادر البلوتونيوم-238 لم تعد تصنع بهدف استخدامها في محددات سرعة التفاعل

(ج) تندرج المصادر الطبية غير المختومة عادة ضمن الفئتين 4 و 5 ولما كانت هذه المصادر غير مختومة بطبيعتها وذات عمر نصفي قصير ، فإنه يلزم تصنيفها على اساس كل حالة على حدة.

2-2 أوصاف الفئات بلغة مبسطة :

تُستعمل المصادر المشعة على نطاق العالم في مجموعة واسعة من الأغراض المفيدة ، في مجال الصناعة والطب والزراعة والبحوث والتعليم ومتى تم التصرف في هذه المصادر على نحو مأمون وحمايتها على نحو آمن ، يتحقق إبقاء المخاطر التي يتعرض لها العاملون والجمهور عند أدنى حد مقبول ، كما إن المنافع المتحققة من استعمال المصادر ستفوق أي مخاطر مرتبطة بها ، يوصف التصنيف الظاهر في الجدول رقم (2-4) ترتيباً للمصادر المشعة من حيث احتمالات تسببها في عواقب صحية ضارة مبكرة إذا كان المصدر لا يتم التصرف فيه على نحو مأمون أو تتم حمايته على نحو آمن ، الشكل (2-1) يوضح صور متعددة لاستعمال المصادر المشعة في شتى المجالات.



شكل (2-1) صور متعددة لاستعمال المصادر المشعة في شتى المجالات

الجدول (2-4) اوصاف الفئات بغلة مبسطة

فئة المصدر	خطورة الدنو من مصدر فردي	الخطورة في حالة تشتت المادة المشعة المحتواة في المصدر عن طريق حريق أو انفجار
1	**خطر للغاية بالنسبة للشخص:** هذا المصدر، إذا لم يتم التصرف فيه على نحو مأمون أو لم تتم حمايته على نحو أمن، يحتمل ان يسبب إصابة دائمة لشخص تناوله او ظل يلامسه على نحو اخر لفترة تزيد على بضع دقائق. وربما كان مميتا الدنو من هذا المقدار من المادة المشعة غير المدرعة لمدة تتراوح بين بضع دقائق وساعة واحدة.	هذا المقدار من المادة المشعة، إذا ما تشتت، ربما أمكن-وإن كان ذلك غير مرجح- أن يسبب إصابة دائما للأشخاص المقيمين في المنطقة الملاصقة مباشرة أو ان يهدد حياتهم. والمخاطر ضئيلة، أو ربما لا توجد مخاطر على الاطلاق، في حدوث عواقب صحية مباشرة تمس أشخاصا هم على بعد يتعدى مئات قليلة من الامتار، لكن يلزم تنظيف المناطق الملوثة وفقا للمعاير الدولية ذات الصلة. وفيما يخص المصادر الكبيرة، يمكن ن تكون مساحة المنطقة الواجب تنظيفها كيلو مترا مربعاً أو اكثر من ذلك.[أ]
2	**خطر جدا بالنسبة للشخص:** هذا المصدر، إذا لم يتم التصرف فيه على نحو مأمون أو لم تتم حمايته على نحو امن، يمكن أن يسبب إصابة دائمة لشخص تناوله أو ظل يلامسه على نحو اخر لفترة قصيرة(تتراوح بين دقائق وساعات). وربما أمكن ان يكون مميتا الدنو من هذا المقدار من المادة المشعة غير المدرعة لفترة تتراوح بين ساعات وايام.	هذا المقدار من المادة المشعة، إذا ما تشتت ربما أمكن- وإن كان ذلك غير مرجح إلى حد كبير- ان يسبب اصابة دائما لاشخاص يقيمون في المنطقة الملاصقة مباشرة أو أن يهدد حياتهم. والمخاطر ضئيلة، أو ربما لا توجد مخاطر على الاطلاق، في حدوث عواقب صحية مبائرة تمس أشخاصا هم على بعد يتعدى مائة متر أو نحو ذلك، لكه يلزم تنظيف المناطق الملوثة وفقا للمعايير الدولية ذات الصلة. ويحتمل الا تتجاوز مساحة المنطقة الواجب تنظيفها كيلو مترا مربعا [أ].

3	**خطر بالنسبة للشخص:** هذا المصدر ، إذا لم يتم التصرف فيه على نحو مأمون أو لم تتم حمايته على نحو امن، يمكن أن يسبب إصابة دائمة لشخص تناوله أو ظل يلامسه على نحو اخر لبضع ساعات. وربما امكن- وأن كان ذلك غير مرجح- أن يكون مميتا الدنو من هذا المقدار من المادة المشعة غير المدرعة لمدة تتراوح بين أيام وأسابيع.	هذا المقدار من المادة المشعة، إذا ما تشتت، يمكن نوعا ما- وان كان ذلك غير مرجح للغاية- ان يسبب اصابة دائما لاشخاص يقيمون في المنطقة المجاورة مباشرة او ان يهدد حياتهم. ولن تكون ثمة سوى مخاطر قليلة أو أية مخاطر على الاطلاق في ان تحدث عواقب صحية مباشرة تمس اشخاصا هم على بعد يتعدى امتار قليلة، لكنه يلزم تنظيف المناطق الملوثة وفقا للمعايير الدولية ذات الصلة. ويحتمل الا تتجاوز مساحة المنطقة الواجب تنظيفها جزءا صغير من كيلو متر مربعا. [أ]

إن الإشعاع المؤين الناتج من المصادر المشعة يمكن أن يكون ذو تأثيرات جسدية أو وراثية ، وتعتمد هذه التأثيرات على نوع وشدة وطاقة ذلك الإشعاع ، وتكون الوقاية من الإشعاع من حيث التعرض على نوعين :

1-3 الوقاية من التعرض الخارجي :

ينجم التعرض الخارجي عن التعرض لمصادر مشعة أو أجهزة إشعاعية موجودة خارج جسم الإنسان ، وتعتمد الوقاية من التعرض الخارجي على اربعة عوامل مهمة :

- **الزمن** : إن تقليل زمن التعرض للإشعاعات المؤينة يؤدي الى تقليل الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الأفراد ، فمن الثابت أن الجرعة المتراكمة في الإنسان تتناسب طرديا مع الزمن أي إن ($d = d_o \cdot t$) إذ أن d هي الجرعة المتراكمة و d_o هي معدل الجرعة و t هو زمن التعرض ، لذا فإن أبسط أساليب الوقاية من التعرض الخارجي ، هو قضاء اقل مدة زمنية ممكنة في الأماكن التي توجد فيها الإشعاعات المؤينة ، وينبغي عدم تجاوز الجرعة الإشعاعية في الظروف الاعتيادية للعاملين عن الجرعة المقرة أو الحد المُقر .

- **المسافة** : يقل التعرض الإشعاعي بزيادة المسافة بين المصدر المشع والنقطة المعنية (بحسب قانون التربيع العكسي $I_o \alpha \frac{1}{R^2}$ إذ أن I_o يمثل شدة الإشعاع ، و R^2 مربع المسافة بين المصدر المشع والنقطة المعنية) .

- **الدروع** : يقل التعرض الإشعاعي بوضع الحواجز أو الدروع بين المصدر المشع والنقطة المعنية ، والدروع تُعد من أهم وسائل الوقاية من التعرض الخارجي ، لان الاعتماد على عاملي المسافة والزمن يتطلب وجود مسؤول وقاية من الإشعاع متفرغ بصورة مستمرة على رأس العمل حتى لا يتجاوز العاملون الجرعة المُقرة . ويتوقف نوع مادة

الدرع وسمكه على نوع الإشعاعات وطاقتها وعلى النشاط الإشعاعي للمصدر ، كما ويتوقف على معدل الجرعة المُقرة خارج الدرع .

$$I = I_o e^{-\mu x}$$

إذ أن :-

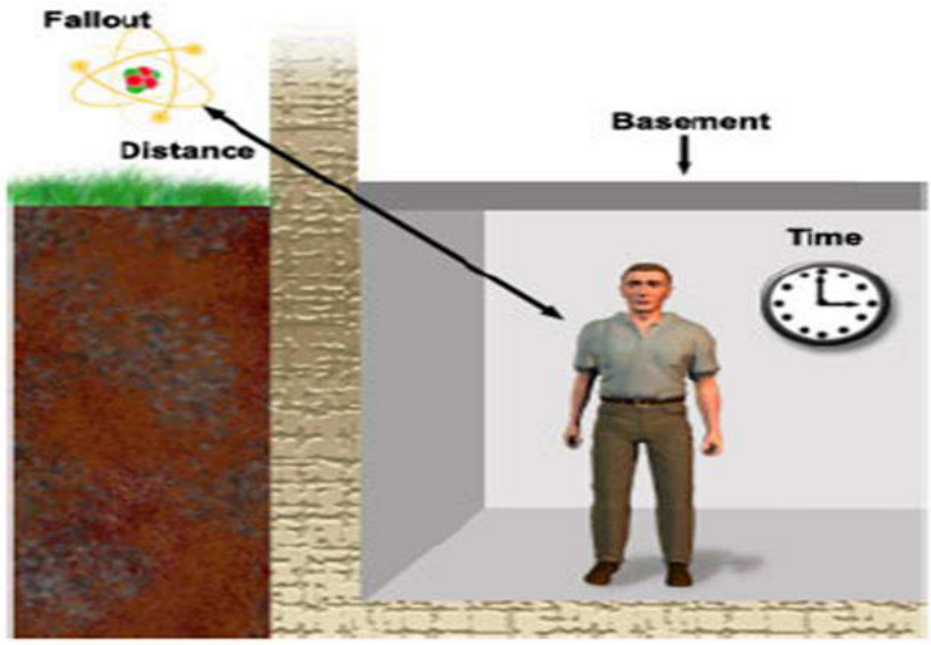
I يمثل شدة الأشعة النافذة .

$\mathbf{I_o}$ يمثل شدة الأشعة الساقطة .

μ يمثل معامل الامتصاص الخطي .

X يمثل سمك الدرع (المادة الماصة) .

- الاحتواء : وهو عملية تقييد المواد المشعة وحصرها في أقل حجم وإقصائها عن البيئة . وهو احد الوسائل الناجعة للوقاية من الاشعاع . النظائر المشعة المستعملة في المجال الطبي توزع في وسائل مخصصة . بينما تعمل المفاعلات النووية داخل انظمة مغلقة وحواجز متعددة وغرف عند ضغوط منخفضة حتى يبقى التسرب داخل الغرفة ولايخرج منها .



شكل (3-1) عوامل الوقاية من التعرض الخارجي للإشعاعات المؤينة

2-3 الوقاية من التعرض الداخلي :

يكون التعرض الداخلي للجسم من خلال دخول المواد المشعة إليه عن طريق :

- الجهاز الهضمي : تناول الأطعمة والمشروبات الملوثة إشعاعياً .
- الجهاز التنفسي : استنشاق الغبار الملوث إشعاعيا والغازات والأبخرة المشعة .
- الامتصاص : المسامات الجلدية والجروح .

ولغرض الوقاية من التعرض الداخلي يتوجب استعمال الوسائل الوقائية اللازمة لوقاية الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي والجروح إذ أن التعرض الداخلي هو أكثر ضرراً من التعرض الخارجي لكون النظائر المشعة تترسب في أعضاء معينة من جسم الإنسان تعرف بالأعضاء الحرجة .

3-3 الأساليب الصحيحة للسيطرة على التلوث الإشعاعي :

ينبغي على جميع العاملين الذين يتعرضون للإشعاع خلال أعمالهم التدريب على أخذ الحيطة الوقائية اللازمة لتجنب المخاطر الإشعاعية ، وتعتمد المخاطر وطرائق الوقاية من الإشعاع على نوع المصدر المشع التي يمكن تقسيمها الى نوعين :

1- الوقاية من المصادر المشعة المغلقة : وتشمل النويدات المشعة داخل كبسولة مغلقة كما موضح بالشكل (3-2) حيث تنبعث منها دقائق بيتا أو أشعة كاما وكذلك أجهزة توليد الإشعاع بضمنها مجاميع الأشعة السينية ومعجلات الالكترونات ومولدات النيوترونات .

شكل (3-2) مصدر مشع مغلق

2- الوقاية من المصادر المشعة المفتوحة : عندما تكون المادة المشعة مفتوحة بأية طريقة كانت فإنها تُعد مصادر مفتوحة . و للمصادر المشعة المفتوحة تطبيقات كثيرة في مجال الطب في التشخيص والعلاج حيث يعطى المحلول المشع إما عن طريق الأوردة أو عن طريق الفم . كما في الشكل (3-3)

شكل (3-3) مصدر مشع مفتوح

3- 4 الملابس الواقية من الإشعاع

3-4-1 الملابس الواقية عند التعامل مع المواد المشعة :

إن أفضل طريقة للسيطرة على المواد الخطرة هي بالسيطرة على مصدر الخطر نفسه . ومع ذلك ، فأن الملابس الواقية توفر مستوى جيد من الحماية ، ولكي تُعد الملابس الواقية فعالة ، يجب أن ترتدى في كل الأوقات ، وان تُرتدى بالشكل الصحيح وأن تكون بوضعية جيدة والشكل (3-4) يوضح إنموذج من الملابس الواقية .

3-4-2 حماية الجسم والملابس :

يتوجب على الأشخاص الذين يعملون في مناطق تتواجد فيها مصادر مشعة مفتوحة ، ارتداء صدرية المختبر لأنها توفر الحماية من التلوث ، إلاّ إنها غير فعالة أمام الأنسكابات أو الرذاذ المتطاير ، كما وإنها لا تحمي الرأس أو العُنق أو اليدين أو القدمين ، إن الصداري المختبرية ذات الاستعمال لمرة واحدة تعد أفضل من غيرها عند التعامل مع النويدات المشعة

ذات عمر نصف طويل . أما الصداري المختبرية للاستعمال المتكرر ، فيمكن ارتدائها باستمرار عند التعامل مع النويدات المشعة ذات عمر نصف قصير، شريطة أن تُخزن لمدة تكفي لانحلال أية نويدات قد سببت تلوث الصدرية قبل أن تغسل . في حالة تلوث الصداري يجب غسلها بمعزل عن بقية الملابس . ويمكن إعادة استعمال كلا النوعين من الصداري إذا كانت خالية من التلوث وبحالة جيدة . وينبغي أن تخزن الصداري في منطقة مسيطر عليها وان تراقب باستمرار خلال العمل وبعد انصراف العاملين . و ينبغي أيلاء اهتماماً خاصاً بالأكمام والجيوب والسطوح السفلى الأمامية من الصداري ، ويجب أن تكون كل الصداري المختبرية مقاومة للحريق .

شكل (3-4) الملابس الواقية عند التعامل مع المواد المشعة

3-4-3 القفازات :

يجب ارتداء القفازات (الكفوف) عند التعامل مع المصادر المشعة المفتوحة ، وهي تحقق حماية ثانوية ، ولا ينبغي أن تستعمل عند التداول المباشر مع المواد المشعة وعند انتهاء العمل ينبغي نزعها من اليدين بعناية ، وان يقاس مستوى التلوث فيها ، ومن ثم تطمر كنفاية أو تخزن ، إن التشققات والتمزقات في الكفوف تجعل منها غير مجدية الاستعمال ، لذلك ينبغي تجنب العمل بالأشياء الحادة والمواد الكيميائية الآكلة أو السطوح ذات الدرجات الحرارية المرتفعة التي تسبب لها الضرر ، ويُنصح بالتغيير المستمر للكفوف وبشكل يتوافق مع مستوى الخطورة في بيئة العمل .

أحيـانـا يتم ارتداء زوجيـن من الكفوف في الوقت نفسه ، ويتم تبديل زوج الكف الخارجي كتدبير من تدابير الوقاية ، ويجب أن تـفحص الكفوف باستمرار، أو لا تستعمل في حالة تلوثها ، كما ينبغي نزعها فور اكتشاف تلوثها تجنبا للإشعاعات التي تنبعث من النويدات المشعة المسببة للتلوث ، إن نزع الكفوف الملوثة بسرعة يقلل من تعرض الجلد للإشعاع ، وهذا الإجراء يكتسب أهمية عند التعامل مع باعثات دقائق بيتا ذات الطاقات العالية . كما موضح في الشكل (3-5) .

شكل (3-5) القفازات الواقية من الإشعاعات

3-4-4 الأحذية الواقية :

يمنع ارتداء الأحذية التي لا تغطي أصابع القدمين مثل الكركز أو الصندل ، وينبغي اختيار أحذية متينة ومريحة لحماية القدمين من التلوث أو من الجروح التي قد تحصل بسبب انكسار الزجاجيات أو المواد الآكلة . وفي بعض الأحيان يتطلب الأمر ارتداء أحذية مقواة بالفولاذ للحماية من الأخطار الفيزيائية ، في المناطق التي يرجح أن يحصل تلوث إشعاعي بمستوى منخفض في أرضياتها ، يفضل استعمال زوج من الأحذية المطاطية داخل المختبر، ويمكن ارتداء أغطية للأحذية تمنع تلوث الأحذية الاعتيادية .

3-4-5 وقاية العين والوجه :

إن النظارات الزجاجية الموضحة في الشكل (3-6) تفيد في حجب الإشعاعات المؤينة ذات الإختراقية القليلة مثل الأشعة السينية ذات الطاقات الواطئة ، ودقائق ألفا و بيتا ذات الطاقات المتوسطة ، لكنها لا توفر سوى حماية قليلة ضد إشعاعات كاما .

شكل (3-6) النظارات الواقية من الإشعاعات

3-4-6 حماية الجهاز التنفسي :

هناك عمليات أو تفاعلات ينجم عنها تصاعد غبار مشع أو أبخرة مشعة وانطلاق غازات مشعة في بعض أماكن العمل ، ويجب توفير منظومة تهوية لسحب الهواء الذي يمرر عبر مرشح (فلتر) خاص لهذه الأغراض ، ومن غير المستحسن استعمال معدات حماية الجهاز التنفسي الموضحة في الشكل (3-7) كبديل عن منظومات التهوية . في الحالات التي يكون فيها الدخول الى المناطق الملوثة أمراً لا مفر منه ، أو في حالات الطوارئ ، يكون عند ذاك استعمال معدات حماية الجهاز التنفسي ضروريا . لاستعمال هذا النوع من المعدات ينبغي أولا إجراء الفحص الطبي الى جانب التدريب على الأسلوب السليم لاختيارها وتشغيلها وصيانتها .

شكل (3-7) الأقنعة الواقية من الإشعاعات

7-4-3 تصنيف مناطق العمل :

تقسم مناطق العمل الى :

أولا : المناطق الخاضعة للرقابة :

متطلبات المناطق المشغولة بشكل دائم أو متقطع لأغراض أنشطة الممارسة الإشعاعية المرخصة هي :

- معدل الجرعة الإشعاعية المتوقعة أكثر من (6) مللي سيفرت سنوياً .
- تحديد المناطق الخاضعة للرقابة بالوسائل المادية .
- تقييد الدخول الى المناطق الخاضعة للرقابة بوساطة إجراءات إدارية .
- تجهيز منافذ الدخول والخروج الى المناطق الخاضعة للرقابة بوسائل تمنع تلوث الملابس الشخصية وأعضاء الجسم المكشوفة .
- وضع تدابير خاصة لوقاية وأمان العاملين بما في ذلك قواعد وإجراءات محلية تناسب المناطق الخاضعة للرقابة الواردة في المادة (19) من النظام الداخلي للرقابة على استعمال مصادر النشاط الإشعاعي في العراق رقم (1) لسنة 2006 .
- وضع علامات تحذيرية .
- إجراء استطلاع دوري للظروف بغرض تحديد أي ضرورة تقتضي اتخاذ تدابير وقائية وترتيبات للامان .

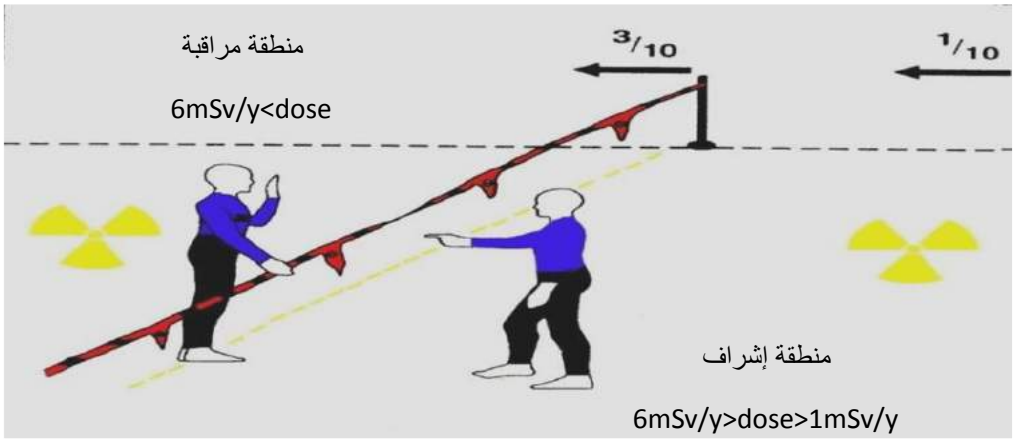
ثانياً : المناطق الخاضعة للإشراف :

من أهم متطلبات المناطق الخاضعة للإشراف هي :

أ- معدل الجرعة الإشعاعية المتوقعة فيها اقل من (6) واكبر من (1) مللي سيفرت سنوياً .

ب- تحديد المناطق الخاضعة للإشراف باستعمال وسائل ملائمة .

ج- وضع علامات تحذيرية مناسبة عند منافذ الدخول الى هذه المناطق .



الشكل رقم (3-8) المناطق الخاضعة للمراقبة والخاضعة للإشراف وجرعها الإشعاعية

5-3 برنامج الوقاية من الإشعاع :

إن الهدف العام لبرنامج الوقاية من الإشعاع هو :- أن يُعكس تطبيق مسؤولية الإدارة نحو الوقاية من الإشعاع والأمان من خلال تبني الإدارة لبُنى وسياسات ومناهج و ترتيبات تنظيمية تتناسب مع طبيعة ومدى مخاطر مرتبطة بالإشعاعات المؤينة في الظروف الاعتيادية ، وعند حصول الحوادث والحالات الطارئة . كما ويهدف برنامج الوقاية من الإشعاع الى وقاية العاملين وضمان صحة المجتمع والمحافظة على سلامة البيئة ووضع ترتيبات تضمن تقليل التعرضات الإشعاعية أو الحد منها استناداً الى المعايير الدولية الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية فضلا عن تسهيل مهمة المسؤولين والعاملين في مجالات الإشعاع المؤين المختلفة في دوائر وشركات ومؤسسات وجامعات العراق على إعداده كجزء من متطلبات منح التخويل .

* فقد تم توضيح خطة الوقاية من الاشعاع في الملاحق.

تعرف النفايات بشكل عام بأنها النواتج العرضية لممارسات وفعاليات الإنسان سواء كانت لتلك الفعاليات علاقة مباشرة أو غير مباشرة بحياته ، تسبب عمليات إنتاج الطاقة الكهرونووية وفعاليات استعمال المواد والمصادر المشعة في الصناعة والزراعة وفي المجالات الطبية و مجالات البحث العلمي والتعليم والنفط في تشكيل ما يعرف بالنفايات المشعة ، وتعرف النفايات المشعة بأنها المواد التي تحتوي على نويدات مشعة أو تتلوث بها ، بتراكيز تزيد عن مستويات التراكيز المستثناة من قبل الهيئات الرقابية المتخصصة .

إن التعامل مع النفايات المشعة بشكل يؤمن صحة الإنسان والبيئة ، حاليا وفي المستقبل من دون التسبب في فرض أعباء لا مبرر لها على الأجيال القادمة ، هو هدف ما يعرف عالميا بإدارة النفايات المشعة ، ويقصد بإدارة النفايات المشعة ، كل الفعاليات الفنية والإدارية المتعلقة بتداول هذا النوع من النفايات ، وهي بذلك تشمل عمليات توليد وتجميع وفصل وتهيئة وتصنيف وتجهيز ومعالجة وخزن وطمر النفايات المشعة المتولدة من كافة تطبيقات الإشعاعات المؤينة في المجالات الطبية والبحث العلمي والزراعة والصناعة وغيرها .

1-4 تصنيف النفايات المشعة :

من الثابت وجود اختلافات كبيرة بين النفايات المشعة ، كالاختلافات في خصائصها الفيزيائية والكيميائية والإشعاعية وغيرها . فالنفايات المشعة قد تختلف فيما بينها من حيث حالتها الفيزيائية ، فهي قد تكون في حالة : غازية ، أو سائلة ، أو صلبة ، والنفايات السائلة على سبيل التوضيح ، ربما تتكون من محاليل عضوية أو من محاليل غير عضوية ، والمحاليل العضوية بدورها قد تكون قاعدية (قلوية) أو حامضية أو متعادلة ، وهكذا .

من جهة أخرى ، قد تختلف النفايات المشعة في نوع النويدات المكونة لها ، وبالتالي ستختلف في نوعية الإشعاعات المنبعثة منها ، وستختلف في أعمارها المنصفة وطاقاتها ومستويات نشاطاتها الإشعاعية.....الخ ، أي إننا إزاء طيف واسع من أصناف النفايات المشعة . وبسبب هذه الاختلافات والفوارق الشاسعة فقد تطلب الأمر استحداث نظم خاصة لتصنيفها لا مجال لذكرها لكونها تقع خارج إطار موضوع هذا الدليل .

2-4 مسؤوليات خفض مستوى توليد النفايات المشعة :

في جمهورية العراق تقع المسؤولية على عاتق مديرية معاملة وإدارة النفايات المشعة (التابعة لوزارة العلوم والتكنولوجيا) - كجهة متخصصة - مسؤوليات عديدة تتعلق بقبول واستلام النفايات من منتجيها بموجب ما يطلق عليه معايير قبول النفايات المشعة ، فضلا عن تصنيف وتوصيف ومعالجة وتهيئة وتغليف وتعبئة وخزن أو طمر وتوثيق النفايات ، في حين يأتي دور الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة التابعة لمجلس الوزراء ودائرة الرقابة الوطنية التابعة لوزارة العلوم والتكنولوجيا ومركز الوقاية من الإشعاع التابع لوزارة البيئة كجهات رسمية رقابية ، أما منتجو النفايات فتقع عليهم مسؤولية تجميعها وتصنيفها وخزنها مؤقتاً ونقلها بطريقة آمنة وتقع عليهم مهمة خفض كميات وحجم النفايات المشعة المتكونة عندهم الى أدنى حد ممكن .

3-4 أساليب خفض تولد النفايات المشعة :

يعتمد الخفض على جانبين أحدهما إداري ، يهدف الى خفض معدل تكون النفايات المشعة الى الحد الأدنى ، والثاني فني ، وهو تقليص حجم النفايات بعد تكونها ، يرتكز المبدأ العام لخفض معدل تولد النفايات المشعة على ثلاث ركائز رئيسة تتمثل في :

1- **خفض النشاط الإشعاعي للمصادر المشعة .**

2- **التدوير** أو **إعادة استعمال المصدر أو إعادة تصديره الى المنشأ بعد انتفاء الحاجة إليه كلما تيسر ذلك .**

3- **خفض حجم النفايات المشعة المتكونة** .

وقبل الدخول في التفاصيل لابد من الإشارة الى أن منافع خفض كميات النفايات هي تحسين السلامة الإشعاعية وحماية البيئة والإنسان من مخاطر الإشعاعات المؤينة ، فضلا عن تقليل الكلف .

يُعد خفض النشاط الإشعاعي للمصادر المشعة الركيزة الرئيسة لخفض كميات النفايات ، ويبدأ التخطيط لتحقيق هذه الركيزة من لحظة تصميم المنشأة وتحديد المصادر المطلوبة ، وتستمر مع عمليات المراقبة .

وتتمثل خلاصة هذه الركيزة عند التخطيط لإجراء تطوير أو تحديث على مختبر أو منشأ معين في الآتي :

- ❖ خفض كمية النشاط الإشعاعي اللازم لتنفيذ المهام للحد الأدنى الذي يحقق الغرض المطلوب .
- ❖ تصميم المختبرات والتجهيزات التي تستعمل فيها المصادر المشعة بحيث تحقق أعلى كفاءة ممكنة .
- ❖ تصميم المعدات وخطوات العمل ، بما يؤدي الى تفادي تراكم المواد المشعة والسيطرة على جميع انتقالاتها .
- ❖ تأمين حفظ المواد المشعة بعيدا عن باقي المواد الأخرى ، وفصلها عن بعضها البعض .
- ❖ خفض عمليات نقل المواد المشعة للحد الأدنى دون إعاقة للعمل .
- ❖ استعمال معدات معمرة ، لا يتم استبدالها إلا بعد استعمالها لمدة طويلة ، واختيار المعدات التي يمكن استبدال مكوناتها بسهولة .
- ❖ استعمال مواد في المختبرات لا يتكون عند تشعيعها نشاطات إشعاعية محسوسة ، ولا ينتج عنها أية غازات أو سوائل مشعة .
- ❖ استعمال مصادر جيدة الأحكام ، بحيث لا يحدث منها تسرب وانتشار للمادة المشعة .
- ❖ عمل جميع الإنشاءات والطلاءات للمختبرات بحيث لا تؤدي الى تكون كميات كبيرة من النفايات المشعة خلال عمليات إزالة التلوث .
- ❖ تُعد إعادة المصادر المشعة المستهلكة الى الجهة المنتجة بموجب عقد الاستيراد من ركائز خفض تكون النفايات المشعة الصلبة ، أو إعادة استعمال المواد والمصادر المشعة المتكونة لأغراض أخرى .

عند التخطيط لعمل معين ينبغي التفكير بالطرائق البديلة ، وعند اختيار مواد كيميائية غير مشعة لابد التأكد من أن النفايات التي ستنتج تكون أقل خطورة ، ولذلك عندما يتطلب العمل بمواد كيميائية مشعة فأنه من الأنسب العمل بنويدات قصيرة العمر، كما ويجب تجنب أساليب الترقيم لكونها تولد الكثير من النفايات من خلال شراء الكيمياويات المشعة من المصنعين ،

كما يجب استبدال الكواشف الكيميائية الخطرة لتجنب النفايات المختلطة (النفايات التي تحوي مواد مشعة الى جانب مواد خطرة) .

- ❖ خلال العمل بالمواد الكيميائية المشعة ينبغي عزل المواد المشعة عن غيرها من المواد ، وعزل النويدات المشعة طويلة العمر عن النويدات قصيرة العمر (لتحديد كيفية التعامل معها) .
- ❖ اتخاذ مناطق خاصة ومهيأة لإزالة التلوث ، واستعمال سطوح قابلة للتنظيف و غير مسامية .
- ❖ القيام بالتنظيف الفوري للمواد المشعة المنسكبة ، واستعمال أجهزة قياس حساسة لتحديد مناطق التلوث والتعرف على النويدات المشعة التي سببت التلوث .
- ❖ إتباع أساليب عمل معدة سلفا بهدف الإدارة الفعالة للمواد .
- ❖ توخي الدقة والموثوقية عند تداول المواد الكيميائية المشعة من خلال القياسات ومعدات السيطرة الأوتوماتيكية بالحواسيب المصممة أساسا لغرض العملية .
- ❖ في التجارب الجديدة ينبغي القيام بتجريب المواد غير المشعة في أول الأمر للتأكد من ان التجارب على المواد المشعة سوف تمضي قدما .
- ❖ تقليل تراكيز المواد الكيميائية المشعة وتقليل زمن خزنها لزيادة نقاوتها ، والقيام بفحص النقاوة قبل الاستعمال .
- ❖ إعادة استعمال المواد الكيميائية المشعة لأغراض أخرى بهدف تقليل النفايات .
- ❖ إعادة تنقية المواد الكيميائية المشعة قبل الاستعمال أو إعادة الاستعمال .

4-4 الخزن السليم للنفايات المشعة :

في المعتاد النفايات المشعة المتكونة من نويدات ذات أعمار نصفية تقل عن 120 يوما تخزن لغرض إتمام انحلالها قبل طمرها أو قبل التخلص منها كنفايات غير مشعة . وغالبا ما يلجأ الى خزن النفايات المشعة بعد جمعها وقبل إجراء أي معالجه عليها . وتخزن النفايات في حالات عدم توفر الإمكانيات اللازمة لمعالجتها ، وينسحب هذا على أنواع معينة من النفايات المختلطة التي لا تتوافر إمكانيات معالجتها ، أو تكون تكلفة معالجتها باهظة الثمن .

وفي بعض الأحيان تبدو كلفة طمر بعض أنواع النفايات واطئة المستوى الإشعاعي عالية فيفضل الخزن كبديل عن الطمر .

5-4 التخطيط لمنشآت خزن النفايات المشعة :

عند التخطيط لمنشأة خزن النفايات المشعة ، ينبغي على المرخص له licensee أن يتوقع كمية النويدات المشعة ، وأشكال النفايات وأحجامها ، أنواع الإشعاعات الصادرة منها ، ويجب أن يحدد معدل تولد النفايات ، والحاجة لخزن النفايات نتيجة لحصول التغيرات المؤقتة ، وينبغي أن يؤخذ بالحسبان الحاجة لخزن النفايات "اليتيمة" الى اجل غير مسمى .

يجب أن يلبي التخمين النهائي لمتطلبات مساحة الخزن الحاجة لدخول حاويات النفايات بشكل دوري من اجل التفتيش والمعالجة ، ويجب أن يبقى المرخص له على اطلاع بالتطورات التي تحصل في مواقع المعالجة والطمر ، وان يستعمل هذه المعلومات لإعادة تقييم احتياجات الخزن بشكل دوري ، كما وان هناك اعتبار تخطيطي مهم ، هو أن يكون المرخص له على بينة من المتطلبات الرقابية ، وعلى شروط الترخيص المتعلقة بخزن النفايات المشعة . تضع الجهات الرقابية عادة شروط وأساليب ومتطلبات الخزن الآمن ، ولتغيير الأساليب الموضوعة ينبغي الحصول على رخصة تعديل ، فعلى سبيل المثال ، تسمح التشريعات الموضوعة بخزن النويدات للانحلال إذا كانت أعمارها النصفية اقل من 65 يوما ، إلا انه في الواقع ربما يتطلب ظروف خزن لمدة أطول لانحلال النويدات مثل الكبريت - 35 ، ولأعمار نصفية من 65 الى 120 يوما ، كذلك ربما تطلب الجهات الرقابية من منتج النفايات الحصول على موافقة تعديل خاص للسماح بخزن النفايات واطئة المستوى الإشعاعي بشكل مؤقت في حالات عدم توفر الإمكانية لطمرها . إذ لا تسمح التشريعات بخزن النفايات واطئة المستوى الإشعاعي لمدة طويلة أو لأجل غير مسمى .

الشكل رقم (4-1) منشأة طمر النفايات النووية في الولايات المتحدة

1-5 طرود المواد المشعة :

الطرد : الحاوية بمحتوياتها المشعة بالهيئة المعدة للنقل .

وتقسم الطرود التي تخضع لحدود النشاط الإشعاعي الى :

1. الطرود المعفاة : هي طرود لنقل كميات من المواد المشعة معفاة من الهيئة الرقابية .
2. الطرود الصناعية (industrial packages) :

وهي طرود لنقل المواد ذات النشاط الإشعاعي النوعي الواطئ (وحدة نشاط الى وحدة كتلية) وتنقسم الى الأنواع الآتية :

- الطرود الصناعية من النوع الأول ip1
- الطرود الصناعية من النوع الثاني ip2
- الطرود الصناعية من النوع الثالث ip3

3. الطرود من النوع A : هي الطرود التي تتحمل الظروف الجوية الاعتيادية خلال النقل لكمية من المواد المشعة المسموح بها داخل الطرد وتكون اقل من A1 و A2 .

وتعرف A1 على أنها أعلى نشاط إشعاعي للمادة المشعة ذات الشكل الخاص (مصدر مشع مغلق أو مادة صلبة عديمة الانتشار) والتي يسمح بنقلها بطرد من النوع A .

أما A2 فتعرف على أنها أعلى نشاط إشعاعي للمادة المشعة التي ليس لها شكل خاص (مصادر مفتوحة) .

4. الطرود من النوع B : هي الطرود التي تقاوم الحوادث التي تحصل خلال النقل ولا توجد حدود على كمية المواد المشعة داخلها ، وتنقسم الى :

- B (U) : وهي شحنة المواد المشعة التي لا يتطلب تخويلها أكثر من موافقة الدولة المصدرة (موافقة أحادية) .
- B (M) : هي شحنة المواد المشعة التي يتطلب تخويلها موافقة جميع الدول التي تمر بها الشحنة (موافقات متعددة) .

دليل النقل (Ti) : هو وسيلة التمييز بين الطرود

دليل النقل (Ti) = معدل الجرعة القصوى (mSv/h) على بعد (1) متر من سطح الطرد × 100

2-5 نظام الترميز الدولي (UN) :

يهدف هذا النظام الى التعرف على طرود المواد المشعة أو المواد الخطرة من خلال نظام ترميز معياري ومن أهم الرموز :

- الرمز (UN2910) : يشير الى الطرود التي تحتوي على مواد مشعة ، طرد مستثنى - كمية محدودة من المادة .
- الرمز (UN2911) : يشير الى مادة مشعة ، طرد مستثنى - سلع
- الرمز (UN3332) : يشير الى مادة مشعة ، طرد من النوع A (مواد ذات أشكال خاصة) .

3-5 فئات الطرود :

تصنف الطرود حسب دليل النقل ومعدل الجرعة الإشعاعية على السطح الخارجي لها الى :

1. الفئة البيضاء I - white

- معدل الجرعة الإشعاعية على سطح الحاوية أو الرزمة < 5 مايكرو سيفرت/ساعة .
- معدل الجرعة على بعد (1) متر من الحاوية < 0.05 مايكرو سيفرت / ساعة .
- قيمة دليل النقل (Ti) تساوي صفر عند القياس .
- تتضمن علامة النقل نوع النظير ونشاطه الإشعاعي .

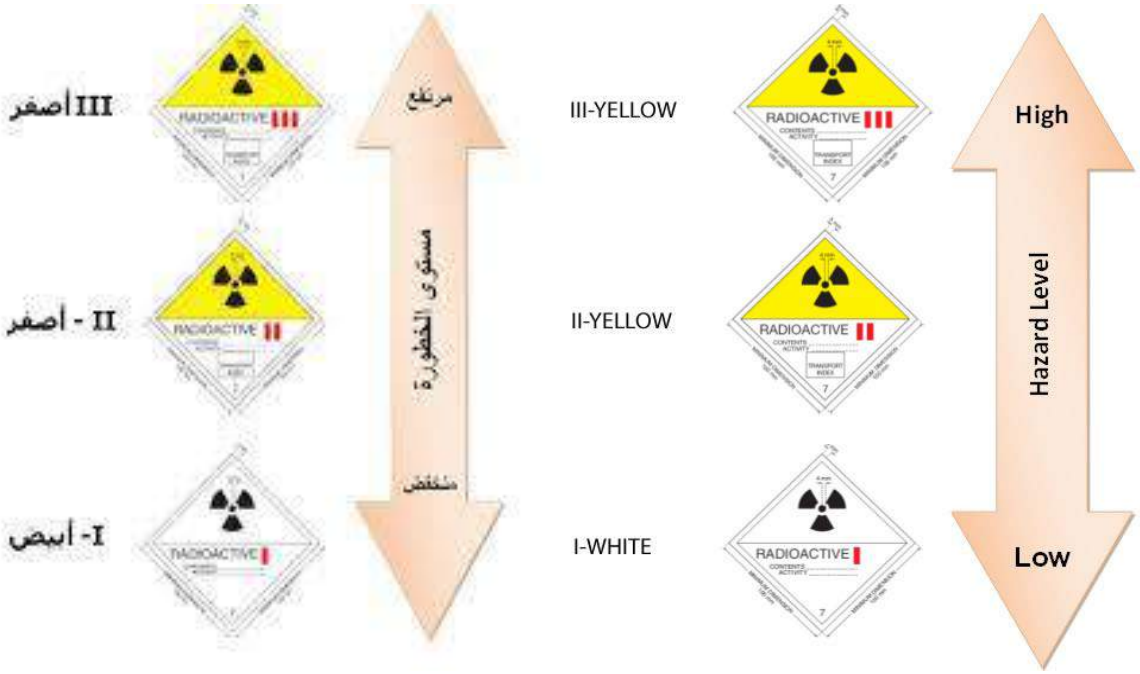
2. الفئة الصفراء II – yellow

- معدل الجرعة الإشعاعية على سطح الحاوية < 5 ≤ 500 مايكرو سيفرت / ساعة .
- معدل الجرعة على بعد (1) متر من الحاوية < 10 مايكرو سيفرت / ساعة .
- قيمة دليل النقل (Ti) ≤ 1 عند القياس .

3. الفئة الصفراء III - yellow

- معدل الجرعة الإشعاعية على سطح الحاوية يكون < 500 ≤ 2000 مايكرو سيفرت / ساعة .
- معدل الجرعة الإشعاعية على بعد (1) متر من الحاوية تتراوح بين 10-100 مايكرو سيفرت / ساعة .
- قيمة دليل النقل (Ti) > 1 عند القياس .

والشكل الاتي وضح مستوى الخطورة بين هذه الفئات الثلاثة من الطرود :-



الشكل (5-1) يوضح مستوى الخطورة بين فئات الطرود .

4-5 القواعد الأساسية لنقل الطرود :

1. تقديم وثائق تثبت تحقق شروط النقل الآمن في الطرود الصناعية والطرود من النوع A أو من النوع B .
2. إستحصال مصادقة الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة على محتويات الطرود .
3. عدم استعمال الطرود في شروط مغايره للشروط الواردة في الوثائق المعتمدة .

5-5 متطلبات النقل الآمن :

على جميع مؤسسات شحن طرود المواد المشعة ونقلها الخضوع لبرنامج تأكيد الجودة المناسب الذي يهدف الى المحافظة على سلامتها والذي يضمن مايلي :

- فحص الطرود المعدة للشحن قبل شحنها .
- إجراء الصيانة الدورية للطرود .
- عدم السماح بإدخال أية تعديلات على الطرود .

6-5 شروط النقل الآمن

- استحصال تخويل من الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة لنقل الطرود .
- التأكد والتحقق من تغليف محتويات الطرود .
- تثبيت الطرود في واسطة النقل بحيث لا تؤدي حوادث النقل المتوقعة الى سقوطها خارج العربة .
- إجراء مسح إشعاعي لواسطة النقل بما في ذلك حجرة القيادة .
- معدل الجرعة الإشعاعية على السطح الخارجي لواسطة النقل اقل من (2) ملي سيفرت/ساعة ، و 0.1 ميلي سيفرت / ساعة على بعد (1) متر .
- وضع لوحات النقل على الجانبين وخلف واسطة النقل .
- لا يُسمح لغير السائقين والمساعدين بالتواجد في المركبات التي تحمل طرودا من الفئتين الثانية والثالثة .

عند إعداد خطط الطوارئ الإشعاعية يتوجب إخضاع تلك الخطط للمتطلبات الرقابية بحسب نوع الخطط إن كانت موقعية أم وطنية :

1-6 متطلبات خطط الطوارئ الإشعاعية الموقعية :

إن استعمال المصادر المشعة في التطبيقات المختلفة للتقنيات الإشعاعية الحديثة في المجالات الصناعية والطبية والبحثية قد يعرضها الى حادث إشعاعي لأسباب مقصودة أو غير مقصودة تؤثر على صحة العاملين وسلامة المجتمع والبيئة ، إن كل حادث إشعاعي يقع داخل موقع العمل أو خلال النقل الداخلي لهذه المصادر يعرف بالحادث الإشعاعي الموقعي ، ويكون الحادث الإشعاعي الموقعي ناتج عن أخطاء فنية أو تشغيلية أو بسبب تلف المصادر المشعة أو سوء استعمالها أو فقدانها أو سرقتها أو نقلها أو العثور على مصادر مشعة "يتيمة" أو مصادر مشعة غير مختومة يؤدي الى تعرضات إشعاعية تفوق مستوى الحدود المُقرة .

لذا فان من مسؤوليات الشخص المخول بحيازة أو تداول المصادر المشعة وضع وإعداد خطط الطوارئ الإشعاعية الموقعية للتأهب والتصدي للحوادث والحالات الإشعاعية الطارئة والتي تتلائم مع طبيعة ونوع العمل . وقبل المباشرة بتنفيذ أي ممارسة ذات نشاط إشعاعي يتوجب على الشخص الطالب للتخويل استحصال مصادقة الهيئة الرقابية على خطط الطوارئ الموقعية قبل المباشرة بتنفيذها .

1-1-6 المسؤوليات :

استنادا الى النظام الداخلي للرقابة على استعمال مصادر النشاط الإشعاعي في العراق رقم (1) لسنة 2006 تكون مسؤولية الشخص المخول ما يأتي :-

- الالتزام بتنفيذ جميع المتطلبات والإجراءات الرقابية للتعرضات الإشعاعية الواردة في النظام الرقابي والتقيد التام بها .
- استنادا الى الفقرة (ثامنا) من المادة (19) من النظام الرقابي يلتزم الشخص المخول بإدارة مرافق التشعيع الصناعي والطبي والبحثي وبحيازة أو تداول المصادر أو المواد المشعة اتخاذ إجراءات وقائية عاجلة داخل الموقع وإجراءات التصدي للطوارئ .

- استنادا الى الفقرة (أولا) من المادة (11) من النظام الرقابي يلتزم الشخص المخول بوضع برنامج يحقق الأمن والأمان لجميع الفعاليات والممارسات وتنفيذها بما يتلائم مع طبيعة وحجم المخاطر المترتبة على الممارسات ويكفل الامتثال للمتطلبات والإجراءات الرقابية ويعرض البرنامج على الهيئة الرقابية للمصادقة عليه .
- إلزام الشخص المخول بإبلاغ الهيئة الرقابية بالحادث الإشعاعي وضمن الإطار الزمني المحدد .
- استنادا الى الفقرات (9) و (10) و (11) من النظام الرقابي تحدد مسؤوليات والتزامات الأطراف الرئيسة (التي تتمثل بالشخص المخول المشار إليه في تخويل الهيئة الرقابية) والفرعية القائمة بانشطة الممارسات الإشعاعية ويجب تسمية كل من :

أو لا : المجهزون .

ثانيا : العاملون .

ثالثا : مسؤولو الوقاية من الإشعاع .

رابعا : الممارسون الطبيون .

خامسا : المهنيون الصحيون .

سادسا : خبراء مؤهلون .

سابعا : أي طرف آخر اسند إليه الطرف الرئيسي مسؤوليات محددة كالنقل والخزن والطمر وغيرها من الممارسات .

2-1-6 متطلبات خطط الطوارئ الإشعاعية الوطنية :

يتم تشكيل لجنة وطنية تأخذ على عاتقها إعداد وتنفيذ خطط الطوارئ الإشعاعية على مستوى الوطن (من مختلف الوزارات المعنية التي تحدد مخوليها في هذه الخطط) ويتوجب على الشخص المخول مراعاة الأتي :

1- تقييم التهديدات والمخاطر الإشعاعية المتوقع حصولها وتتضمن :-

- ❖ تحليل حالات التعرض الإشعاعي المتوقع حصولها .
- ❖ تصنيف الحوادث الإشعاعية من فئتي التهديد الثالثة والرابعة المتوقع حصولها .
- ❖ تحديد حالات التعرض الإشعاعي الكامن وبيان مدى الحاجة الى التدخل .

❖ ضمان تامين الوقاية الإشعاعية للعاملين المشاركين في حالات الطوارئ .

2- المتطلبات التطبيقية والإدارية وتتضمن :

❖ إعداد الهيكل التنظيمي (الذي يحدد جميع المناصب الرئيسة) وتوصيف المهام لتحقيق الأهداف .

❖ إعداد نظام تصنيف العاملين في الموقع وتحديد أسماء المشاركين في خطط الطوارئ .

❖ كتابة الإجراءات الوقائية (التأهب والتصدي) الواجب إتباعها خطوة خطوة لكل ممارسة .

❖ تحديد الإجراءات الواجب اعتمادها للمراجعة الدورية .

❖ تامين معدات الوقاية الشخصية للحالات الإشعاعية الطارئة .

❖ اختبار ترتيبات الطوارئ عن طريق إجراء تمارين ميدانية .

❖ إعداد قائمة تُثبت فيها أسماء المسؤولين الرئيسين العاملين في الموقع .

3- أجهزة ومعدات الطوارئ :

يتوجب على الشخص المخول تحديد الاحتياجات الفنية من الأجهزة والمعدات والتجهيزات اللازمة لحالات الطوارئ وتأمينها بكمية كافية وتشمل :-

❖ أجهزة المسوحات الإشعاعية .

❖ أجهزة الحماية الشخصية للعاملين .

❖ أجهزة الاتصال (الهواتف الاعتيادية والهواتف النقالة) .

❖ تجهيزات الوقاية من الإشعاع داخل الموقع .

4- إعداد سياقات وتعليمات العمل :

يجب أن تتضمن سياقات العمل إعداد مايأتي :-

❖ سياقات عمل تنظيمية وفنية وتدقيقية لجميع الأعمال الحقلية والمكتبية والمختبرية .

❖ سياقات العمل عند (التشغيل الاعتيادي وأعمال الصيانة الدورية وعمليات الرصد والمراقبة الدورية وتقييم وتحليل الأمان الإشعاعي وتحليل العواقب المحتملة للحوادث والحالات الطارئة وتقييم السلامة النووية ووضع التصورات والسيناريوهات .

❖ وضع سياقات تنظيمية أخرى .

❖ وصف جميع الأجهزة والمعدات القائمة داخل الموقع .

5- تدريب وتأهيل وتطوير العاملين وتتضمن :-

❖ توعية العاملين بالمخاطر الصحية .

❖ إلمام العاملين التام بمعايير السلامة النووية .

❖ إلمام العاملين بالمتطلبات الرقابية للهيئة الرقابية .

❖ إعداد برنامج تدريب وتأهيل وتطوير العاملين .

❖ قيام العاملين بتمارين دورية لتطبيق إجراءات الاستجابة .

❖ تدريب العاملين على استعمال أجهزة ومعدات الطوارئ والأجهزة والمعدات الأخرى داخل الموقع .

6 - النقل الداخلي :

يُصنف النقل الداخلي الى صنفين :

❖ الصنف الأول : النقل الداخلي دون تغيير العائدية .

❖ الصنف الثاني : النقل الداخلي مع تغيير العائدية .

ويتوجب على الشخص المخول الالتزام بكافة المتطلبات الرقابية للنقل الآمن .

6-1-3 الاستجابة لحالات الطوارئ :

يتوجب على الشخص المخول إعداد إجراءات وخطوات الاستجابة وكما يأتي :-

❖ إجراءات الاستجابة (التصدي) : إن وضع وإعداد إجراءات الاستجابة يجب أن يكون متوافقا ومنسجما لحد كبير مع إجراءات الطوارئ .

❖ خطوات الاستجابة : على الشخص المخول وضع خطوات للاستجابة تتلائم مع حالات الطوارئ الإشعاعية .

6-1-4 التحقيق في الحوادث الإشعاعية :

يتوجب على الشخص المخول بحيازة أو تداول المصادر الإشعاعية أو بإدارة مرافق التشعيع الصناعي والطبي والبحثي التحقيق في الحوادث الإشعاعية وإرسال النتائج المتحققة الى الهيئة الرقابية على أن تتضمن مايأتي :-

- ❖ تحديد الأسباب الرئيسة للحادث الإشعاعي والعوامل التي أسهمت في حصوله .
- ❖ تقييم نتائج التعرض الإشعاعي أو احتمال تعرض العاملين في موقع العمل .
- ❖ إبلاغ الهيئة الرقابية بالحادث الإشعاعي .

6-1-5 الإبلاغ عن الحادث الإشعاعي :

عند إبلاغ الهيئة الرقابية عن الحادث الإشعاعي يلتزم الشخص المخول بتقديم المعلومات التفصيلية الآتية :

- ❖ اسم وعنوان ورقم هاتف الجهة التي حصلت فيها الحادثة أو الحالة الطارئة .
- ❖ زمن وتاريخ وقوع أو اكتشاف وقوع الحادث الإشعاعي وتحديد موقعه الدقيق وطبيعته.
- ❖ مستوى الطوارئ مع تحديد الجرعات الإشعاعية الفردية والجماعية المتحققة عند حصول الحادث .
- ❖ النظائر المشعة المتضمنة في حالة الطوارئ .
- ❖ النشاط الإشعاعي للنظائر والكمية المقدرة للإطلاق الحاصل في حالة الطوارئ .
- ❖ الشكل الفيزيائي والكيميائي للمواد والخواص الكيميائية ذات العلاقة في حالة الطوارئ وظروف ومكان الحادث التي تؤثر على انتشار التلوث .
- ❖ وصف التجهيزات التي كانت تحوي المصدر المشع عند وقوع الحادث أو الفعل المقصود الذي أدى الى حالة الطوارئ .
- ❖ نتائج القياسات الإشعاعية التي أُجريت في مكان الطوارئ .
- ❖ الإجراءات الوقائية المتخذة في مكان الطوارئ أو خارج الموقع .
- ❖ معلومات عن الأضرار البشرية الإشعاعية وغير الإشعاعية .
- ❖ معلومات عن احتمال تعرض أفراد من الجمهور .
- ❖ التفاصيل الكاملة المتعلقة بنتائج التحقيق في الحادث الإشعاعي ومسبباته .
- ❖ بيان نوع المساعدة الخارجية المطلوبة (مدى الحاجة للمساعدة الطبية أو أية معونة خارجية أخرى) .
- ❖ بيان مدى الحاجة الى إجراء تحريات إضافية من عدمه .

6-1-6 تقرير الحادث الإشعاعي :

ينبغي أن يتضمن تقرير الحادث الإشعاعي الفقرات الأساسية الآتية :

- ❖ وصف الحادث وتحديد نوعه وطبيعته وشدته وزمان ومكان حصوله .
- ❖ سبب حصول الحادث الإشعاعي مع ذكر كافة التفاصيل المتعلقة بالحادث .
- ❖ مسببات الحادث .
- ❖ وصف التجهيزات التي كانت تحوي المصادر الإشعاعية عند حصول الحادث .
- ❖ الإجراءات الوقائية المتخذة لتقليل الخطورة وتخفيف عواقب الحادث والحد من الآثار الصحية الحتمية .
- ❖ العاملون المصابون والمتعرضون لجرعات إشعاعية مفرطة .
- ❖ الإجراءات المتخذة للحيلولة دون تكرار حصول حوادث إشعاعية مماثلة مستقبلا .

6-2 الخطورة النسبية للإشعاع واطئ المستوى :

كما في أي مادة فان جزءاً صغيراً من المواد المشعة يمكن أن تدخل في صناعة الأدوية والبحوث ، إلا إن خطرها على صحة الإنسان يبدو ضئيلا مقارنة بالأحداث التي قد يتعرض لها في حياته اليومية .

6-3 المفهوم الرياضي للخطر :

الاحتمالية الرياضية هي التي تحكم حدوث الضرر سواء كان هذا الضرر متأتياً من حوادث أو إصابات . وتحسب الأخطار عادة من مراقبة مجموعة من الأشخاص وحساب عدد مرات حدوثها (تكرارها) . ويحسب التأثير الضار من عدد الحوادث مقسوما على عدد الأشخاص في المجموعة قيد الدرس .

اي ان :- $$\text{معدل حدوث الضرر} = \frac{\text{عدد الحوادث}}{\text{عدد الاشخاص}}$$

التوضيح :

إذا افترض أن هنالك 150 مليون سائق في الولايات المتحدة الأمريكية وهنالك 50000 سائق منهم قتلوا في حوادث مرورية كل عام ، فيكون معدل خطر الوفاة الناجم عن الحوادث المرورية لكل سائق هو 50 ألف مقسوما على 150 مليون ، أي واحد من ثلاثة آلاف لكل سائق لكل عام .

وعلى أية حال فان خطر الإصابة بالسرطان الناجم عن التعامل مع المواد المشعة لا يمكن احتسابه بمثل هذه الوسائل البسيطة .

وفي مستويات الإشعاع الواطئة المرافقة للمعالجات الطبية والبحوث التطبيقية ، ليس هنالك رابط بين الإصابة بالسرطان والتعرض المهني الذي يمكن مشاهدته ، وبعبارة أخرى فان الأشخاص الذين يتعاملون مع معدات التشخيص والعلاج بالإشعاع والمواد المشعة لهم نفس احتمالية الإصابة بالسرطان مع عامة الجمهور ، وهذا لا يعني بأنه ليس هناك خطر للإشعاع . الخطر الناجم عن التعرض المهني يكون ضئيلا بحيث لا يمكن قياسه مباشرة إلا أن مراقبة الأشخاص الذين يتعرضون أو يستلمون جرعا عالية من الإشعاع هي الجديرة بإجراء التخمينات للضرر المتوقع .

4-6 الجرع الإشعاعية الناتجة من التعرض للإشعاعات المؤينة :

تمهيد :

من الممكن تقدير ومقارنة جرع التعرض الى المصادر المشعة الطبيعية والمصنوعة من قبل البشر . وان بعض هذه المصادر المشعة الطبيعية منتشرة عالميا ، وهناك مصادر أخرى تكون ذات مواقع ثابتة مثل مواقع إطلاق النفايات المشعة من المنشات النووية ، كما إن بعض المصادر الإشعاعية مثل أجهزة توليد الأشعة السينية تعطي تعرضا خارجيا فقط ولا تسبب أي تلوث للبيئة وهناك مصادر أخرى تؤدي الى انتشار النويدات المشعة بصورة واسعة في كل عناصر البيئة مثل الهواء والتربة والماء ، والتعرض الإشعاعي ربما يكون خارجياً أو داخلياً أو اندماج كليهما .

أولا : التعرض الخارجي (External Exposure) :

يقصد به الإشعاع الذي يتعرض له الجسم من مصادر خارجية ويشتمل على جسيمات ألفا التي لا تشكل خطورة في حالة التعرض الخارجي لأنها لا تستطيع اختراق الطبقات الخارجية للجلد أما خطورة التعرض للإشعاعات الخارجية فتزداد بالنسبة لجسيمات بيتا وأشعة كاما لقابليتهما العالية على اختراق الأعضاء الحساسة .

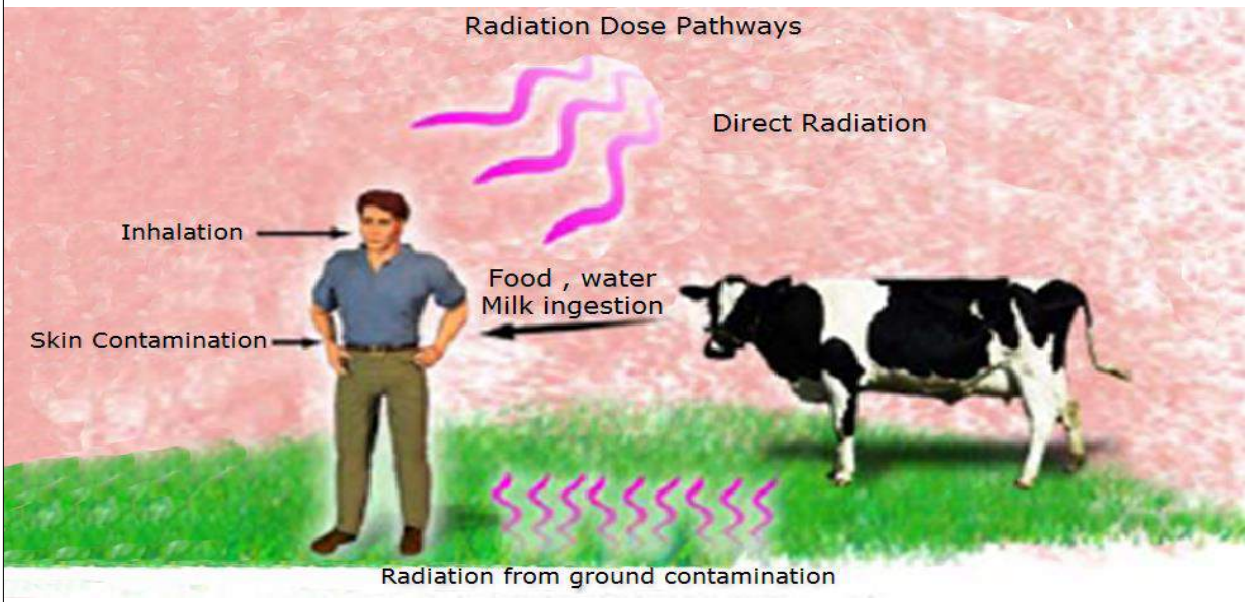
ثانيا : التعرض الداخلي (Internal Exposure) :

يقصد به تأثير الإشعاعات المؤينة للمواد المشعة عند وجودها داخل الجسم . إذ إن القناة التنفسية والقناة الهضمية والجلد ممكن إن تكون طرقاً ومسالك لدخول الجسيمات المشعة الى داخل الجسم ، ومن أكثر المسارات الشائعة هي :

1- الاستنشاق (Inhalation) :- وهو أن تستنشق كمية من النويدات والجسيمات النووية المشعة المحمولة بالهواء عن طريق الأنف الى المجرى الهوائي ومنه الى الرئة ، وتترسب في مناطق مختلفة منها ، ويبقى العديد منها لسنوات طويلة .

2- الابتلاع (Ingestion) :- وهو أن تدخل كمية من النويدات والجسيمات النووية المشعة الى داخل القناة الهضمية عن طريق الابتلاع ، وذلك من خلال تناول أطعمة أو مياه ملوثة أو تناول الطعام باليد الملوثة .

3- الجلد (Skin) :- ممكن للثقوب أو التشققات أو غيرها من الجروح أن تهيئ مساراً لدخول النويدات المشعة المترسبة على الجلد ، وبعد دخولها عبر هذا المسار فان أعداداً من هذه النويدات يمكن أن تصل الى الدم ، أو تنتقل الى الغدد اللمفاوية الموضعية وغيرها .



شكل (6-1) يوضح المسارات التي تسلكها النويدات المشعة للتسبب بالتعرض الداخلي والخارجي

1-4-6 الجرعة الممتصة (Absorbed dose) :

تعرف الجرعة الممتصة بأنها مقدار الطاقة الممتصة بالجول لوحدة الكتلة من المادة بالكيلوغرام ويمكن كتابتها رياضيا كما يأتي :

$$D = \frac{E_A}{m} = \frac{J}{kg}$$

حيث أن :

D تمثل الجرعة الممتصة و E_A تمثل الطاقة الممتصة في المادة و m تمثل كتلة المادة .

تقاس الجرعة الممتصة بوحدة تسمى الكرأي (Gray) وتعرف على إنها امتصاص طاقة من الإشعاعات مقدارها 1 جول في كل 1 كيلوغرام من المادة ويرمز لها عادة بالرمز Gy ، ومازالت الوحدة القديمة للجرعة الممتصة وهي "الراد" ''rad'' مستعملة في بعض المراجع والأجهزة . إن الراد الواحد هو امتصاص طاقة مقدارها (100 erg) في كل غرام واحد من المادة ، والعلاقة بين rad و Gy هي :-

$$(1\ Gy = 100\ rad)\ .$$

وتجدر الإشارة الى أن الجرعة الممتصة تستعمل لجميع أنواع الإشعاعات المؤينة ، سواء أكانت مشحونة أم غير مشحونة ، ولجميع الطاقات وكذلك لجميع المواد التي تسقط عليها الإشعاعات .

إن النويدات المشعة المستنشقة أو المبتلعة تستقر في أجزاء معينة من الجسم تسمى الأعضاء الحرجة ، حيث أن العديد من النويدات المشعة تسلك مسارات خاصة في أنسجة الجسم لتشع طاقتها في هذه الأنسجة ، فمثلا عنصر اليود يتركز في الغدة الدرقية Thyroid أو عنصر التريتيوم سوف يتوزع في أنحاء الجسم كافة مثله مثل عنصر السيزيوم الذي يستقر في أعضاء الجسم كافة وهكذا ، لذلك فان النويدات المشعة المستقرة داخل الجسم سوف تبعث جسيمات بطاقات مختلفة لتمتصها أنسجة الجسم التي تحتوي هذه النويدات وبهذا يمكن حساب الجرعة الممتصة من هذه النويدات بوساطة المعادلة الآتية :

$$D_{Ti} = S.A \times E_r\,(MeV.g^{-1}.s^{-1}) \times 1.6 \times 10^{-13}\frac{J}{MeV} \times 10^{3}\frac{g}{kg}$$

$$D_{Ti} = 1.6 \times 10^{-10} S.A \times E_r\,(Gy.s^{-1}$$

حيث أن : D_{Ti} = الجرعة الممتصة في عضو أو نسيج .

S.A = الفعالية النوعية بـ $(\frac{Bq}{g})$ للنويدات المشعة في الأنسجة .

E_r = معدل طاقة جسيمات ألفا أو بيتا بـ (MeV) لكل تحلل .

إن الحد $S.A \times E_r$ يمثل معدل الطاقة الممتصة لكل غرام من أنسجة الجسم في الثانية $(MeV.g^{-1}.s^{-1})$.

2-4-6 الجرعة المكافئة The Equivalent Dose(H) :

يختلف التأثير البيولوجي للإشعاع على أعضاء وأنسجة الجسم البشري ، باختلاف نوع الأشعة ، في حال تساوي الجرعة الممتصة من هذه الإشعاعات ، في هذا العضو . مثلاً عند تساوي الجرعة الممتصة من كل من الأشعة السينية والنيوترونات ، يكون الضرر الأكبر في حالة النيوترونات ، ويزيد نحو عشرين ضعفا عن الضرر الناتج عن الأشعة السينية في العضو نفسه أو النسيج . ولأخذ هذا الاختلاف بالحسبان أُدخل مفهوم معامل النوعية Q.F أو معامل الإشعاع المرجح w_R . ويرتبط معامل الإشعاع المرجح بنوع الأشعة وبقدرتها على إحداث التأين ، أي أنه يرتبط بمقدار التأين الحاصل في وحدة المسافة على مسار الإشعاع (الانتقال الخطي للطاقة *LET*) فكلما زاد معامل الانتقال الخطي للطاقة ، زاد معامل النوعية أو معامل الإشعاع المرجح لهذه الإشعاعات . ويبين الجدول (6-1) قيم معامل الإشعاع المرجح للإشعاعات ذات الطاقات المختلفة .

الجدول (6-1) معامل الإشعاع المرجح (W_R Radiation Weighting Factor) .

نوع الإشعاعات	طاقتها	عامل الإشعاع المرجح
فوتونات .	جميع الطاقات	1
إلكترونات وميونات .	جميع الطاقات	1
نيوترونات .	أقل من 10 keV	5
نيوترونات .	10 → 100 KeV	10
نيوترونات .	100 keV →2 MeV	20
نيوترونات .	2 →20 MeV	10
نيوترونات .	أكبر من 20 MeV	5
بروتونات .	أكبر من 20 MeV	5
جسيمات ألفا ونوى خفيفة .		20

تعرف الجرعة المكافئة (H_{Ti}) في عضو أو نسيج T من نوع معين من الإشعاعات R بأنها حاصل ضرب الجرعة الممتصة D_{Ti} في هذا العضو أو النسيج من النوع المعين من الإشعاعات في معامل النوعية أو معامل الإشعاع المرجح لهذا النوع من الإشعاعات ، أي إن:

$$H_{Ti} = D_{Ti} \times W_R$$

تقاس الجرعة المكافئة في العضو أو النسيج في النظام المعياري العالمي بوحدة أطلق عليها اسم سيفرت Seivert ورمزها Sv وذلك عندما تكون الجرعة الممتصة معبراً عنها بوحدة الكرأي . وعند التعبير عن الجرعة الممتصة بوحدة الراد القديمة تستعمل وحدة أخرى

قديمة للجرعة المكافئة هي الريم rem ومن العلاقة بين الكرأي والراد يتبين أن السيفرت والريم يرتبطان معا بنفس العلاقة وهي :

$$1\ Sv = 100\ rem$$

3-4-6 الجرعة الفعالة : (E_{Ti}) The Effective Dose :

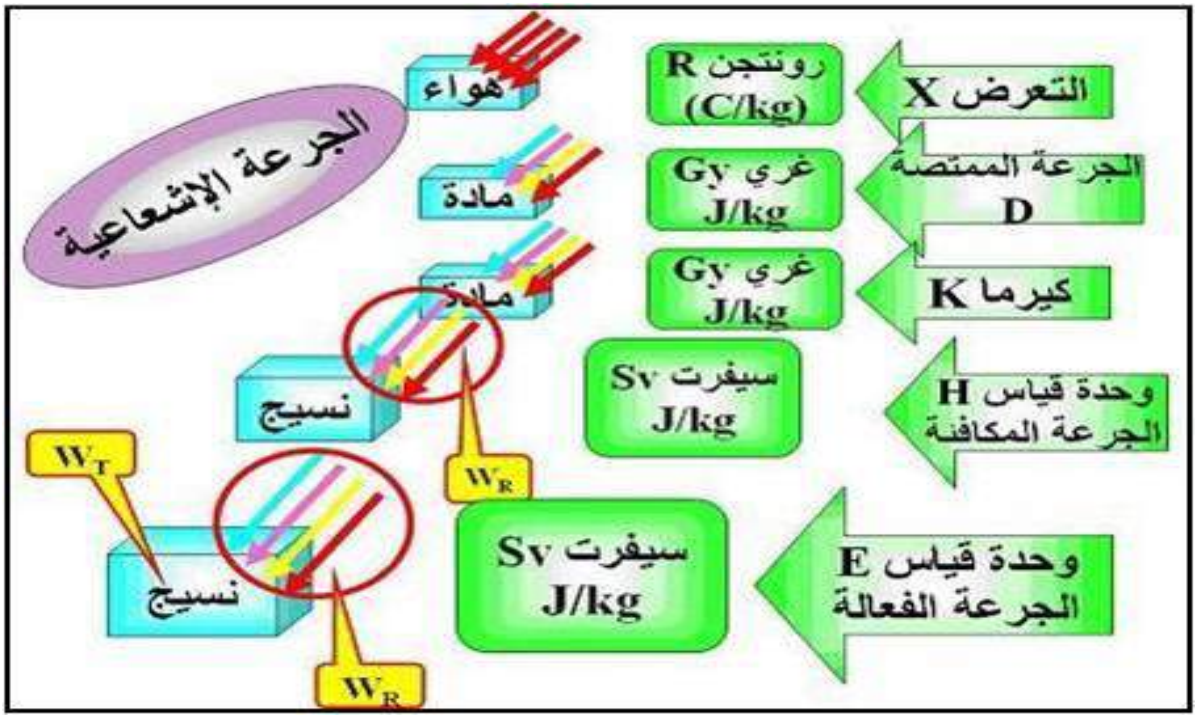
العلاقة بين احتمال حدوث التأثيرات العشوائية للضرر الإشعاعي ، كالسرطان وغيره ، وبين الجرعة المكافئة ، تعتمد على نوع العضو أو النسيج المتعرض للإشعاع . بمعنى آخر، هناك أعضاء وأنسجة بشرية أكثر استجابةً لحدوث السرطان من غيرها عند تساوي الجرعة المكافئة فيها . مما يدفعنا الى تعيين كمية ترتبط بنوع العضو أو النسيج ، وباحتمال إصابته بالتأثيرات العشوائية للإشعاع ، وقد أطلقت الوكالة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP) على هذه الكمية اسم "العامل المرجح للعضو أو النسيج "**W_{Ti}**" ، ويمثل هذا العامل المساهمة النسبية للعضو أو النسيج المعين في الضرر الكلي للتأثيرات الإشعاعية الناتجة عن تشعيع كامل الجسم البشري بمجال إشعاعي متجانس ، يوضح الجدول (6-2) قيم العوامل المرجحة للأنسجة والأعضاء البشرية المختلفة ، إن الجرعة الفعالة E لكامل الجسم هي مجموع الجرعات المكافئة الموزونة بعامل الإشعاع المرجح ، مضروبة بالعامل المرجح للنسيج أو العضو ، أي أنها مجموع الجرعات المكافئة الموزونة بالعوامل المرجحة لكل عضو أو نسيج ، وتحدد وفقاً للعلاقة :

$$\mathbf{E = H_{Ti} \times W_{Ti}}$$

حيث أن : H_{Ti} هي الجرعة المكافئة في العضو أو النسيج T ، و W_{Ti} هو العامل المرجح لذلك العضو أو النسيج . ويتم الجمع لجميع أعضاء وأنسجة الجسم . وإن الجرعة الفعالة E في الجسم تعد بمثابة مقياس لاحتمال إصابة الجسم بالأمراض العشوائية كالسرطان القاتل نتيجة التعرض للإشعاع ، وتقاس الجرعة الفعالة بنفس وحدات قياس الجرعة المكافئة ، أي بالسيفرت Sv في النظام المعياري الدولي والريم في النظام القديم .

الجدول (6-2) العوامل المرجحة للأنسجة والأعضاء البشرية .

العضو	عامل النسيج المرجح W_{Ti}
الغدد التناسلية .	0.20
النخاع العظمي الأحمر ، القولون ، الرئتان ، المعدة .	0.12
المثانة ، الصدر ، الكبد ، الإثني عشر ، الغدد الدرقية .	0.05
الجلد ، سطح العظام .	0.01
باقي الأعضاء .	0.05
كامل الجسم .	1



شكل (6-2) وحدات قياس الجرع الإشعاعية

4-4-6 دليل الخطورة (H_{ex}) Hazard-Index :

يعزى معظم الإشعاع الذي يتعرض له الفرد الى المصادر الطبيعية والجزء الباقي يعزى الى المصادر المشعة الصناعية . ومعدل جرعات التعرض الخارجي والداخلي لأشعة كاما جمعت لتكون مقامات لعلاقة تضم النشاط الإشعاعي الطبيعي والصناعي النوعيين للنويدات المشعة ووليداتها لتعطي بذلك معاملا جديدا يوضح مدى الخطورة الناتجة من عملية الاستنشاق والبلع ويطلق على هذه العلاقة دليلي الخطورة كما في المعادلتين الآتيتين :

دليل الخطورة الداخلي (H_{in}) :

$$\mathbf{H_{in}} = \frac{(\mathbf{S.A})^{\mathbf{226}}\ \mathbf{Ra}}{\mathbf{185}} + \frac{(\mathbf{S.A})^{\mathbf{232}}\ \mathbf{Th}}{\mathbf{259}} + \frac{(\mathbf{S.A})^{\mathbf{40}}\ \mathbf{K}}{\mathbf{4810}} \leq \mathbf{1}$$

دليل الخطورة الخارجي (H_{ex}) :

$$\mathbf{H_{ex}} = \frac{(\mathbf{S.A})^{\mathbf{226}}\ \mathbf{Ra}}{\mathbf{370}} + \frac{(\mathbf{S.A})^{\mathbf{232}}\ \mathbf{Th}}{\mathbf{259}} + \frac{(\mathbf{S.A})^{\mathbf{40}}\ \mathbf{K}}{\mathbf{4810}} \leq \mathbf{1}$$

حيث أن S.A. (U , Th , K) تمثل النشاط الإشعاعي النوعي لليورانيوم والثوريوم ووليداتها وللبوتاسيوم على التتالي . عندما تكون قيمة هذين الدليلين واحدا أو أكثر يعني هذا أن هناك خطراً ويكون خارج نطاق الحدود المقرة .

5-6 سياقات قياس الجرعة التشخيصية والأجهزة المستعملة فيها :

عند استعمال المصادر المشعة يتوجب إجراء المراقبة الدقيقة لكمية الإشعاع المؤين التي يستلمها الجسم للتحقق من أن إجراءات الأمان قد روعيت خلال العمل .

إن الأضرار الناجمة أو المتوقعة من العمل في مجال المواد المشعة يمكن تقليلها الى المستويات المقبولة هندسيا وإجرائيا عن طريق السيطرة عليها .

إن مراقبة الجرع الإشعاعية المكافئة الشخصية طريقة جيدة ومهمة للتحقق من أن إجراءات السيطرة فعالة .

5-6 قياس الجرع الإشعاعية :

ويقسم الى قسمين ، هما :

أ- **قياس الجرع الخارجية** : عندما يكون المصدر الإشعاعي خارج الجسم ، وفي هذه الحالة فإن مدى تأثيرالإشعاعات المؤينة على خلايا جسم الكائنات الحية المختلفة ودرجة الأضرار البيولوجية الناجمة عنها يعتمدان على عدة عوامل منها :

1- الجرعة الإشعاعية الممتصة (Radiation absorbed dose) : كلما إزدادت كمية الجرعة الممتصة من قبل الجسم تزداد شدة تأثير الخطورة او الأضرار.

2- الزمن (Time) كلما إزدادت مدة زمن التعرض الإشعاعي يزداد التأثير .

3- معدل الجرعة الممتصة (Average absorbed dose) يزداد التاثير كلما إزداد معدل الجرع الممتصة .

4- المسافة (Distance) كلما قلت او قصرت المسافة مابين المصدر الإشعاعي والشخص تزداد نسبة الضرر.

5- الحاجز(Shield) كلما إزداد سمك الحاجز الواقي الواقع ما بين مصدرالأشعة والشخص يقل التعرض الإشعاعي .

6- نوع الإشعاع (Type of radiation) هناك عدة أنواع مختلفة من الإشعاعات ولكل واحد منها تأثيرات محددة كأشعة جاما والأشعة السينية وجسيمات ألفا وبيتا.

7- الإنتقال الخطي للطاقة (Linear Energy Transfer) (LET) هوعبارة عن كمية انتقال الطاقة الممتصة خلال الوسط المادي في وحدة طول المسار الإشعاعي ، علما بأن الأشعة المتمثلة بزيادة كمية الطاقة العالية بإمكانها أن تسبب ضررا بيولوجيا أكبر من الإشعاعات المتمثلة بكمية الإنتقال الخطي المنخفض .

8- الخلية (Cell) تختلف خلايا أعضاء الجسم في درجة استجابتها (Response) أو حساسيتها (Sensitivity) للإشعاعات المؤينة ، علما بأن الخلايا السريعة الإنقسام تتأثر بالإشعاع أكثرمن الخلايا البطيئة الإنقسام .

9- العضو (Organ) تتفاوت أعضاء الجسم في تأثرها بالإشعاع . ففي حالة تعرض عضو معين من الجسم الى جرعة إشعاعية فإن الضرر يكون أقل مما يتعرض اليه الجسم بأكمله .

10- العمر (Age) تكون مخاطر الأشعة لدى الأطفال والمراهقين ومن كلا الجنسين أشد مما تكون لدى البالغين .

ب - **قياس الجرع الداخلية :** عندما يكون المصدر الإشعاعي داخل الجسم .

وفي حالة التعرض الداخلي ، فالعوامل التي تتحكم في الآثارالناجمة عن التعرض الإشعاعي الداخلي هي : كمية المادة المشعة ، نوع الإشعاع ، المدة الزمنية اللازمة للتحلل الإشعاعي ، نسبة عمر النصف الفعال (عبارة عن مجموع نسب عمر النصف البيولوجي وعمر النصف الفيزيائي) وغيرها من العوامل . وتجدر الإشارة إلى أن فعالية المواد المشعة تبدأ بالنقصان في جسم الأنسان بعدة عمليات للإفراز والإخراج كالتنفس والعرق والبول والبراز. ويعبّر عن وحدة قياس التعرض الداخلي بوحدة النشاط الإشعاعي وتسمى (Becquerel) بيكريل .

1-6-6 قياس الجرع الخارجية :

قياس الجرع الخارجية يجرى على الأغلب بوساطة إحدى أو كلتا الطريقتين الآتيتين :

1. ارتداء مقياس الجرع المتكامل (مقياس الجرع الشخصية) الذي يشير الى الجرعة المكافئة في نقطة ما على الجسم كما في الشكل (6-3) .
2. تخمين الجرعة المكافئة بحساب معدل الجرعة المكافئة في منطقة ما وطول مدة المكوث فيها خلال انجاز العمل ، إذ يمكن قياس أو حساب معدل الجرعة المكافئة .

مقاييس الجرع الشخصية :

إن أكثر أنواع مقاييس الجرع الشخصية شيوعا هو مقياس الجرع الفيلمي (باج فلم) ومقياس التألق الحراري (TLD) (**Thermal Luminescence Dosimeter**) ومقياس جرع التألق الضوئي المحتث (OSLD) وحجرة التأين الجيبي (مقياس الجرع القلمي) (PIC) .

القراءة غير المباشرة
بـــاج فـــلـــم

القـراءة المـبـاشرة
مقياس الجرع القلمي

شكل (6-3) مقاييس الجرع الشخصية

إن مقاييس الجرع الفيلمية تتألف :- من قطعة صغيرة لفلم فوتوغرافي في رزمة خفيفة ، وتوضع المرشحات فوق الفلم لتُأخذ المعلومات المتعلقة بنوع وطاقة الإشعاع الساقط ، هذه المعلومات تكون بحاجة الجرعة المكافئة المسجلة بوساطة الفلم ، لان الفلم لا يستجيب تماما للإشعاع بالطريقة نفسها كما في النسيج ، إن مقياس الجرع الفيلمي يكون حساسا للحرارة ، كما انه رخيص نسبيا .

أما مقياس الجرع بالتألق الحراري (TLD) :- فهي بلورات صغيرة غير عضوية ، عندما تسخن تبعث كمية من الضوء ، عند ظروف محددة يتناسب الضوء المنبعث مع طاقة الإشعاع الذي تم اقتناصه من قبل ذرات البلورة ، هذه المقاييس هي صغيرة (rugged) وقابلة للاستعمال مرة أخرى وتستجيب لمعظم أنواع الإشعاع بنفس الطريقة التي يستجيب بها النسيج ، على الرغم من ذلك فإن هذه المقاييس تكون مكلفة أكثر من حامل الفلم ولا تعطي تسجيل فوري (آني) للجرع المكافئة .

أما بالنسبة الى (OSLD) فان عمله مشابه لعمل (TLD) عدا كونه يمتص طاقة الإشعاع ومن ثم يبعث أشعة ليزر بدلا عن الحرارة .

وبالنسبة لمقياس الجرع القلمي (PIC) فهي حجرة صغيرة ومكلفة نسبيا ويمكن قراءة الجرع مباشرة من المقياس بدون إلغاء أو مسح الجرع المتراكمة ، يعمل هذا على إعطاء القراءة الآنية للجرعة المكافئة المستلمة خلال العمل وهي مفيدة لتقليل الجرع . ويجب وضع مقاييس الجرع الشخصية في منطقة الصدر وفي حالات أخرى يمكن استعمال مقاييس أخرى عند الحاجة مثل (ring TLD) والذي يستعمل لقياس الجرعة المكافئة للأيدي ، ويجب أن تخزن مقاييس الجرع في مناطق ذات خلفية إشعاعية قليلة وثابتة وبعيدة عن مصادر التلوث.

6-6-2 قياس الجرعة الداخلية :

يؤثر توزيع المواد المشعة ومكوثها داخل الجسم على الجرعة المكافئة المستلمة ، لذلك لا تقاس الجرعة الداخلية بصورة مباشرة بعيداً عن وصف توزيع المواد المشعة ، الجرعة المكافئة يمكن حسابها باستعمال الطرائق القياسية للجرع الداخلية .

غالبا تستعمل ثلاث طرائق لتقدير توزيع المواد المشعة ومكوثها في الجسم ، وهي :

1. مراقبة كمية المادة المشعة الداخلة للجسم ومقارنتها بالأنموذج الحيوي للجسم كمرجع لتقدير وتوزيع ومكوث المواد المشعة .
2. مراقبة معدل المواد المشعة الممتصة من قبل الجسم خلال مدة زمنية محددة ومقارنتها بالأنموذج الحيوي للجسم كمرجع للتقدير .
3. مراقبة كمية المواد المشعة مباشرة في منطقة معينة أو عضو معين من الجسم لمدة زمنية وتقدير الجرعة المكافئة لذلك العضو .

6-7 تقدير الجرع المكافئة :

يمكن تقدير الجرع المكافئة المستلمة عن طريق قياس معدل الجرعة بالمقياس الماسح مضروبة بزمن المكوث في مجال الإشعاع .

هذه الطريقة مفيدة في تقدير الجرع كما تم استلامها .

وبالرغم من ذلك يمكن أن تنشأ عدة مشاكل في حالة القياس الخاطئ لمعدل الجرعة المكافئة .

ان مقياس معدل الجرعة المكافئة لايمثل المجال الاشعاعي الذي يعمل فيه فقط وانما الفترة الزمنية للتعرض في المجال قيد القياس ايضا .

6- 8 طرائق المراقبة :

إنموذج الهواء في منطقة التنفس هي طريقة مقبولة لمراقبة تناول المواد المشعة ، وللوصول الى النتائج المقبولة من المهم الحصول على إنموذج يمثل الهواء المتنفس ، مثلا إذا كان تركيز هواء الغرفة غير منتظم فان الإنموذج يجب أن يكون لأقرب نقطة ممكنة من الأنف .

والطريقة العملية لمراقبة المواد المشعة المطروحة هي :- التحليل الحيوي للإدرار ، وهذه الطريقة لا تكون مفيدة لتلك المواد المشعة المطروحة بسهولة وهنالك خطوات يجب أن تتخذ لجعل النماذج الحيوية خالية من التلوث .

إن مراقبة اليود المشع للغدة الدرقية إحدى الأمثلة الجيدة في التقدير المباشر لكمية المادة المشعة للعضو .

المراقبة المباشرة للنشاط الإشعاعي في عضو معين ولعموم الجسم يكون أكثر تأثيرا وسهولة من مراقبة النشاط الإشعاعي للمواد المشعة خارج الجسم ، إذ لا يكون هنالك أي تلوث في الجسم .

الملاحق

جمهورية العراق
مجلس الوزراء
الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة

استمارة IRSRA-R&D-I- 01

استمارة اعداد خطة الطوارئ الموقعية للممارسات الاشعاعية

1- اسم الجهة :
2- اسم الشخص المخول : البريد الالكتروني : رقم هاتف النقال : التوقيع : التاريخ :
3- تاريخ اعداد الخطة او آخر تحديث :
4- نوع الممارسة الاشعاعية (كما وردت بالتخويل):
5- فئات التهديد: (المرفق رقم1) والشكل التوضيحي (المرفق رقم 2) الفئة الثالثة: ☐ الفئة الرابعة: ☐
6- مستوى الحالة الطارئة: (المرفق رقم2) ضعيف: ☐ متوسط ☐ عالي: ☐
7- اسماء ومهام فريق الاستجابة للحالة الطارئة: • مدير الطوارئ: • المقيم الاشعاعي:

عنوان الهيئة: بغداد- حي السعدون- ساحة الفردوس- ص. ب 2025 جادرية – هاتف 7183228 موبايل07706243279
البريد الالكتروني: irsra2004@yahoo.co.uk الموقع الالكتروني: www.irsra.gov.iq

- مسؤول الوقاية من الاشعاع:

- المستجيبون الأوائل:

- الطبيب المعالج :

8- الاجهزة والمعدات المستخدمة في الاستجابة:

9- البرنامج التدريبي لفريق الاستجابة:

10- انواع الحوادث الاشعاعية والاستجابة المناسبة لها (السيناريوهات):

أ. اجراءات الاستجابة في حالة فقدان المصدر المشع:

عنوان الهيئة: بغداد- حي السعدون- ساحة الفردوس- ص. ب 2025 جادرية – هاتف 7183228 موبايل07706243279
البريد الالكتروني: irsra2004@yahoo.co.uk الموقع الالكتروني: www.irsra.gov.iq

ب. اجراءات الاستجابة في حالة سرقة المصدر المشع:

ج.اجراءات الاستجابة في حالة حدوث تعرض اشعاعي:

د. اجراءات الاستجابة في حالة حدوث تلوث اشعاعي:

هـ. اجراءات الاستجابة في حالة حدوث حريق:

عنوان الهيئة: بغداد- حي السعدون- ساحة الفردوس- ص. ب 2025 جادرية – هاتف 7183228 موبايل07706243279
البريد الالكتروني: irsra2004@yahoo.co.uk الموقع الالكتروني: www.irsra.gov.iq

و. اجراءات الاستجابة في حالة حدوث الانفجار :

ز. اجراءات الاستجابة اثناء حادث نقل سواء كان انقلاب ، تصادم ، امر آخر :

11- اعمال انتهاء الاستجابة للحالة الطارئة:

12- اسباب الحادث الاشعاعي:

13- تقديم التقرير النهائي الى الهيئة عن الحادث الاشعاعي:

مصادقة الهيئة على خطة الطوارئ

عنوان الهيئة: بغداد- حي السعدون- ساحة الفردوس- ص. ب 2025 جادرية – هاتف 7183228 موبايل07706243279
البريد الالكتروني: irsra2004@yahoo.co.uk الموقع الالكتروني: www.irsra.gov.iq

المرفق رقم 1

الفئة الثالثة:

مرافق التشعيع الصناعي التي تقع فيها أحداث داخل الموقع ويمكن أن تتسبب في جرعات تؤدي الى اتخاذ إجراءات وقائية عاجلة داخل الموقع.

المستوى	الوصف
3 – أ	حوادث أو أفعال مقصودة لا تنطوي على وقوع تعرض طارئ ملموس أو احتمال وقوع تعرض طارئ ملموس
3 – ب	حوادث أو أفعال مقصودة تتضمن وقوع تعرض طارئ أو احتمال وقوع تعرض طارئ ضمن الموقع بدون حدوث تلوث إشعاعي
3 – ج	حوادث أو أفعال مقصودة تتضمن وقوع تعرض طارئ أو احتمال وقوع تعرض طارئ ضمن الموقع مع حدوث تلوث إشعاعي

الفئة الرابعة: (المصادر المشعة)

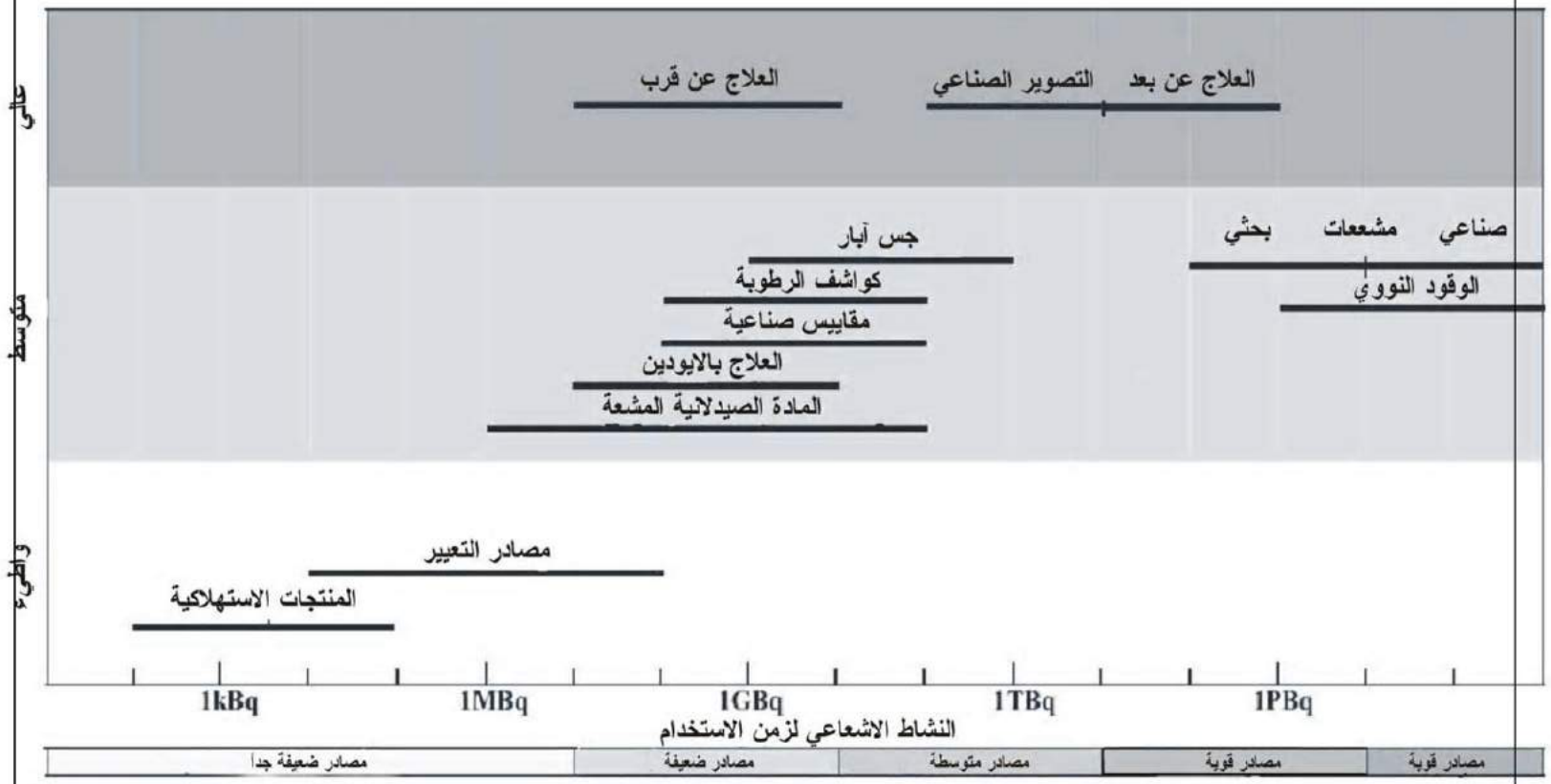
الأنشطة التي يمكن ان تتسبب في طارئ نووي او إشعاعي قد يؤدي الى اتخاذ إجراءات وقائية عاجلة في مكان غير متوقع وتشمل الأنشطة غير المصرح بها، كالأنشطة المتعلقة مثلا بمصادر خطرة تم الحصول عليها بطريقة غير مشروعة.

كما تشمل أنشطة النقل والأنشطة المصرح بها التي تنطوي على مصادر محمولة خطرة كمصادر التصوير الإشعاعي الصناعي او السوائل التي تعمل بالطاقة النووية او المولدات الحرارية الإشعاعية.

المستوى	الوصف
4 - أ	سرقة أو فقدان مادة مشعة أو العثور عليها
4- ب	حادث نقل مادة مشعة في طرود معفاة أو صناعية (لا تنطوي على احتمال وقوع تعرض ملموس)
4 - ج	حادث نقل مادة مشعة في طرود من النوع A أو B (تنطوي على احتمال وقوع تعرض ملموس)

IRSRA-R&D-I- 01 استمارة

المرفق رقم 2



عنوان الهيئة: بغداد- حي السعدون- ساحة الفردوس- ص. ب 2025 جادرية – هاتف 7183228 موبايل07706243279
البريد الالكتروني: irsra2004@yahoo.co.uk الموقع الالكتروني: www.irsra.gov.iq

كمثال على خطة الطوارئ الموقعية للممارسات الإشعاعية سنأخذ مثلا جامعة بغداد / كلية التربية للعلوم الصرفة – ابن الهيثم

خطة الطوارئ الموقعية للممارسات الإشعاعية :

اسم الجهة :- جامعة بغداد / كلية التربية للعلوم الصرفة – ابن الهيثم

تاريخ تنظيم الخطة :- / / 2013

1- اسم الشخص المخول:- أ.م.د. كريم علي جاسم

البريد الالكتروني:- Kaj_1964@yahoo.com

رقم الهاتف :- 07902355973

2- <u>أسماء العاملين في مجال الإشعاع :</u>

ت	الاسم	العنوان الوظيفي
1	خالد هادي مهدي	أستاذ
2	بشائر محمد سعيد	أستاذ مساعد
3	احمد موسى شويخ	مدرس
4	احمد فاضل	مدرس
5	عدي طارق صبحي	مدرس مساعد
6	دريد هاني	مدرس مساعد
7	قبس عبد الجبار ياسين	مدرس
8	هدى مجيد توفيق	مدرس
9	علاء عبد هادي	م . فيزياوي
10	فراس كاظم نصيف	مدرس مساعد
11	هديل عبد الجبار صاحب	م . فيزياوي
12	مظفر جاسم صاحب	مدرس مساعد
13	رونق قيس غضبان	مدرس مساعد
14	سميرة احمد إبراهيم	مدرس مساعد
15	لينا مجيد حيدر	مدرس مساعد
16	ناز طلب جار الله	مدرس
17	حسين علي جان ميران	مدرس مساعد

3- أسماء المسؤوليين عن عملية الطوارئ :

ت	الاسم	العنوان الوظيفي	رقم الهاتف
1	خالد هادي مهدي	أستاذ	07901781471
2	احمد فاضل	مدرس	07902522620
3	عدي طارق صبحي	مدرس مساعد	07702623512
4	دريد هاني	مدرس مساعد	07706231846
5	علاء عبد هادي	م . فيزياوي	07702641911

4- نوع الممارسة الإشعاعية هو حيازة واستعمال مصادر مشعة وهي من فئات التهديد الواقعة ضمن الفئة الرابعة .

5- سياقات العمل :

- ❖ يتم في مختبراتنا عملية التشعيع بالنسبة لأشعة كاما و جسيمات بيتا وألفا والنيوترونات الحرارية والسريعة .
- ❖ تم تهيئة الأماكن الخاصة بذلك خاصة بالنسبة للنيوترونات وتحديد العاملين للقيام بمثلِ هذهِ الأعمال .
- ❖ تم فتح سجل خاص بعملية التشعيع للمشاريع البحثية للأساتذة وكذلك لمشاريع طلبة الدراسات العليا .
- ❖ تشكيل لجنة خاصة بالمسح الإشعاعي حسب الكتاب المرقم 164 في 29- 5-2011 والمكونة من الأساتذة :
  - ❖ أ. د. خالد هادي مهدي رئيسا
  - ❖ م. م. عدي طارق صبحي عضواً
  - ❖ م. فيزياوي علاء عبد هادي عضواً

- تشكيل لجنة خاصة للسيطرة على المصادر المشعة والتعامل معها والمكونة من الأساتذة :
  - أ. د. خالد هادي مهدي رئيسا
  - م. د. احمد فاضل مخيبر عضوا
  - م. م. عدي طارق صبحي عضوا
- مشاركة أ. م. د. بشائر محمد سعيد في ورشة العمل التي أقامتها الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة حول (كيفية التعامل مع المصادر المشعة) ، كما تم مشاركة المدرس المساعد عدي طارق صبحي في (دورة تدريبية حول الوقاية من الإشعاع في الاستعمالات البحثية) من قبل الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة وبعد ذلك تم إخضاع الآخرين من الذين يعملون في مجال الإشعاع في الكلية لدورة تدريبية قام بإلقاء المحاضرات فيها كل من الأساتذة المذكورين أعلاه بنفس البرنامج التدريبي الذي اشتملت عليه الورشة والدورة التدريبية .
- إن العمل جارٍ في إكمال متطلبات المراقبة الدورية لمستويات النشاط الإشعاعي من خلال طلب أجهزة القياس الخاصة بذلك .
- نقترح تنفيذ مشروع الإنذار المبكر للتنبؤ عن وجود التلوث الإشعاعي من اجل الوقاية من الإشعاع ونتمنى دعم كل خطوة بهذا الاتجاه سواء على مستوى وزارتنا أو الوزارات الأخرى .

6- تقييم التهديدات والمخاطر الإشعاعية :

- درجة التهديد بالنسبة للمصدر النيوتروني وباقي المصادر الإشعاعية مدرجة في قائمة المصادر المشعة المرفقة والمخول حيازتها من قبل الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة بحسب الكتاب المرقم (952) في 4 – 7 – 2011 .
- أما النشاط الإشعاعي للمصادر المشعة المخولة مدرج أيضاً في قائمة المصادر المشعة المرفقة والمخول حيازتها من قبل الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة بحسب الكتاب المرقم (952) في 4 – 7 – 2011 .

❖ أما عن أجهزة الحماية الذاتية للعاملين فقد تم صرف باج فلم لهم لقياس معدل الجرع المستلمة من المصادر المشعة فضلا عن وجود متابعة دورية مستمرة لمعرفة مستوى التعرض للإشعاع بالتعاون مع مركز الوقاية من الإشعاع في وزارة البيئة كل ثلاثة شهور.

❖ إن الحوادث الإشعاعية المحتمل حصولها هي :- الفقدان أو السرقة أو الحريق .

❖ إن مستوى الحالة الطارئة :- هو مستوى ضعيف الى متوسط بحسب المرفق رقم (2) الوارد في استمارة إعداد خطة الطوارئ الموقعية للممارسات الإشعاعية من قبل الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة .

7- أسماء ومهام فريق الاستجابة للحالة الطارئة:-

أ- مسؤول الوقاية من الإشعاع :- أ. د. خالد هادي مهدي العبيدي

ب-مـــديـــر الـطـــــــوارئ :- م. د. احمد فاضل مخيبر

البديل :- م. م. عدي طارق صبحي

ج- المـــقـــيـــم الإشـــعـــاعـــي :- م. م. دريد هاني يونس

البديل :- م. فيزياوي علاء عبد هادي

د- المستجيبون الأوائل :-

❖ م. د. احمد فاضل مخيبر

❖ م. م. عدي طارق صبحي

❖ م. م. دريد هاني يونس

❖ م. فيزياوي علاء عبد هادي

هـ- الطبيب المعالج :- د. علي نصري هادي

8- الأجهزة والمعدات المستعملة في الاستجابة هي :- جهاز الكشف عن أشعة كاما نوع (Technical Associates – Model PUG1) فضلا عن القفازات والملاقط والعلامات التحذيرية وأجهزة الاتصال (هواتف نقالة) .

9- البرنامج التدريبي لفريق الاستجابة :-

تم مشاركة المدرس المساعد عدي طارق صبحي في دورة تدريبية عن المصادر المشعة التي نظمتها الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة بعدها قام المتدرب المذكور بإلقاء محاضرة على قسم الفيزياء والمجاميع البحثية فيما يخص المصادر المشعة والوقاية من الإشعاع .

كما تم مشاركة كل من م.م عدي طارق صبحي وم.م دريد هاني يونس و م. فيزياوي علاء عبد هادي في دورة تدريبية لمناقشة خطط الطوارئ للممارسات الإشعاعية الموقعية التي نظمتها الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة .

10- أنواع الحوادث الإشعاعية والاستجابة المناسبة لها (السيناريوهات) :-

أ- إجراءات الاستجابة في حالة فقدان المصدر المشع :-

- ❖ إبلاغ المستجيب الأول عن الحادث الإشعاعي .
- ❖ تقييم الحادث الإشعاعي .
- ❖ إبلاغ الهيئة العراقية عن الحادث الإشعاعي وإعلان حالة الطوارئ وإغلاق جميع المخارج في منطقة الحدث .
- ❖ إجراء المسوحات الإشعاعية اللازمة في منطقة الحدث باستعمال أجهزة القياس المتوافرة .
- ❖ عند الكشف عن مكان وجود المصدر المشع يتم تحضير الحاوية المناسبة له ورفعه من مكانه لتأمين عدم تعرض العاملين في حالة الطوارئ الى الإشعاع .

- ❖ بعد رفع المصدر المشع ، يتم إجراء المسوحات الإشعاعية النهائية للتأكد من عدم تلوث المنطقة بالإشعاع أو من عدم وجود مصدر آخر .
- ❖ إنهاء حالة الطوارئ وتقديم تقريرا مفصلاً حول الحادث الى الهيئة الرقابية .

ب-إجراءات الاستجابة في حالة سرقة المصدر المشع :-

إن في حالة سرقة المصدر المشع من قبل احد الأشخاص الموجودين فان الاستجابة تكون كالأتي :-

- ❖ إبلاغ المستجيب الأول عن الحادث الإشعاعي .
- ❖ تقييم الحادث الإشعاعي .
- ❖ إبلاغ الجهات الأمنية عن الحادث الإشعاعي وإعلان حالة الطوارئ وإغلاق جميع المخارج في منطقة الحدث لتامين عدم خروج المصدر .
- ❖ إجراء المسوحات الإشعاعية اللازمة في منطقة الحدث باستعمال أجهزة القياس المتوافرة ، إجراء المسوحات الإشعاعية على جميع الأشخاص الموجودين في منطقة الحدث .
- ❖ في حالة العثور على المصدر المشع يتم إنهاء المسوحات الإشعاعية ، أما في حالة عدم العثور عليه يتم توسيع دائرة البحث ليشمل جميع الأشخاص الذين دخلوا منطقة الحدث من خلال سجل الداخلين للمنطقة .
- ❖ في حالة الكشف عن المصدر المشع يتم وضعه في حاوية مناسبة لضمان عدم تعرض العاملين في منطقة الحدث .
- ❖ إجراء المسوحات الإشعاعية النهائية للتأكد من عدم وجود مصدر آخر .
- ❖ إنهاء حالة الطوارئ وتقديم تقريراً مفصلاً حول الحادث الى الهيئة الرقابية .

ج- إجراءات الاستجابة في حالة وجود تعرض إشعاعي :-

- ❖ إبلاغ المستجيب الأول عن الحادث الإشعاعي .
- ❖ تقييم الحادث الإشعاعي .

- ❖ إعلان حالة الطوارئ ووضع طوق امني داخلي وخارجي حول منطقة التعرض وبحسب مستوى التعرض فإذا كان التعرض بمستوى عالٍ ويتم عزل الطوق الداخلي عن الخارجي بحيث لا يؤدي الى تعرض الموجودين في الطوق الخارجي .
- ❖ تحضير المعدات والأجهزة اللازمة لعملية الطوارئ .
- ❖ يتم تامين المصدر برفعه ووضعه في الحاوية المخصصة له عن طريق المعدات اللازمة لرفعه .
- ❖ إجراء المسوحات الإشعاعية النهائية لمعرفة ما إذا كان هناك مصدراً آخر أم لا .
- ❖ إنهاء حالة الطوارئ وتقديم تقريراً مفصلاً حول حالة التعرض الى الهيئة الرقابية .

د- إجراءات الاستجابة في حالة حدوث تلوث إشعاعي :-

- ❖ إعلان حالة الطوارئ ووضع طوق امني داخلي وخارجي حول منطقة التلوث .
- ❖ تحضير المعدات والأجهزة اللازمة لعملية الطوارئ .
- ❖ إجراء المسوحات الإشعاعية للأشخاص الموجودين في منطقة الحادث .
- ❖ وضع علامات تحذيرية حول مناطق التلوث أو إحاطة مناطق التلوث بدوائر ملحوظة لكي يتم عزلها لضمان عدم انتشار التلوث الى أماكن أخرى .
- ❖ تحضير الحاوية المناسبة لتامين المصدر المشع المسبب للتلوث الإشعاعي .
- ❖ إزالة التلوث بحسب خطوات إزالة التلوث .
- ❖ إجراء المسوحات الإشعاعية النهائية للتأكد من عدم وجود التلوث الإشعاعي في المنطقة .
- ❖ إعلان إنهاء حالة الطوارئ وتقديم تقريراً مفصلاً حول الحادث الى الهيئة الرقابية .

هـ - إجراءات الاستجابة في حالة حدوث انفجار أو حريق :-

- ❖ إعلان حالة الطوارئ ووضع طوق امني داخلي وخارجي حول منطقة الحدث .
- ❖ دخول فرق الإطفاء لإطفاء الحريق إذا كان هناك حريق .
- ❖ تجهيز فرق الطوارئ والمعدات والأجهزة اللازمة لعملية الطوارئ .

❖ دخول الطبيب المعالج لمعالجة الجرحى في حالة وجود جرحى .

❖ في حالة وجود جريح ملوث يتم التعامل معه بحذر تام لضمان عدم تلوث المعالجين.

❖ إجراء المسوحات الإشعاعية اللازمة لمعرفة مناطق التلوث الإشعاع ي أو مناطق التعرض الإشعاعي فإن وجد تلوث نضع عليه دوائر ملحوظة ثم بعد ذلك :-

1- نرفع المصدر المشع الذي يؤدي الى التعرض الإشعاعي ووضعه في حاوية مناسبة لإزالة التعرض .

2- يتم إزالة التلوث بحسب خطوات إزالة التلوث .

❖ إجراء المسوحات الإشعاعية النهائية لمعرفة إذا ما كان هناك تهديداً آخر سواء كان تعرض أو تلوث .

❖ إنهاء حالة الطوارئ وتقديم تقريراً مفصلاً حول الحادث الى الهيئة الرقابية .

11- تقديم التقرير النهائي الى الهيئة الرقابية عن الحادث الإشعاعي :-

يتم تقديم تقرير نهائي حول الحادث الى الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة ويتضمن الأتي :-

❖ نوع الحادث وطبيعته وزمان ومكان حدوثه .

❖ سبب الحادث مع ذكر عدد المصابين من جراء الحادث في حالة وجود مصابين .

❖ يتم ذكر إجراءات الاستجابة لتقليل الخطورة والتصدي للحادث ولتخفيف عواقبه والحد من حصول الآثار الصحية الحتمية .

❖ وصف عدد العاملين المصابين والمتعرضين لجرعات إشعاعية مفرطة جراء الحادث للذين يعملون في فريق الاستجابة .

❖ ذكر الخطوات التي سوف تتخذ بعد الحادث للحيلولة دون تكرار الحادث مرة أخرى أو عدم تكرار حوادث مشابهة .

خطة الوقاية من الاشعاع

اولاً:

أ:الهيكل التنظيمي

1- أ.م.د.كريم علي جاسم(المخول)
2- أ.د. خالد هادي مهدي(مسؤول الوقاية من الاشعاع)
3- م.د. احمد فاضل مخيبر(مدير الطوارئ)

ب:قائمة بأسماء الاشخاص الذين يتعاملون مع المصادر المشعة بصورة مباشرة او غير مباشرة:

- مسؤول الوقاية من الاشعاع (أ.د.خالد هادي مهدي)
- مدير الطوارئ (م.د. احمد فاضل مخيبر)
- الخبير المؤهل (مجال الوقاية)(أ.د.خالد هادي مهدي)
- الطبيب المختص (د. علي نصري هادي)

ج: بعض الاشخاص لديهم خبرة عملية في مجال الوقاية من الاشعاع والاخرين حضروا محاضرة د.بشائر محمد و م.م.عدي طارق في مجال الوقاية. وهناك محاضرة مخطط لها حول برنامج الوقاية.

ثانياً: تصنيف مناطق العمل:

أ- المناطق الخاضعة للمراقبة

تم وضع اشارات دلالة وزيادة عدد الاقفال للابواب اضافة الى عمل حفرة للمصدر النيوتروني وبترتيب معين من السمنت والشمع داخل ارضية المختبر لزيادة الامان. وقد تم تحديد العاملين في هذا المختبر وهم كلاً من :

1- أ.د. خالد هادي مهدي
2- م.د. احمد فاضل مخيبر
3- م.م. عدي طارق صبحي
4- م.م. دريد هاني يونس
5- م.فيزياوي علاء عبد هادي

كما يتم عادة تزويد العاملين بالباج فلم علما بانه ليس هناك تلوث اشعاعي يتطلب لبس الملابس الخاصة بذلك .

ب-اما بالنسبة لمختبر الدراسة الاولية فهو خاضعللاشراف وقد تم وضع علامة تحذير للغرفة الخاصة بالمصادر المحفوظة بخزانة حديدية .

ثالثا :-

أ- يتم التقليل من مستويات التعرض الاشعاعي من خلال تحديد عدد الساعات للعاملين في المختبر . ولاتوجد لدينا احتمالية للتسرب او التلوث كون معظم المصادر هي تعليمية وبشكل قرص صلب .

ب-تم تخصيص خزانة لحفظ المصادر داخل غرفة مقفلة داخل المختبر (الدراسة الاولية) كذلك للدراسات العليا تم حفظ مصادر كاما بخزانة داخل المختبر، وتم تحديد لجنة خاصة مكونة من أ.د.خالد هادي مهدي و م.د. احمد فاضل مخيبر و م.م. عدي طارق صبحي كمسؤولين عن مخزن المصادر المشعة والتي تم جردها وتثبيت الجرد بسجل خاص.

رابعا:-

بالنسبة للمراقبة الاشعاعية الفردية فقد تم تزويد اغلب العاملين بالباج فلم وحاليا سوف يتم الفحص الطبي السنوي لهم ، عدا الحالات الطارئة .

خامسا :-

فيما يخص الجودة نحن عازمون على رفع مستوى الاداء لدى العاملين فيما يخص التعامل مع المصادر المشعة .

سادسا :-

يتم رفع الاداء من خلال زج العاملين بالدورات التي يمكن ان تفتح لهم اضافة الى المحاضرات التي يقوم بها أ.د. خالد هادي مهدي باعتباره حاليا رئيس لجنة اعداد الدليل الخاص بالمصادر الاشعاعية .

سابعا :-

توجد خزنة للمصادر المشعة داخل المختبر ، عدا استعارة مختبر الذرية لبعض المصادر خارج المختبر ووفق سجل خاص للاعارة .

References المصادر

[1] IAEA , Identification of Radioactive sources and Devices , Technical Guidance Reference manual, IAEA Nuclear security series No. 5 , Vienna , 2007 .

[2] تصنيف المصادر المشعة ، منشورات الوكالة الدولية للطاقة الذرية فيينا ، دليل الأمان رقم RSG -109 (ISSN 1996 - 7497 , ISBN 978-92-0-602309-9) .

[3] Guide to the safe handling of radioactive materials in research (www.perkinelmer.com/safehandleguide) ,USA ,Sep , 2010 .

[4] IRSRA ، النظام الداخلي للرقابة على استعمال مصادر النشاط الإشعاعي في العراق رقم (1) لسنة 2006 .

[5] ألن مارتن ، صاموئيل هاريسون / ترجمة – محمد ألبدري ، " مقدمة في الوقاية من الإشعاع " ، بيت الحكمة ، بغداد ، 1989 .

[6] معروف ، د. بهاء الدين ، "الوقاية من الإشعاعات المؤينة" ، منشورات منظمة الطاقة الذرية العراقية ، (1989).

[7] السريع ، احمد بن محمد ، احمد ، محمد فاروق ، "مبادئ الإشعاعات المؤينة والوقاية منها" ، اللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاعات بجامعة الملك سعود ، المملكة العربية السعودية ، 2007 .

[8] الوقاية من الإشعاع في الطب (الترجمة العربية) ، الهيئة العربية للطاقة الذرية ، تونس 2011 منشور اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP) رقم 105.

[9] James E. Martin , ((Physics for Radiation Protection)) , Second edition ,Wiley VCH , U.S.A. , 2006 .

[10] Joseph M. , Jean G. , ((Radioactivity Radionuclide's Radiation)) , Springer Germany , 2005 .

[11] Hall & Eric J. , *Radiobiology for the Radiologist* , 5th ed , Lippincott Williams & Wilkins , Philadelphia , 2000 .

[12] H.A. Abel-Ghany , T. EL-Zakla , A.M. Hassan , ((Environmental Radioactivity Measurements of Some Egyptian Sand Samples)) , Rom . Journ . Phys. , Vol. 54 , No. 1-2 , P (213-223) , 2009 .

[13] ICRP 103 Publication , "The Recommendations of International Commission on Radiological Protection" , International Commission on Radiological Protection , 2007.