الفصل التاسع

الوقاية من الإشعاع
في التطبيقات الصناعية

٩ – ١ فلسفة الوقاية من الاشعاع

طورت الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP) مفاهيم الوقاية من الإشعاع واستخدام المعايير ألأساسية في الوقاية من الإشعاع وهذه المفاهيم هي ١ – التبرير،٢ – الامثلية، ٣ – تحديد الجرع، وهي كالتالي:-

ا- تبرير الممارسة (justification):

يعني التبرير " لا يتم تخويل أي ممارسة إشعاعية إلا إذا كانت لتلك الممارسة فائدة للشخص المعرض أو الجمهور مع الأخذ بنظر الاعتبار العوامل الاجتماعية والاقتصادية والعوامل ذات العلاقة ". وعلى هذا الاساس فان الجرعة الناتجة عن التشخيص والعلاج الطبي تعتبر مبررة وتعتبر الممارسة التي تدخل فيها المواد الغذائية والمشروبات ومستحضرات الجميل غير مبررة وكذلك بعض السلع والمنتجات مثل العاب الأطفال.

ب- الامثلية (optimization):

إن مستوى الوقاية و الأمان في الممارسة الإشعاعية يكون مثاليا لغرض أن يكون مقدار جرعة الأفراد وعدد الأفراد المعرضين باستثناء التعرض الطبي التشخيصي والعلاجي أقل ما يمكن التوصل إلية. يسمى هذا المفهوم بمفهوم اقل مايمكن التوصل له عمليا (ALARA) As Low As Reasonably Achievable . تكون أهداف الامثلية ملائمة لوقاية المرضى مع بلوغ النتيجة المرجوة من التشخيص و العلاج،مع الأخذ بالاعتبار العوامل الاجتماعية والاقتصادية.

ج- تحديد الجرع (Dose limitation):

أوصت الهيئة الدولية للوقاية من الإشعاع (ICRP) عام ١٩٩٥ بتحديد الجرعة للعاملين في الإشعاع و الجمهور وقد استند إلى معلومات التأثيرات البيولوجية للإشعاع.وضعت هذه المحددات لمنع حدوث التأثيرات الحتمية (deterministic) وجعل حدوث التأثيرات العشوائية Stochastic اقل احتمالا وهذه المحددات موضحة في الجدول (٩-١) والشكلين (٩ -٢ و٩ – ٣)

ويمكن التقليل من الأخطار البيولوجية على جسم الإنسان بتطبيق القواعد الثلاث وهي:

١. الزمن. ٢ –المسافة. ٣ – التدريع

١ – الزمن : ان مقدار الجرعة المتراكمة لأي فرد يعمل في منطقة إشعاع ذات معدل جرعة معين يتناسب طردياً مع زمن بقائه في تلك المنطقة.

الجرعة الكلية = معدل الجرعة × الزمن

٢- المسافة

شدة الإشعاع أو الجرعة الإشعاعية على مسافة من مصدر صغير الحجم يتناسب عكسياً مع مربع المسافة.

$$D \alpha 1/r^{٢}$$

$$D = K/r^2$$

$$Dr^2 = K$$ وحيث أن (K) ثابت لمصدر معين

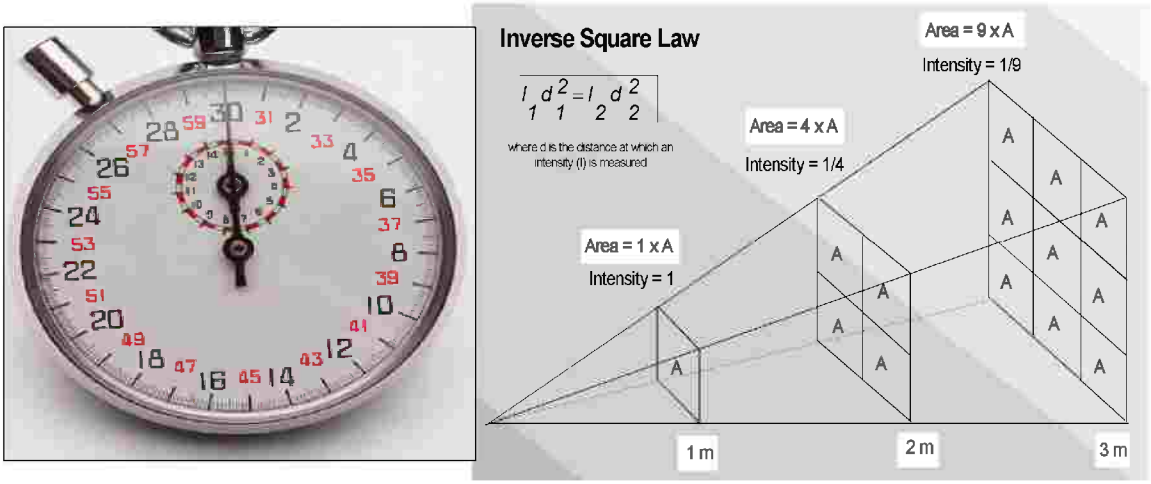
$$D_1 r_1^2 = D_2 r_2^2$$

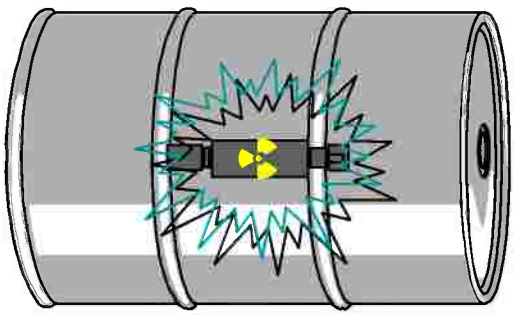
حيث D_1 معدل الجرعة على مسافة r_1 من المصدر، و D_2 هي معدل الجرعة على مسافة r_2 من المصدر.

٣ - التدريع

تعتمد كمية الدرع حول أي مصدر مشع على نوع الإشعاع الذي ترغب في حجزه، وعلى شدة المصدر المشع، وكذلك على معدل الجرعة المسموح بها خارج تلك الحواجز الواقية. كما موضح في الشكل (٩ -١)

الشكل (٩-١) اعتماد الجرعة الاشعاعية على الزمن.المسافة.التدريع





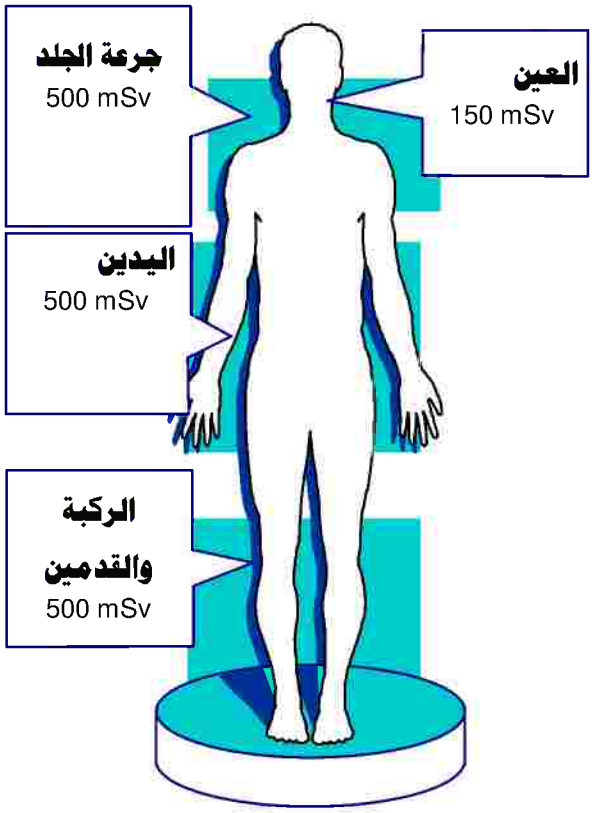
جدول (٩ -١) محددات الجرعة المهنية وجرعة الجمهور حسب توصيات ICRP

الجزء المشع	الجرعة	محدد الجرعة (msv/year)		
		العاملون أكثـر من 18 سنة	المساعدون اقل من 18 سنة	الجمهور
الجسم بأجمة	الجرعة الفعالة	20 أو *50	6	1
عدسة العين	الجرعة المكافئة	150	50	15
اليدين، الجلد والقدم	الجرعة المكافئة	500	150	50

* 20 ملي سيفرت/سنة مقسمة على 5 سنوات (100 ملي سيفرت في 5سنوات) ويمكن التعرض إلى جرعة فعالة عظمى مقدارها 50ملي سفرت في السنة الواحدة.

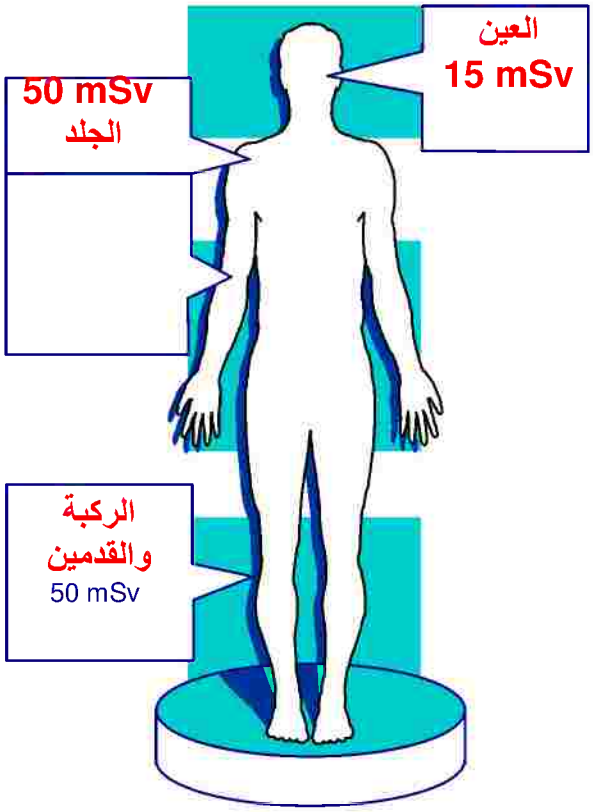
** في بعض الحالات يمكن التعرض لجرعة فعالة مقدارها 5 ملي سفرت في سنة واحدة على إن معدل الجرعة خلال 5سنوات متتالية لا يزيد عن 1ملي سيفرت في حالة التعرض الطبي فتحدد مستويات إرشادية وليس محددات الجرعة.

الشكل رقم (٩ - ٢) محددات الجرع الإشعاعية للعاملين



الجرعة الإشعاعية للعاملين **20 mSV\ year**

الشكل (٩- ٣) محددات الجرع الإشعاعية للجمهور



الجرعة الإشعاعية للجمهور 1 mSV\ year

من أهم الأمور المطلوبة لوقاية العاملين وعموم الناس والبيئة من مخاطر التعرض للأشعة المؤينة إتباع الإطار العام للوقاية الإشعاعية والذي يقوم على المبادئ الأساسية الثلاث المذكورة في اعلاة وعدم تجاوز حدود التعرض سواء للمهنيين أو لعموم الناس (الجمهور). ولتحقيق هذا الهدف يجب وضع برنامج تشغيلي عام للوقاية من الإشعاع بالنسبة للممارسات المبررة وللمصادر المشعة المستخدمة. ويتفاوت حجم البرنامج المطلوب تفاوتا واسعا حسب حجم الممارسة ونوع المصادر المشعة والمعدات والأجهزة والتقانات المستخدمة.يتكون أي برنامج فعال للوقاية من الإشعاع من العناصر الرئيسية التالية:

٩ - ٢ متطلبات الممارسة الإدارية:

من المعايير الأساسية للامان الإشعاعي المتطلبات الإدارية والتي تستند إلى نظام عالمي مقبول يتضمن الإبلاغ (notification) ، الترخيص (License) و الإعفاء (exemption) و رفع الرقابة (clearance). هذا النظام يجعل السلطات الرقابية قادرة على تحديد السيطرة الإدارية

المطلوبة لتنفيذ الممارسة المحددة، مع الأخذ بنظر الاعتبار مخاطر التعرض من هذه الممارسة، ومن أهم مفردات هذا النظام:

ا- الإبلاغ :

أي شخص طبيعي او اعتباري أو جهة يسعى للقيام بالممارسة الاشعاعية غير المستثناة ان يبلغ السلطة الرقابية عن ذلك، وهذا الإبلاغ يجعل السلطة الرقابية قادرة على تحديد عدد المستخدمين للإشعاع في البلد ، حيث تتقدم الجهة التي ترغب ممارسة أي نشاط مع المواد المشعة بطلب إلى الجهات المختصة عن كافة المعلومات بنوع الممارسة وترفق تلك الجهة مع طلب الإبلاغ كافة الوثائق المطلوبة لمنحها الترخيص.

ب- التسجيل او الترخيص :

الشخص او المؤسسة المالكة لأي مصدر وجهاز مولد للإشعاع يجب أن يحصل على موافقة السلطات الرقابية للحصول الرخصة للقيام بهذا العمل حيث تقوم السلطة الرقابية بتسجيل الشخص أو منحة الترخيص لهذه الممارسة .

التسجيل نوع من التخويل للممارسة من المخاطر الإشعاعية الواطئة والمتوسطة والتي تتطلب مسح أو تفتيش قليل من قبل السلطة الرقابية. ويعتبر التسجيل شكل من أشكال التخويل لممارسة العمل مع المواد المشعة ذات المخاطر المتوسطة والقليلة.

سياقات العمل مع المصادر المشعة سهلة و مفهومة وخاصة لمصادر المقاييس النووية المحمولة المستخدمة في تحليل المواد وتحتوي مصادر ذات نشاط اشعاعي واطئ وكذلك أجهزة الأشعة السينية لفحص المسافرين.لذلك فان التسجيل كافيا للممارسة.

أما منح الاجازه فيحصل للممارسات ذات المخاطر الإشعاعية العالية مثل المنشآت النووية،إدارة النفايات المشعة ومصادر التشعيع أو التصوير ألشعاعي. و الترخيص وثيقة تخول الجهة الحاصلة عليها الحق

القانوني لممارسة كافة النشاطات المتعلقة بالإشعاع المؤين ومن أهم أنواع التراخيص هي:-

١- الترخيص المؤسسي: ويضمن ترخيص الموقع ،المنشأة،و ترخيص المصدر المشع و مزاولة التعامل مع المصادر الإشعاعية مثل الاستيراد والتصدير والنقل.

٢ - ترخيص الاشخاص: يجب على العاملين في المجال الطبي ،الصناعي ،البحثي للتعامل مع المواد المشعة الحصول على ترخيص العمل مع المواد المشعة ويتضمن ضابط الوقاية الاشعاعية والفنين المنعاملين مع الاشعاع والمصورين الشعاعين.

ج- الإعفاء (الاستثناء):

يمنح الاعفاء من متطلبات الممارسة الإشعاعية (الترخيص،التسجيل،التفتيش والمراقبة) بعض الممارسات لاستخدام المصادر المشعة ذات النشاط الإشعاعي الواطئ والتي لا تكون لها مخاطر أشعاعيه كبيرة يمكن إعفائها من متطلبات معايير الممارسة ومن أهم متطلبات الإعفاء:

١- المخاطر الإشعاعية الناتجة عن المصدر المعفى يمكن إهمالها لأنها قليلة جدا.

٢- مجموع التأثيرات الإشعاعية الناتجة عن المصدر المعفى لا تجعل السلطات الرقابية قلقة من هذه التأثيرات.

٣- المصدر المستثنى يكون امن.

٤- الجرعة المكافئة التي يتعرض لها الجمهور من المجموعة الحرجة من المصدر المعفى اقل من ١٠ µSv \ سنة أو اقل للممارسة للممارسة الواحدة ،شريطة ان لايتعدى ذلك عن ١٠٠ µSv\ سنة لمجموعة الممارسات المعفاة إلا اذا قررت السلطة الرقابية غير ذلك .

٥- مكافئ الجرعة المستودعة الكلية (collective effective dose committed) خلال سنة واحدة لا تكون اكبر من ١ فرد – سيفرت . وان لا تتجاوز أقصى طاقة للإشعاع 5 kV ويجوز للسلطة الرقابية منح إعفاء مشروط.

٦ – المواد المشعة طبيعيا بدون تنشيطها وتركيزها ،

٧ – المواد المشعة الصلبة المستخدمة في المختبرات التي يقل نشاطها الاشعاعي النوعي عن ١٠٠ Bq\gm

٨ – المنتجات الاستهلاكية التي يستخدمها الافراد (لاتاكل ولا تشرب) والتي تحتوي على مواد مشعة والتي يقل نشاطها الاشعاعي النوعي عن ١٠٠ Bq\gm

ويوضح المخطط (٩ – ٤) أسلوب حالات الإعفاء .

د- رفع الرقابة (Clearance):-

المصادر المشعة في الممارسات المخولة قد لا تطبق عليها معايير الممارسة الإشعاعية نهائيا بما في ذلك نظام الإبلاغ والتسجيل والترخيص والتي يقل نشاطها الإشعاعي عن مستويات الإعفاء الإرشادية التي تحددا السلطة الرقابية.

٩ - ٣ المراقبة الإشعاعية:

احد العناصر الرئيسية لبرنامج الوقاية من الإشعاع هو المراقبة الاشعاعية والتي تشمل قياس الجرعات الشخصية للعاملين باستخدام احد مقاييس التعرض الشخصي (الفلم باج ،مقياس الوميض الحراري (TLD الوضحات ---الخ. والموضحة في شكل (٩ –٥).

١ – الفلم باج :

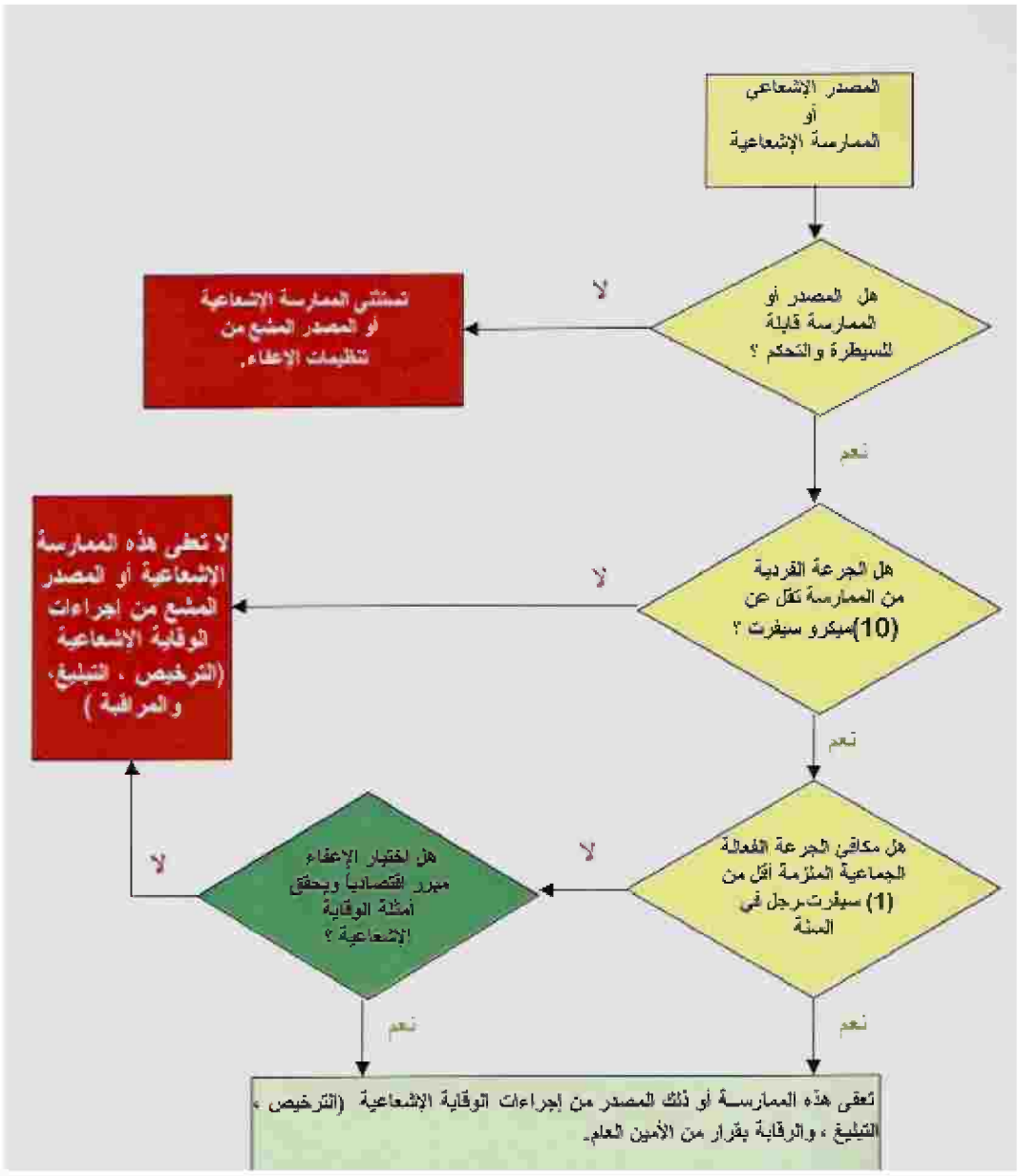
يستخدم في هذا النوع من مقاييس الجرع الشخصية نوع من افلام التصوير والتي تقوم بقياس الطاقة المتراكمة خلال فترة التعرض . تستخدم هذه الأفلام لقياس جرع جسيمات بيتا ،اشعة جاما

،والنيوترونات.وتمتاز هذه المقاييس بأنها رخيصة الثمن وسجل دائمي للجرع،ومساوئها عدم الدقة وتأثرها بالعوامل المحيطة مثل الرطوبة الحرارة والضوء.

٢- مقياس جرع القلم الجيبي.

مقياس جرع بشكل قلم يشحن في البداية من جهاز خارجي لجعل المؤشر يقف على تدريج الصفر. يقوم الجهاز بقياس الجرعة المتراكمة ويمكن معرفتها من خلال النظـــر مـــن العدســـة الشـــيئية للجهاز.والمؤشر يوضح معدل الجرعة مقاسه بالملي راداساعة هذه الاجهزة تتغير قراءتها وتسجل قراءات خاطئة عند تحريكها بشدة .

٩ – ٤ مخطط حالات الإعفاء



٣ –المقياس الوميضي الحراري (TLD):

تستخدم اقراص من فلوريد الليثيوم المشوبة ببعض الشوائب ،تحتوي الشوائب على مراكز بشكل مصائد (traps) في حزمة الطاقة المحظورة (forbidden energy gap). عند تعرض المقياس للإشعاع تنتقل الالكترونات من حزمة التكافؤ لتستقر داخل المصائد. وعند قراءة المقياس في قارئ الجهاز تسلط علية الحرارة فتتحرر الالكترونات من المصائد وعند عودتها الى حالة الاستقرار تبعث ضوء كميتة تتناسب مع الجرعة الممتصة .توجد اشكال عديدة من هذه المقاييس منها الاقراص ،قضبان ،سوار وخاتم.

٤ – المقاييس المحفزة بالضوء (Optical Stimulated Light)

اساس عمل هذه المقاييس مشابه لأقراص الوميض الحراري حيث تستخدم اقراص من اوكسيد الالمنيوم المشوبة. ونتيجة لسقوط الاشعاع على هذه الاقراص ترتفع الالكترونات الى مراكز المصائد والتي تعود الى الاستقرار بعد تعريضها الى اشعة الليزر.

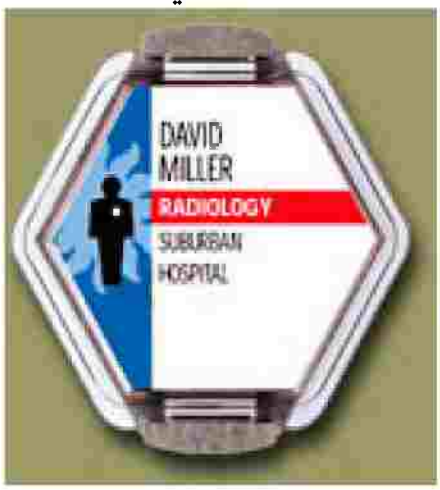
٥ – مقاييس التعرض الالكتروني

جهاز يحتوي على دوائر الكترونية تستمد طاقتها من بطاريات صغيرة .تستخدم لقياس الجرعة المتراكمة تحوي على منظومة تحذير صوتية تعمل عندما تتجاوز جرعة محددة مسبقا. تستخدم هذه المقاييس في التطبيقات الطبية والصناعية .

تتضمن المراقبة الإشعاعية كذلك المسح الاشعاعي لاماكن العمل ورسم الخارطة الاشعاعية بشكل مستمر، وجمع النتائج وتقيمها ومقارنتها بالقراءات السابقة مع حدود الجرع . يقوم المرخص بوضع برنامج لرصد اماكن العمل بحيث يحقق درجة ملائمة وكافية من الوقاية والأمان للعاملين والجمهور والبيئة. وان يحتفظ بسجلات تعرض العاملين التي تتضمن الجرعات والتعرض والكميات التي تدخل الجسم . عند انتقال العامل الى منشاة اخرى يجب علية نقل سجلات الجرع الخاصة بة الى المنشاة الجديدة . ويجب ان يتمكن العاملين من الاطلاع على سجلات الجرع الخاصة بهم ، تحفظ هذه السجلات لفترة لأتقل عن ثلاثون عاما بعد انقضاء العمل الذي ينطوي على تعرض مهني . ويجب الالتزام الدقيق بالمعايير وتطبيق المتطلبات الفنية اللازمة لأمن وسلامة المصدر المشع وتطبيق البرنامج المناسب لمعالجة النفايات والتخلص منها.

وتجنب إخطار التلوث الناتجة عن استخدام المصادر والمواد المشعة في الصناعة والالتزام ببرنامج فعال للوقاية الإشعاعية يجعل التطبيقات الصناعية للمصادر والمواد المشعة لاتودي الى أخطار إشعاعية جدية ومحسوسة على الناس والبيئة . ولكي تتحقق وقاية الناس تم وضع المعايير واشتقاق الحدود

شكل (٩ - ٥) مقاييس التعرض الشخصي.



المقياس ألوميضي الحراري (TLD)

المقاييس ا لمحفزة بالضوء

مقاييس التعرض الالكتروني

مقياس جرع القلم الجيبي

المناسبة لتعرض الجمهور بحيث تغطى مراقبة جرعات الجمهور من المصادر المستهلكة والنفايات المشعة ، نقل المواد المشعة، الحوادث والاستخدام الاعتيادي.

٩ – ٤ - التدريب

رفع كفاءة الأداء لدى جميع العالمين من خلال تدريب الأفراد المعنيين تدريبا يتناسب مع طبيعة العمل ومع حجم المخاطر التي قد يتعرضون لها أو التي تهدد عموم الناس والبيئة. يشمل برنامج التدريب كافة مجالات الوقاية من الإشعاع، و من الضروري أن يتضمن التدريب النواحي النظرية والعملية بحيث تشمل المواضيع الأساسية للوقاية الإشعاعية مع المتابعة المستمرة من اجل تحديث وتنشيط التدريب خلال فترات زمنية متقاربة و اختيار الأفراد اللائقين للعمل الإشعاعي وتدريبهم تدريبا مناسبا.من اجل التحقق من نجاح العملية التدريبية لابد من إجراء الاختيار المناسب للأفراد من حيث المستوى التعليمي والثقافي وتقيم التدريب .

بالإضافة إلى العملية التدريبية يجب تخصيص الموارد المالية والبشرية الكافية لتوفير جميع أجهزة ومعدات الوقاية الإشعاعية التي تشمل معدات الوقاية، أجهزة المسح إلا شعاعي المحمولة والثابتة – ------الخ، ورفد المؤسسة بالخبرات المختصة . ضمان تزويد العاملين بمعدات وقائية شخصية مناسبة كافية عند ممارسة العمل الإشعاعي والتقليل إلى الحد الأدنى في الاعتماد على معدات الوقاية الإشعاعية أثناء عملية التشغيل العادية وذلك بتوفير الضوابط الجيدة لتصميم ظروف عمل ملائمة.من الضروري ان يقوم المرخص بإتباع معايير اختيار مناسبة للأفراد للتأكد من تلبية متطلبات اللياقة الطبية (العضوية والنفسية) ليكونوا مؤهلين للتعامل مع المصادر والمواد المشعة. لذلك على المرخص ان يؤسس برنامجا للمراقبة الصحية للعاملين يقوم على المبادئ العامة للصحة المهنية وتقويم مقدرة العاملين الصحية للمهام التي يقومون بها عند التعيين او أثناء الخدمة بشكل دوري وعندما تكون قراءة أجهزة التعرض الشخصي عالية نسبيا يمكن التأكد من ذلك بقياس النقص في عدد كريات الدم ثم قياس الشذوذ الكروموسومي ان وجد.

في المنشأة الكبيرة يتم تحديد واضح للمهام والواجبات والمسؤوليات وإسناد مسؤولية الوقاية إلى كيان إداري مؤهل ومدرب .

اما في المنشاة الصناعية الصغيرة وعندما يكون التعامل مع مصادر صغيرة اونشاطها الإشعاعي واطئ فان حجم الأخطار المتوقعة يكون محدود للغاية لذلك لايوجد مبرر لتبني ثقل تنظيمي كبير زائدا عن الحد اللازم.

٩ -٥ التخطيط والاستجابة للطوارئ الاشعاعية

يفترض ان تكون الدولة قد قررت مسبقا توزيع المسؤوليات لإدارة التدخل في حالات التعرض الطارئ بين السلطة الرقابية وفرق التدخل الوطنية والمحلية والمسجلين والمرخصين.

يجب على المرخص وضع خطة خاصة بالطوارئ للموقع ويتحمل المرخص له المسؤولية عن تطبيق الخطة داخل الموقع وخارج الموقع ،اما خطة الطوارئ خارج المنطقة فمن واجبات السلطات الوطنية للبلد. يتضمن التخطيط للطوارئ الإشعاعية والاستعداد لمواجهتها النقاط التالية :

ا – إعداد الخطة والموافقة عليها بالنسبة لأي مصدر أو ممارسة قد تحتاج الى تدخل طارئ والمراجعة الدورية لها .

ب – التدريب على الخطة وتهيئة فرق الطوارئ للتأكد من مدى فعالية التدريب ، درجة اسهام منتسبي المنشأة في نجاح الخطة ، وأسلوب تعليمات التبليغ ومدى نجاح وسائل الاتصال بين فرق الطوارئ المشتركة في الممارسة.

ت – عند التدخل في الحالة الطارئة تبذل كل الجهود الممكنة لكي تكون جرع العاملين اقل من ضعف اقصى حد للجرعة في سنة واحدة باستثناء الاجراءات المتخذة لإنقاذ الحياة حيث تبذل كل الجهود الممكنة لكي تكون الجرعة اقل من ١٠اضعاف اقصى حد للجرعة في سنة واحدة تجنبا الفوائد المتحققة اكبر من الخطر التي يتعرض لها العامل .ويعتبر العاملون الذين يقومون باجراءت قد تتجاوز فيها الجرعة المستلمة حدود الجرعة السنوية بمثابة متطوعين على ان تتم توعيتهم مسبقا بالمخاطر المتوقعة نتيجة للتدخل.

ث – تتخذ كافة الخطوات العملية لتنفيذ الوقاية الملائمة اثناء التدخل الطارئ ولتقويم وتسجيل الجرعات التي تلقاها العاملون وبعد انتهاء الطارئ يتم إبلاغ المشاركين بالجرعة الشخصية له.

ح – تسمية شخص معين يقوم بالاتصال بالإعلام المرئي والمكتوب وان تقدم معلومات مسبقة لإفراد الجمهور الذين يحتمل إن يتعرضوا لجرع نتيجة للحادث .ووضع معايير خاصة لإنهاء الحالة الطارئة

ج – تقويم الحادث .من الجدير بالذكر انه لا يمكن وضع سيناريو محدد لوصف حادث معين ، فقد يختلف تتابع الأحداث وبالتالي تختلف عواقبها ، إلا ان المقصود بتخطيط الطوارئ والاستعداد لمواجهتها هو وضع الخطط للحوادث الأكثر احتمالا ووضع السيناريوهات والعواقب التي يحتمل تطورها أكثر من غيرها، وبعد وضع هذه السيناريوهات يجب التدرب عمليا على أسلوب مواجهتها و إعادة التدريب بصفة دورية بحيث يتناسب معدل تكراره مع حجم المخاطر المتضمنة

يقوم المسجلون والمرخص لهم بمسؤولية وضع برنامج توكيد الجودة تتناسب طبيعته ومداه مع مقدار واحتمال الحوادث الناتجة عن المصادر التي تحت مسؤوليتهم. يجب ان تتوفر المعايير التالية في تطبيق برنامج ضمان الجودة:

ا – إجراءات مخططة ومنهجية لأجل الثقة الكافية بالمتطلبات المحددة للتصميم والتشغيل فيما يتعلق بالوقاية والأمان.

ب –دراسة المهام وتطوير الأساليب من خلال ضمان كاف بتدريب جميع العاملين وتأهيلهم بالدرجة الكافية لتطبيق برنامج الحماية والأمان .

ت – توفير كافة المتطلبات المتعلقة بالوقاية والأمان، وطرق التصنيع، والتفتيش، واختبار إجراءات التشغيل، وتوفير آليات وإجراءات توكيد الجودة الخاصة بمراجعة وتقويم فعاليات نظم الوقاية والأمان.

ث – يتوقف نجاح أي برنامج للوقاية من الإشعاع على دقة القياسات والبيانات ، لذلك يجب وضع برنامج متكامل للتحقق من صحة القياسات الإشعاعية ومن توكيد جودتها ، ويجب على المنشآت التي تستخدم مصادر كبيرة للإشعاع أو إعداد كبيرة من المصادر الاشعاعية الصغيرة ان توفر الخدمات اللازمة للمعايرة في مختبرات التعيير الثانوي (SSDL) الوطنية او الاستعانة بأحد المراكز الوطنية للمعايرة في دول اخرى تعتمدها السلطة الرقابية الوطنية.

٩ – ٦ المعايير الهندسية :

يجب ان يتم اختيار اماكن المصادر المشعة ،تصميمها ،تجميعها ،تشغيلها صيانتها وقف تشغيلها نهائيا وفقا لمعايير هندسية سليمة تتوافر فيها المواصفات التالية حسب الاقتضاء :

١– تراعي التعليمات الهندسية والتقنية والمعايير وغيرها من الوثائق على النحو الملائم وان يتم دعمها بأنظمة ادارية وتنظيمية موثقة تضمن تنفيذ متطلبات الوقاية والامان طيلة عمر المصدر.

٢– تشتمل على هوامش امان كافية عند تصميم وتركيب المصادر والممارسات التي تدخل فيها على النحو الذي يضمن تحقيق اداء موثوق اثناء الظروف العادية للتشغيل مع مراعاة الجودة والقابلية للتفتيش والتأكيد على الحيلولة دون وقوع حوادث ، والتخفيف من عواقبها والحد من أي تعرض اشعاعي في المستقبل .

٣ – العوامل التي قد تؤثر على التعرض الإشعاعي المهني وللجمهور الناتج عن المصدر بما في ذلك التهوية والتدريع والبعد عن المناطق المأهولة.

٤ – عند اختيار موقع لمصادر مشعة يمكن ان تنبعث منها كميات كبيرة من المواد المشعة يجب الأخذ بنظر الاعتبار العوامل التي تؤثر على الامان الإشعاعي للمصدر وتنفيذ خطط الطوارئ.

٥ – تراعي التطورات العلمية والتقنية والنتائج التي تسفر عنها البحوث ذات الصلة في مجال الوقاية والأمان اضافة الى الدروس المستنبطة.

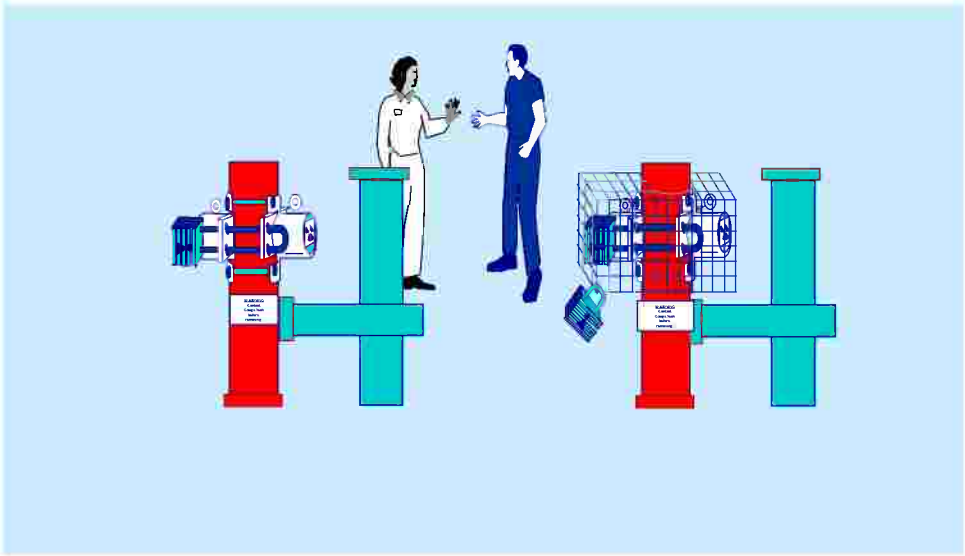
٩ – ٧ الوقاية من الإشعاع في التطبيقات الصناعية

معظم مصادر الإشعاع المستخدمة في المقاييس النووية تكون مغلقة وهي ذات شكل خاص ، وخصوصا الباعثة لاشعة جاما ، عادة يوضع المصدر المشع داخل حاوية مدرعة من الرصاص او الفولاذ مصممة لتحديد الأشعة الأولية وتوجيهها إلى المادة باتجاه موقع الكاشف من خلال فتحة مزودة بمغلاق .من اهم اجراءات الوقاية الاشعاعية:

١ – الدرع الواقي حول المقاييس النووية يجب ان يقلل معدل الجرعة على سطح الحاوية إلى اقل من 7.5 µSv\h . وفي بعض الحالات تكون الجرعة على سطح الحاوية اكبر من 7.5 µSv\h بسبب أمور تتعلق بالتصميم الهندسي اوان النشاط الاشعاعي كبير، وفي هذة الحالة و لغرض حماية العاملين من الاشعاع يوضع سياج ميكانيكي أو حاجز يمنع الاقتراب من الحاوية الشكل (٩ – ٦) لغرض تقليل الجرعة.

٢ – تزويد الحاوية بمغلاق بحيط بالمصدر المشع بشكل كامل أثناء عدم الاستخدام ، تبين انه من غير الممكن دائما وضع الترتيبات من اجل إغلاق المغلاق آليا عند عدم جود مادة أمام المقياس ، لذا يجب تأمين مؤشر واضح والمحافظة عليه ليبين فيما إذا كانت آلية المغلاق مفتوحة أو مغلقة.

شكل (٩ - ٦) إحاطة المصدر المشع بسياج من الحديد لمنع الاقتراب من الحاوية



٣ – تكتب معلومات تفصيلية عن المصدر المشع، تتضمن اسم النظير ، ونشاطه الاشعاعي ، تاريخ التصنيع، ورقمه التسلسلي . على لوحة موضوعة على حاوية المصدر.

٤ –في حالة مقاييس ارتداد الاشعة عن المادة خصوصا للمقاييس التي تحتوى على باعث جسيمات بيتا، او الاشعة النافذة فيجب العمل على منع الاشعاع من الحزمة الأولية من الوصول إلى العاملين وتعريضهم الى معدلات جرعات عالية جدا والتي تكون عادة بالقرب من السطح الخارجي

للمقياس.و يمكن الوصول الى ذلك بواسطة ترتيب مناسب للمادة المقاسة يؤمن تدريعا كافيا من الضروري وجود مناطق معزولة يمنع الدخول إليها عند استخدام مقاييس النفوذية او التشتت المنعكس يمنع الاقتراب من تلك المناطق ومن الحزمة الأولية وذلك بوضع صفائح متباعدة بشكل محدود ومتوازية ، تدعى صفائح التوجيه التي من خلالها يجب ان تمر المادة الخاضعة للقياس.

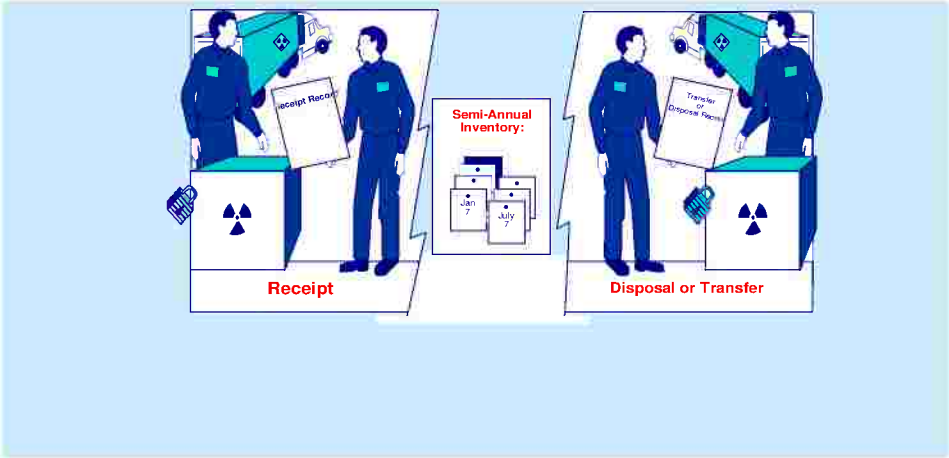
٥ – ربط الدرع الواقي مع مغلاق المقياس إذا كان ذلك ممكن عمليا ، هذا يعني ان الدرع متصل ميكانيكيا أو كهربائيا مع المغلاق وبالتالي آلية المغلاق تغلق آليا عند نزع وترتيب آلية المغلاق بحيث تغلق عند عدم وجود مادة. ويمكن زيادة امان المصدر والتقليل من معدلات الجرع وذلك بوضع حاجز أو مانع فيزيائي لمنع أي شيء آخر من الدخول إلى المنطقة سوى المادة الخاضعة للفحص .

٦ – يجب ان تكون إمكانية الوصول إلى الحزمة الأولية للمقياس النووية المركب على خزان كبير متعذرة إلا عند اتخاذ الإجراءات لتحريك أو إزالة المقياس من مكانها و فتح الإناء من اجل الدخول ، وان يتم التأكد قبل ذلك من ان آلية المغلاق للمقياس في وضيعة الإغلاق .

يجب تثبيت حاجز لتوهين حزمة الأشعة بعد عبورها الكاشف ولزيادة امن المصدر والتأكد من إغلاق المصدر، الدرع. وقد لايمكن نجاح هذه الطريقة دائما ومن غير الممكن تركيب آلية مغلاق متشابكة في حاوية منبع لمقياس محمول ، مما يتطلب اخذ حيطة زائدة للتأكد من عدم توجيه الحزمة المفيدة باتجاه المشغل ، عند فتح آلية المغلاق فإن معدل الجرعة حول الجهاز يصل إلى حد يتطلب تحديد منطقة مراقبة ، والتي تحدد بحواجز وإشارات مناسبة أو وسائل أخرى.

تنقل المقاييس المحمولة وفق أنظمة النقل ، فعندما لا يفي غلاف المقياس بتلك المتطلبات ، يجب وضع المقاييس في حاوية مناسبة تتوافق مع أنظمة النقل الشكل (٩ – ٧) غالبا ما تفي بالغرض الحاويات من النوع **A** لنقل المقاييس التي تحتوى على مواد ذات نشاط إشعاعي منخفض نسبيا ، ويتطلب استخدام الحاوية من النوع **B** في حالة زيادة النشاط الإشعاعي عن الحدود الموضوعة من قبل الوكالة الدولية للطاقة في قواعد النقل الآمن للمواد المشعة .

شكل (٩ -٧) نقل المصادر المغلقة للمقاييس النووية



تتطلب بعض المقاييس تبديل المصادر دوريا مثل مقاييس الاشعة المرتدة ولأجل ذلك تستخدم أدوات تعامل خاصة وطويلة الشكل (٩ – ٨) يتراوح طولها بين (١٠سم) وأكثر من (١م) ، يعتمد ذلك على طبيعة المنابع المشعة المستخدمة وتكرار العمل ، يجب ان يكون المشغل مستعد لاستكمال مقياس معدل جرعة مناسب لمراقبة إجراءات التعامل مع المنبع .

صيانة المقاييس :

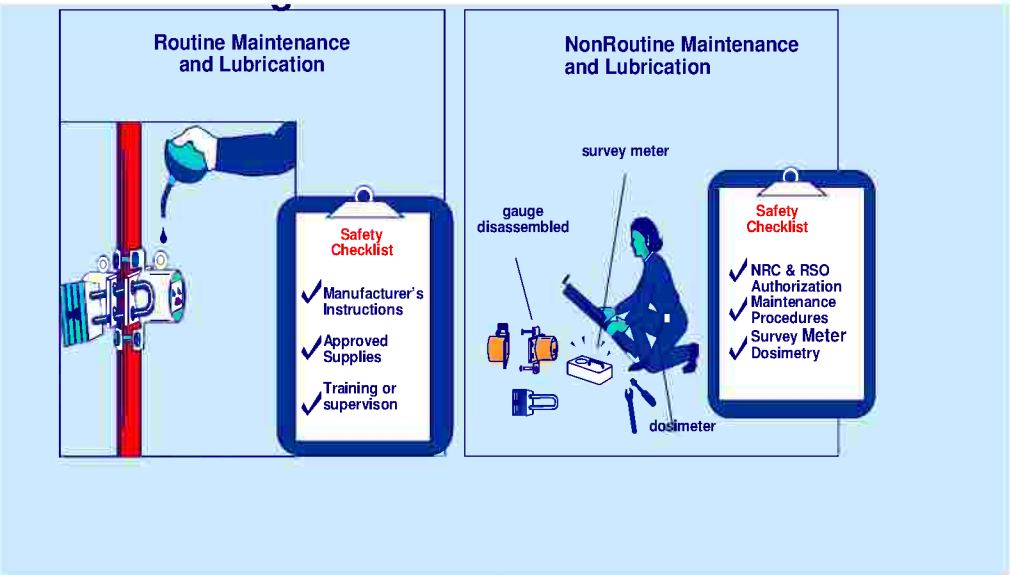
تستخدم المقاييس النووية الثابتة والمتنقلة في ظروف جوية مختلفة. وغالبا ما تتعرض المقاييس النووية في المنشآت الصناعية او في ميادين اخرى الى عوامل جوية قاسية كالرطوبة والرمال والتآكل وظروف أخرى. هذة العوامل يمكن ان تسبب تلف واضح على لوحة إشارات الحاوية وحتى على آلية المغلاق ، لذلك تعتبر أعمال الصيانة اليومية مثل التنضيف اليومي والصيانة الروتينية للتاكد من اغلاق المغلاق.

شكل (٩ - ٨) معدات للتعامل مع المصادر عن بعد

وكذلك أعمال الصيانة الدورية مثل اختبارات التسرب الشكل (٩ – ٩) والتزييت للقطع المتحركة ذات أهمية عملية . حاوية المصدر المشع مصنعة بشكل جيد لمقاومة جميع الظروف البيئية وتبقى محافظة على سلامتها من التآكل أو الأضرار الفيزيائية.ولكن الحاوية تحتاج إلى المراقبة والصيانة في الظروف الصناعية التي قد تؤدي إلى تآكل الحاوية في المحيط المالح أو في أجواء الزوابع الرملية. تبقى المقاييس النووية فترة طويلة في مواقعها فيجب مراقبة الحاوية والمصدر الذي بداخلها. وتزيت المغلاق وإزالة التأكسد في حالة حصوله وان تكون جميع المعلومات على الحاوية أو الكاشف واضحة ويعاد تجديدها بين فترة وأخرى .

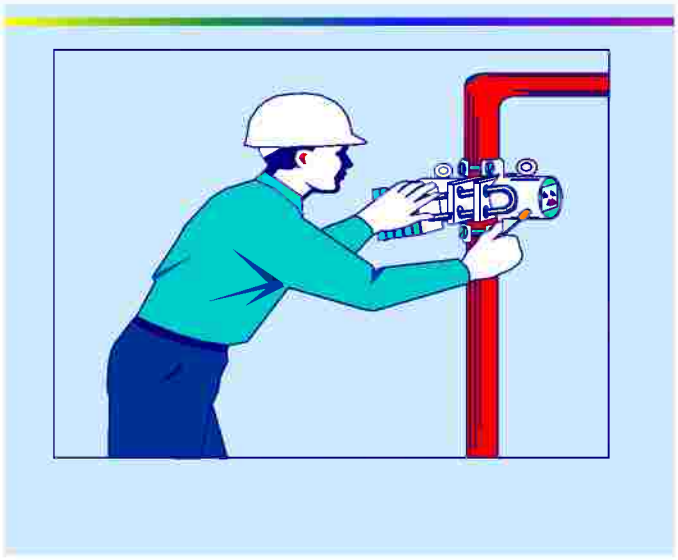
وللتأكد من سلامة حاوية المصدر المشع يجب اخذ قياسات إشعاعية بشكل منتظم للتأكد من عدم التسرب الإشعاعي من خلال الأجهزة المحمولة أو من خلال المسحات(Smear tests).يجري المسح باستخدام قطعة من القماش الخاص المبلل ويتم المسح قرب موقع المصدر المشع وتمسك القطعة بواسطة ماسك.

شكل (٩ -٩) أعمال الصيانة الدورية للمقاييس النووية



من المتوقع ان يكون المصدر المشع ذو نوعية جيدة ويمكن ان يعمل لعدة سنوات ، ومع ذلك يجب القيام باختبارات التسرب في فترات زمنية محددة من قبل السلطة المختصة. أو كما هو موصى بها من قبل الشركة الصانعة أو بعد أي حادث قد يؤدي إلى تلف المصدر الشكل (٩ – ١٠).

الشكل (٩ - ١٠).قياس التسرب الإشعاعي المحتمل بأخذ المسحات



الطوارئ الاشعاعية للمقاييس النووية:

من المتطلبات الاساسية للوقاية من الاشعاع في المنشات التي تتعامل مع المقاييس النووية وضع خطة علمية وعملية للطوارئ قابلة للتطبيق بسرعة وكفاءة عالية للسيطرة على الحالة الطارئة تتضمن الخطة وضع السياقات التفصيلية لجميع الحوادث المتوقعة بدا بالتخطيط للسيطرة على الحادث ومواجهتة ومشاركة جميع الفرق من مؤسسات الدولة ذات العلاقة والتعامل مع مترتبات الحادث .وتحديد الاساليب عند التعامل مع المشكل المتعلقة المقاييس النووية والتي من اهمها:

١ – تمتاز مصانع النفط والغاز باحتوائها على مواد قابلة للاشتعال لذلك فأن احتمال اندلاع الحرائق يكون كبيرا في هذه المصانع لذلك يجب اخذ الاحتياطات غير الإشعاعية لتقليل هذه الحوادث، وان تتضمن خطة الطوارئ لهذه المنشات ووجود أفراد مدربين جيدا للتعامل مع المصادر المشعة في حالة الحرائق المصحوبة بالإشعاع ومن المهم جدا بان الأجهزة ومصادر الإشعاع تكون مأمونة من الأضرار أو الفقدان في حالة الحرائق أو الحوادث الطبيعية.

٢ – سرقة او فقدان المصدر المشع او الجهاز باجمعة.

٣ – تلف حاوية المصدر نتيجة لعدة عوامل منهاالتاكل ،الانفجار.الحريق.وقد ينتج عن ذلك تسب اشعاعي وتولد جرع اشعاعية عالية حتى في حالة غلق المغلاق.

٤ – حدوث حادث اثناء نقل المقاييس النووية ينتج عنة تسرب اشعاعي.

إن الإدارة المناسبة إلى المصادر المستهلكة أو غير المستخدمة من قبل المالك مهمة جدا لان مثل هذه المصادر تحتوي على كمية من الإشعاع والتي تؤثر بمخاطر كبيرة على البيئة والإنسان .وإضافة لما سبق فإن سياقات التعامل مع المواد المشعة يجب أن تكون مكتوبة وتراجع بشكل دائم ومستمر من قبل السلطات المخولة. لا تتطلب مثل هذه الأعمال إزالة المصدر ويجب استخدام جهاز قياس معدل الجرعة للتأكد من ان آلية المغلاق في وضعية الإغلاق قبل القيام بتلك الأعمال .

٥ – تحديد الأعطال الحاصلة في المقياس النووي والاستعداد للتعامل معها أمرا ممكنا ، سوف يشير التعريف الشامل للجهاز واستخدامه إلى الحالات الشاذة التي قد تحدث ، والتي تحتاج إلى وضع خطط طوارئ يمكن تنفيذها بسرعة وفعالية لاستعادة السيطرة في حال ظهور عطل ما .

٦ – التحقيق في أي حادث ينتج عنه تعرض اشعاعي داخلي أو خارجي لشخص ما وقياس تلك الجرعة، من المهم تحديد فيما إذا كانت الجرعة المسجلة أو المشتبه بها قد تم تلقيها ، وأي جزء من الجسم قد تلقى جرعة عالية جدا ، والتي قد ينتج عنها ضرر نسيجي موضعي .

تخزين وتسجيل المقاييس :

يجب تخصيص مخزن خاص لتخزين المقاييس النووية المرتقب تركيبها أو المقاييس المحمولة أو القابلة للتبديل أو النقل حيث يمكن حفظ مصادرها طالما هي غير مستخدمة ، يجب ان لا يحتوي هذا

المستودع على مواد خطرة مثل غازات مضغوطة أو مواد كيمائية ، وان يكون جافا ولا يسمح لغير المرخصين بالبقاء أو التعامل معها لفترة طويلة أكثر مما ينبغي. يجب وضع إشارات تحذير واضحة. وبشكل عام ولغرض وقاية العاملين من الإشعاع يجب ان يكون معدل الجرعة خارج حاوية المصدر اقل من 7.5 µ Sv/h والأفضل ان تكون اقل من 2.5 u Sv/h ،التأكد من ان المخزن محكم الإقفال لمنع دخول أي شخص غير مؤهل إلى مناطق ذات معدل جرعة عالي ، والعبث بالمقياس ، ويجب حفظ مفتاح المخزن في مكان آمن .

وحفظ سجل يبين فيه مكان كل مصدر في جميع الأوقات ،يمكن القيام بكشف أسبوعي على المقاييس المحمولة والمصادر للتأكد من أنها مخزنة بشكل آمن وبالنسبة للمقاييس المركبة فالكشف عنها اقل تكرارا ، ربما يكون كل ستة اشهر .

وقاية العاملين :

من غير المتوقع تعرض العاملين في مناطق تركيب المقاييس إلى جرعات إشعاع عالية ، ولكن يمكن ان تؤدي عمليات تبديل المصدراو الحوادث إلى تعرض الفني إلى جرعة تراكمية خلال فترة قصيرة.ومن اهم العوامل التي تسهم في وقاية العاملين

١ – المحافظة على جرع التعرض الى أقل ما يمكن أثناء عملية التبديل و ذلك باستخدام أدوات التعامل عن بعد.

٢ – توفير التسهيلات والمعدات والخدمات الكافية لغرض وقاية العاملين مع إعطاء الأولوية للتدابير التقنية والتصميمية لمراقبة التعرض المهني.

٣ – التدريب على الإجراءات الفعالة مما يؤدي إلى المحافظة على زمن التعريض اقل ما يمكن.

٤ – يجب ان يستخدم ضابط الوقاية الاشعاعية او العاملين في منطقة المراقبة بشكل دائمي أو متقطع ويحتمل تعرضهم مهنيا أجهزة التعرض الشخصي كلما كان ذلك مناسبا وعمليا.

٥ – من الضروري قياس جرعات الأيدي للتأكد من عدم تعرضها لجرعة تراكمية عند التعامل مع مصادر باعثة لجسيمات بيتا اومصادر يمكن ان تسبب التلوث الإشعاعي.

٩ – ٨ الحوادث الإشعاعية للمقاييس النووية.

يوضح المخطط شكل (٩ – ١١)الأسباب التي تؤدي إلى حوادث المقاييس النووية وهي:

ا- عدم سيطرة الجهة الرقابية:

إن عدم قدرة سيطرة الجهات الرقابية على مالكي المصادر المشعة له دور كبير في حصول الحوادث.او انة لاتوجد سياقات عملية للحصول على الإجازة أوانها غير فعالة وكذلك فأن فعاليات التفتيش أو متابعته تكون غير فعالة أو غير مجدية.

ب-نقص التدريب:

جهل العاملين باساسيات الاشعاع والوقاية سبب اساسي في الحوادث الاشعاعية. كذلك ضعف أو عدم وجود التدريب يؤدي الى إن العاملين والمسؤولين عن المصادر غير مؤهلين للعمل على سلامة وأمان المصادر المشعة. عدم معرفة العاملين ومهندسي الصيانة بوجود مصادر مشعة في مواقـــع العمل وليس لهم معرفة بسياقات الطوارئ حول المصادر الإشعاعية يؤدي الى حوادث خطيرة.

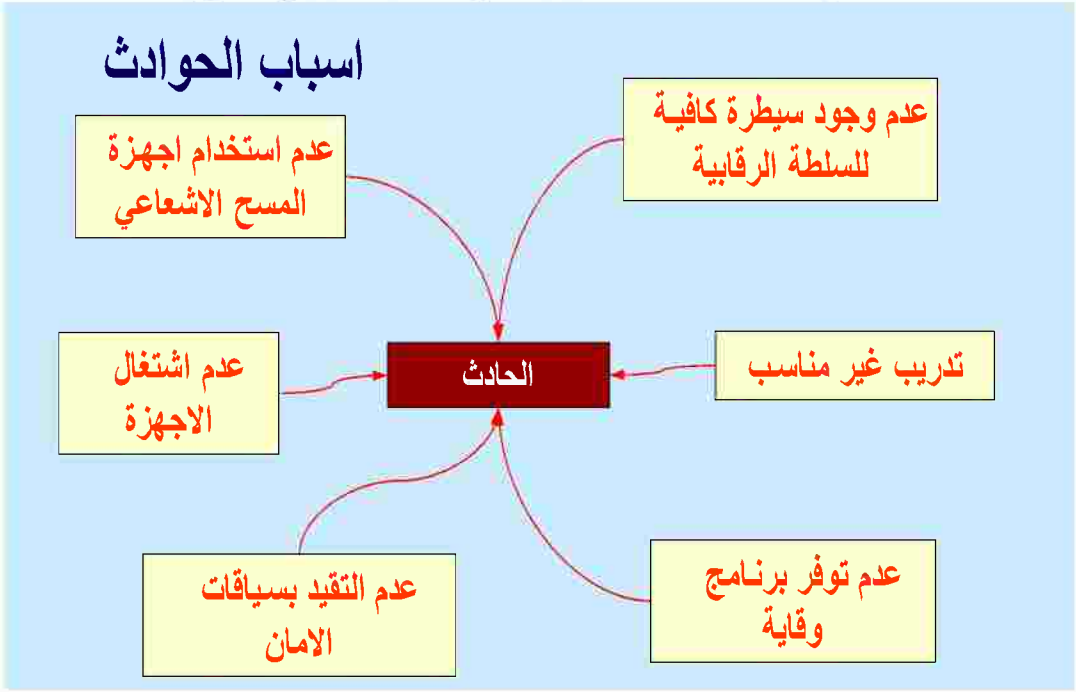
ج- عدم وجود برنامج وقاية:

عدم وجود برنامج واضح المعالم للوقاية من الإشعاع للمصادر في تلك المنشأة وعدم وجود ضباط وقاية من الإشعاع للسيطرة على انتشار الإشعاع ومنع التلوث الإشعاعي وعدم وجود برنامج تدريب واضح في مواضيع الوقاية من الإشعاع احد الاسباب الجدية في حصول حوادث المقاييس النووية.

د- عطب الأجهزة:

الصيانة الدورية للمقاييس النووية حسب توصيات الشركة المصنعة او تنصيب هذه الأجهزة واختيارها والاعتماد عليها غير خاضع للمعايير الدولية يؤدي الى حصول الحادث النووي.

شكل (٩ – ١١) مخطط أسباب الحوادث في المقاييس النووية



هـ- استخدام أجهزة المسح الإشعاعي:-

يعود هذا السبب إلى عدم استخدام أجهزة المسح الإشعاعي المناسبة والمعيرة التي يعتمد عليها في القياس بشكل دقيق وعدم وجود المؤهلين لاستخدام وقراءة هذه الأجهزة بشكل صحيح،أو إن مستخدم الإشعاع يكون في عجلة من أمره للقياس يكون سببا رئيسيا لعدم معرفة التسرب للاشعاعي وبالتالي حصول حوادث المقاييس النووية.

من أهم بعض الحوادث الإشعاعية الموثقة.

١- جهاز محمول لقياس الرطوبة/الكثافة يحتوي مصدر من ^{137}Cs ومصدر نيتروني(Am- Be) نشاطهما الإشعاعي 370 MBq و 1.85 GBq على التوالي.ونتيجة لخطا مستخدم الجهاز وذلك بترك الجهاز في موقع العمل بعد نهاية القياس. وبعد فترة قصيرة مرت علية شاحنة ثقيلة أدت إلى تلف الدرع الواقي وتسرب الاشعاع. الدرس المستنبط من هذه الحادثة هو أن يكون مستخدم الجهاز مسؤولا عن سلامة الجهاز وان يراقب وضع الجهاز حتى نهاية القياس.

شكل (٩ - ١٢)

شكل (٩ - ١٢) مرور شاحنة على مقياس نووي

٢- حادثة فقدان مقياس نووي لقياس الكثافة يحتوي على مصدر ^{137}Cs نشاطه الإشعاعي 12GBq فقد تم رفع هذا الجهاز من موقعة أثناء صيانة المعمل ونقل إلى مكان أخر بدون علم ضابط الوقاية وبعد فترة نقل المصدر مع حديد السكراب والتي تم بيعها إلى دولة أخرى قامت بإذابة مادة السكراب

فتم ذوبان المصدر والذي لوث فرن الصهر وبقية الشحنة من الحديد وقد كلفت عملية إزالة التلوث من هذه الحادثة

أكثر من مليون دولار. تمت محاكمه الشخص المرخص وأخذ اكبر عقوبة ممكنة للإهمال.

٩ - ٩ الوقاية من الإشعاع سبر الآبار Well logging:

يقوم المرخص له بوضع إجراءات عمل ملبية لمتطلبات القواعد التنظيمية الموضوعة من قبل السلطة الرقابية ، تكون هذه الإجراءات ذات خصوصية وملائمة لتأمين الوقاية من مخاطر الأشعة الكامنة المرتبطة باستخدام المصادر المشعة المغلقة في أعمال سبر الآبار ، يجب ان تشمل الإجراءات كحد ادني توصيفا مفصلا للنقاط التالية :

١ – برنامج المسح الإشعاعي :

يجب ان يغطي هذه البرنامج الحالات التي يجب عندها إجراء المسح إلاشعاعي وتثبيت الفترات الزمنية لتواتر هذا المسح والطرائق المستخدمة لذلك والأجهزة المستخدمة حسب القواعد التنظيمية واللوائح الصادرة عن السلطات الرقابية بإجراء عمليات مسح إشعاعي من اجل تحديد المخاطر الإشعاعية المشعة لاستخدام المصادر المشعة.ومن اهم اغراض المسح الإشعاعي مابلي :

١ – تقييم المخاطر الإشعاعية الطارئة أثناء استخدام المواد المشعة أو حتى وجودها في مناطق تواجد الجمهور. يتضمن هذا التقييم ، عندما يكون ذلك ملائما المسح الاشعاعي للموقع الذي تستخدم فيه المواد المشعة وكذلك تركيز هذه المواد .

٢ – يتضمن برنامج المسح الإشعاعي تقييم النشاطات المرتبطة باستخدام المصادر المشعة المغلقة وقياس جرعات أشعة جاما والنيترونات خلال استخدام وتخزين هذه المصادر.

٣ – يساعد المسح اشعاعي تقييم ملائمة التدريع المستخدم ، ومعدلات التعرض خلال اختبارات التسرب إضافة إلى الحاجة إلى تزويد العاملين بوسائل قياس الجرعة أو إحداث تغيير وتطوير في إجراءات العمل المتبعة .

٤ – كما ان المسح الإشعاعي مهم من اجل التحقق من تهيئة المصادر للنقل ووضع الملصقات المناسبة وتأمين الحراسة وتحديد المنطقة الخاضعة للمراقبة ،ووضع حدود ساعات العمل إضافة إلى المساعدة في البحث عن المصادر المفقودة أو تلك التي تسقط في البئر.

٥ – يشمل المسح الإشعاعي عمليات الرصد الإشعاعي أثناء تنزيل المصادر في البئر لأخذ القياسات اللازمة .و التحري عن التلوث الذي يمكن ان يحصل في أثناء سحب أدوات السبر من فوهة البر.وبعد سحب المصادر من هذه الأدوات وإرجاعها إلى حاوياتها يمكن ان تستعمل أجهزة قياس الإشعاع من اجل المسح الإشعاعي لأدوات السبر (بعد سحب المصدر منها).

٦ – يتم الكشف عن التسرب الإشعاعي بواسطة جهاز كاشف المسحات الاشعاعي ذي الدقة العالية من أجل تقدير التلوث الكلي ،لغرض التعامل مع المصادر بشكل آمن إثناء الاستخدام او

النقل من مكان الى آخر. يمكن إجراء المسح الإشعاعي للكشف عن التسرب باستخدام كاشف ذي نافذة رقيقة سمكها اقل من (2 mg/cm2) يمسح سطح الحاوية او منطقة العمل بواسطة أغشية نسيجية ثم يقرب الكاشف إلى سطح عينة المسحة لغرض قياس التلوث الاشعاعي . يجب ان تخضع المصادر المشعة المغلقة المستخدمة في سبر الآبار اومصادر المعايرة إلى اختبارات التسرب والتلوث دوريا كل (٦) أشهر فإذا لم تجرى هذه الاختبارات بعد استلام المصدر ، يمنع استخدام هذه المصادر قبل إجراء هذه الاختبارات، يجب ان يكون مقدار التلوث غير الثابت لايتجاوز(١٨٥) بيكرل (٥ نانو كوري) بشرط ان تؤخذ مسحة الاختبار من سطح المصدر أو من السطوح الداخلية للحاوية المستخدمة لحفظ المصدر حيث ان احتمال تلوثها كبير .

٧ – يقوم الشخص أو الشركة التي تم ترخيصها وضع وتنفيذ برنامج تفتيش فني وصيانة سنوية او كل ستة أشهر لحوامل المصادر ومعدات التعامل مع أدوات السبر إضافة إلى إجراء فحص حاويات التخزين وحاويات النقل لضمان وجود الملصقات والحالة العامة لهذه المواد على ان تسجل الملاحظات والمشاهدات المتعلقة بالتفتيش الفني وأعمال الصيانة من اجل التفتيش الإشعاعي ، فإذا لوحظ وجود عيوب أوخلل في المواد المذكورة أعلاه والذي يمكن ان يؤدي إلى مخاطر إشعاعية عندئذ تسحب المواد إلى ورشة خاصة من اجل الصيانة والإصلاح المناسبة .

٨ – يوضع على كل من أداة السبر ومصادرها وحواملها إشارة الإشعاع بشكل واضح وثابت وكتابة تدل على التحذير من المواد المشعة ، إشارة التحذير من الإشعاع توضع على جميع المواد التي تخضع للتخزين والنقل .

لغرض تحديد الجرع الإشعاعية من المهم السيطرة على الدخول إلى تلك المناطق التي تكون فيها الجرع عالية ، لذلك فأن الوكالة الدولية للطاقة الذرية قسمت مناطق العمل إلى نوعين بناء على المخاطر الإشعاعية وهما منطقة السيطرة و منطقة المراقبة .

أ - منطقة السيطرة (Control Area):-

هي منطقة العمل التي تتطلب فيها اخذ إجراءات محددة للوقاية والأمان والسيطرة على التعرض الإشعاعي ومنع أو تحديد أي تعرض جدي. وتزود هذه المنطقة بعلامات تحذيرية من الإشعاع وان تكون لها حدود طبيعية يمكن السيطرة على مداخلها وقد تكون هذه الحدود بناء من الحجر أو الكونكريت أو تكون منطقة مؤقتة تحاط بحبال و علامات تحذيرية ويسيطر على مداخلها، ولا يسمح بالدخول إلى المنطقة إلا للمخول لهم. كما يجب إن توضع مقاييس لقياس الجرع في هذه المنطقة لغرض إعطاء المعلومات عن مستوى المخاطر الإشعاعية في تلك المنطقة ويكون العمل في هذه المنطقة خاضعا لقوانين محلية مكتوبة .

ب- منطقة المراقبة (Supervised Area):-

هي المنطقة التي لا يتطلب فيها اخذ إجراءات وقاية ولكن يجب مراقبة التعرض الإشعاعي فيها بشكل دوري للتأكد من أن الإشعاع اقل ما يمكن وضمن الخلفية الإشعاعية في تلك المنطقة ،وان يكون العمل فيها خاضع إلى التعليمات المكتوبة من قبل السلطات الرقابية ،كما إن على ضابط الوقاية مراقبة هذه المنطقة للتأكد من أن جميع الخطوات العملية مطبقة لتقليل التعرض إلى أدنى حد. على المرخص له وضع إجراءات من اجل حماية ومراقبة مداخل مناطق العمل بما يتلاءم والقواعد الناظمة للتعامل مع المواد المشعة . عندما تتجاوز الجرع الإشعاعية **20 uSv/h** يجب اعتماد مداخل محددة لمنطقة العمل على ان تخضع للمراقبة ويحظر على الأشخاص غير المخولين بالعمل الدخول إليها . يقوم المشرف على عمليات سبر الآبار أو الشخص المكلف بأعمال مسح مباشرة للعمل والوقوف على مقدار التعرض الإشعاعي بشكل مستمر عند مداخل مناطق العمل لمنع أي دخول غير ضروري أو غير مخول عمليا في أعمال سبر الآبار .

يجب وضع لوحات تحذيرية من الإشعاع حول المكان و خاصة عندما تتجاوز جرعات التعرض الإشعاعي **50 uSv/h** في أي ساعة من ساعات العمل .

عند تحديد منطقة عمل خاصة بسبر الآبار تقام منطقة محظورة للدخول تحاط بحواجز ولوحات تحذيرية على مسافة كافية ، ويزود القائمون بالعمل بوسائل مراقبة فردية . أثناء تحميل أدوات السبر وإدخالها إلى الآبار يطبق نظام المناطق التي تخضع للمراقبة والمحظور دخولها لفترات قصيرة .

٢ - السجلات:

يجب على المرخص له الاحتفاظ بالسجلات الجارية وإبقاؤها جاهزة للتفتيش على ان تتضمن السجلات التالية:سجل العاملين بالمصادر المشعة وتاريخ نفاذ ترخيصهم للعمل الاشعاعي، سجلات المسوحات الاشعاعية، سجلات تعرض العاملين، سجلات اختبارات التسرب ، سجلات خطة لتدريب العاملين على التعامل مع المصادر المشعة ، وسجل يتضمن المسؤول عن أعمال سبر الآبار والمجموعة القائمة بالعمل و سجلات حركة المصادر.

يجب على المرخص له بالعمل أو المسجل إجراء جرد عيني ربع سنوي على جميع المصادر المشعة ، كما يجب الاحتفاظ بالسجلات من اجل التفتيش ، بحيث تتضمن كميات وأنواع مصادر الأشعة ومكان خزنها واستخدامها بالإضافة إلى أسماء الأشخاص القائمين بهذا الجرد .

٣- نقل المعدات المشعة لسبر الآبار:

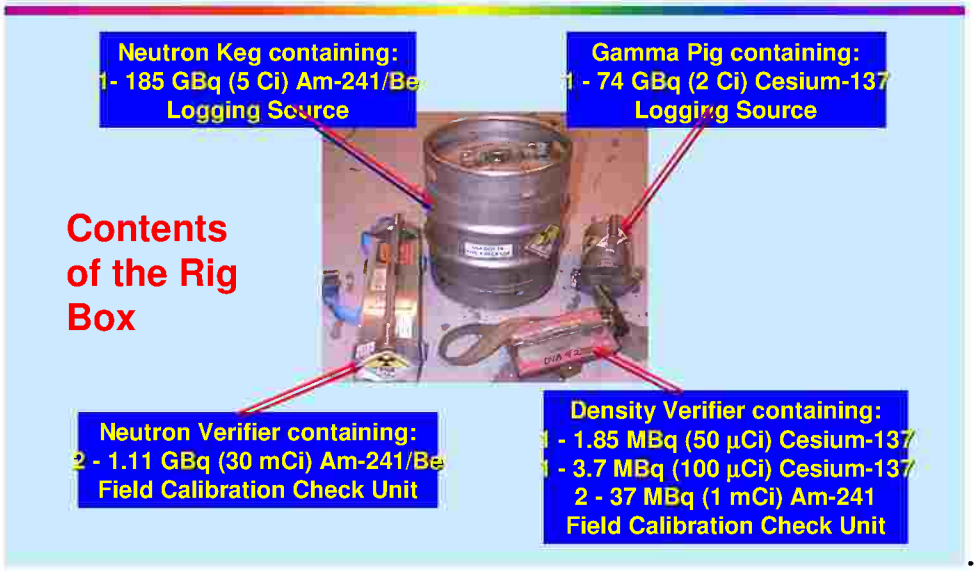
يتوفر لكل مصدر مشع حاوية مدرعة مزود بآلية إغلاق أو فتحة يتحرك خلالها المصدر من اجل المعايرة وكذلك لحمايته من العبث ، وفي كثير من الحالات يسبب الخلل في إغلاق حاوية المصدر

يحصل التعرض لجرع غير ضرورية للعاملين او حتى إلى فقدان المصدر أثناء حركته .مصادر جاما والنيوترونات المستخدمة في سبر الآبار تنقل بواسطة حاويات ثقيلة تسمى الدرع الناقل (Carrying Shield) وهي من الطرود نوع A وبعض الاحيان تكون من نوع B . وتحمل هذه الحاويات على شاحنة كبيرة وتثبت في مؤخرة الشاحنة بعيدا ما أمكن عن السائق شكل (٩ –١٣). في موقع العمل عند فوهة البئر يرفع المصدر المشع باستخدام ذراع معدنية طولها حوالي ١.٥ متر حيث ان معدل الجرعة الناتجة من مصدر السيزيوم يتعدى ٧.٥ μ Sv/h على بعد يصل إلى ٣٠ متر عن المصدر لذلك يجب إبعاد المصدر عن منطقة تواجد العاملين،إما الجرعة الناتجة عن المصدر النيوتروني فإنها تتعدى كذلك ٧.٥ μ Sv/h إلى مسافة تصل ٤ متر شكل (٩ –١٤). يجب العمل دوما على تنفيذ متطلب إبقاء حاويات النقل أو التخزين مغلقة لأنه يخفض مخاطر التعرض دون اللجوء إلى إتباع تحذيرات غير ضرورية .توضع المصادر المشعة المستخدمة في سبر الآبار والتي تتكون من مصادر نيوترونية ومصادر جاما للقياس والتعيير شكل (٩ – ١٥).

شكل (٩ -١٣) نقل المصادر المشعة لسبر الابار

شكل (٩ -١٤) عملية تحويل المصادر المشعة الى معدة السبر عند فوهة البئر

شكل (٩ – ١٥) حاوية لمصادر سبر الابار



تخضع عملية نقل المصادر المشعة المستخدمة في سبر الآبار على الطرق العامة للقواعد الخاصة الموضوعة من قبل السلطة الرقابية . تشمل هذه القواعد مقادير الجرعة الإشعاعية على سطح الدرع الواقي للمصدر والتي يجب ان لا تتجاوز **2mSv/h** على سطح الحاويـــة و **0.1m Sv/h** علـــى مسافة متر من السطح ، محتويات هذه الحاويات ، تصـــميمها والإشـــارات التحذيريـــة، لوحـــات التعريف بالمحتويات والجرعة الإشعاعية المسموح بها حول واسطة النقل، ومسار السيارة وتمييزها بالإشارات الضرورية والتقارير التي يجب رفعها عند وقوع الحوادث.

تغطي الإجراءات المتبعة لضمان النقل الآمن للمواد المشعة المواضيع التالية على الأقل .

أ. إتباع طريقة لضمان حماية المواد المشعة في واسطة النقل لمنع تحريكها ورفعها خلال عملية النقل.

ب. برنامج كشف يتضمن تحديد الجرع الإشعاعية في قمره القيادة للسائق بحيث لا تتجـــاوز **20 µSv/h**

ت. وضع ملصقات واضحة على كامل جوانب واسطة النقل تتضمن تعريف بالحمولة وتحذير من الاقتراب ، عندما تستخدم واسطة النقل كمخزن مؤقت للمواد المشعة يجب ان تطبـــق عليهـــا قواعد الجهة الرقابية الخاصة بالتخزين من اجل الالتزام بحدود التعرض ، ووضع الملصقات التحذيرية التي تشير لذلك. وقد صمم المؤلف استمارة مقترحة لمواصفات واسطة النقل استنادا لتوصيات الوكالة الدولية للطاقة الذرية (شكل ٩ – ١٤)

(شكل ٩ – ١٦) استمارة مواصفات سيارة نقل المصادر المشعة

استمارة متطلبات سيارة نقل المواد المشعة

هل ان عربة النقل متينة؟ نعم ☐ كلا ☐

نوع العربة و تاريخ تصنيعها؟ ☐

هل تحتوي عربة النقل على الأقل جهازين من أجهزة مكافحة الحريق (٩ كغم) من مسحوق كيماوي جاف؟ نعم ☐ ☐

هل إن العلامات التحذيرية للإشعاع واضحة و مثبتة جيدا؟ نعم ☐ ☐

هل العربة تحتوي على عجلة احتياطية جديدة؟ نعم ☐ ☐

ما هو مستوى النشاط الإشعاعي داخل قمره القيادة بعد وضع المصدر ؟ ☐

هل لدى السائق معلومات أساسية عن النقل الآمن للمواد المشعة؟ نعم ☐ كلا ☐

٨- هل توجد داخل السيارة حافظة مقاومة للحريق تحتوي نوع المادة المشعة، رقم هاتف RPO او المجلس الاعلى ؟ نعم ☐ كلا ☐

٩- هل للسائق معرفة بالشروط التالية :- نعم ☐ كلا ☐

ا- لايجوز للسائق أن يترك العربة التي تحتوي على مواد مشعة بعيدا عن مراقبته

ب- أي عربة تحتوي على مواد مشعة يجب أن لا تترك أكثر من ساعة في المواقف إلا إذا كان حولها فراغ مناسب لا يقل عن ٢ متر من كل جهة من جهاتها

ملاحظات المفتش:-

الموافقة ----------

أهم الإجراءات الواجب إتباعها عند نقل المصدر المشع من موقع التخزين إلى منطقة العمل:

١ – التقيد بتعليمات الوقاية الإشعاعية وتشمل إجراءات تحميل المصدر في أدوات السبر وإدخالها في البئر وسحبها من البئر وإعادة المصدر إلى حاويته .

٢ – استخدام أدوات العمل وموجهات أدوات السبر وما يتعلق بتأمين وحماية المداخل المراقبة إلى داخل منطقة العمل والالتزام بالفترة الزمنية للعمل والمسافة خلال أعمال السبر .

٣ – يجب ان تتطرق الإجراءات الوقائية إلى التعليمات المطلوب تنفيذها عند حصول طارئ مثل سقوط المصدر أو ضياعه .

٤ – يجب ان تكون حاوية المصدر مغلقة جيدا أثناء النقل ومثبته في واسطة النقل لمنع السقوط والانقلاب عند أي توقف أو تحرك مفاجئ للعربة .

٥ – تغطى اجراءات أعمال المسح والكشف عن الجرعات الإشعاعية حول واسطة النقل وحول موقع التخزين وللتحقق من أمان وحماية المصدر والحاوية وكذلك التفتيش على الأدوات والمعدات ووسائط الحماية والسجلات.

٤ -اجراءت الطوارئ في سبر الآبار :

تتعرض مصادر سبر الابار المتكونة من مصادر نيوترونية ومصادر جامية الى الكثر من الحوادث الناجمة عن نقل مصادر من مخازنها الى مناطق التنقيب اوعند سقوط وضياع المصدر المشع في البئر.لذلك يجب ان تتوفر لدى المرخص له إجراءات مكتوبة للطوارئ الاشعاعية المطلوب تنفيذها في سبر الآبار يزود بها القائمون بالعمل ويمكن تضمين هذه الإجراءات في اللوائح والاستمارات المستخدمة في أعمال التسجيل والتوثيق . على إدارة العمل تزويد كل شخص مكلف بالعمل في سبر الآبار بنسخة عن هذه الإجراءات وإجراء إعادة تقويم العمل للتحقق من ان هذه الإجراءات تنفذ بما يتلائم مع برنامج الوقاية الإشعاعية ، تشمل خطة الطوارئ الاشعاعية ما يلي :

١ – اتباع السيقات والتعليمات العامة الموثقة والمصادق عليها من السلطة الرقابية لأعمال سبر الآبار في حالة حادث نقل المصدر المشع أو حريق أو انفجارداخل البئر ينجم عنة خروج المصدر من حاويتة وضياعة داخل البئر اوتهشم كبسولة المصدر أو حالات طارئة أخرى.

٢ –تشمل التعليمات وبشكل تفصيلي واضح المعالم ما يتوجب اتخاذه وعمله بعد الحادث مباشرة من اجل منع تلوث العاملين والتجهيزات والمنشآت والبئة وإخلاء المنطقة مباشرة .

٤– تقوم الشركة القائمة بأعمال سبر الآبار بتأمين الاجهزة والمعدات الوقاتية الازمة للتعامل عن بعد مع المصادر المشعة عن مسافة كافية لتقليل جرعات التعرض.وقد تم التدريب المسبق على هذة المعدات لغرض تقليل زمن التعرض الى اقل مايمكن .وان تتوفر رسوم وصور لتصميم هذه

الأدوات المستخدمة مثل المقابض والملاقط مع قطع غيار كافية لإجراء صيانتها في حال حصـــل عطلا أو خلل في أداء وظائفها .

٥- تتضمن الخطة يجب أسماء وهواتف الأشخاص المسؤولين لأعلامهم في حـــالات الطـــوارئ وتشمل ظباط الوقاية من الاشعاع ،مسؤول السلامة في الشركة،السلطات الوطنية المسؤولة ، مالك المصدر .والسلطة الرقابية وإدارة العمل .

٦ – الإجراءات المتبعة عند سقوط وضياع المصدر المشع في البئر من الحـــوادث الكثيـــرة فـــي عمليات سبر الآبار سقوط وضياع المصدر المشع في البئر وبهدف المحافظة على سلامة المصدر وتجنب تهشمة أثناء اخراجة يجب إتباع ما يلي :

١ – وضع أجهزة كشف إشعاعي للتحري عن وجود تلوث اشعاعي عن طريق وضع جهاز مسح إشعاعي مع أداة السبر المستخدمة من اجل أعمال السبر.

٢ – إعلام السلطات المحلية المختصة مباشرة في حال تبين وجود تلوث إشعاعي على السطح أو القياسات التي تبين احتمال تهشم كبسولة المنبع المشع .

٣ – اتخاذ تدابير لوقاية العاملين من خلال توفير مستلزمات مراقبة التعرض للجرعات الإشعاعية .والمستلزمات الضرورية من اجل وضع المصدر في حاويته المدرعة.

٤ – إنزال أدوات اصطياد المصدر المشع الى داخل البئر لمحاولة اخراج المصدرمن الأسفل .

٥ – وضع إشارات وعلامات تحذيرية على البئر تدل على وجود مصدر مشع مفقود في البئر لم يتم استرداه.

وعندما لم تفلح الجهود المبذولة باستعادته يجب على المرخص له تنفيذ ما يلي :

١ – إعلام السلطات الرقابية فورا باستحالة استرجاع المصدر وإخطار المالك والمشغلين بهـــذه الإجراءات.

٢ – يجب على المرخص له رفع تقرير خطي حول الحادث خلال مدة (٣٠) يوما إلى الجهات المختصة وإرسال نسخة من هذا التقرير إلى الجهات التي لها علاقة بالموضوع .

٩ – ١٠ الوقاية من الإشعاع في عمليات التصوير الإشعاعي الصناعي .

تجري أعمال التصوير الصناعي في أماكن مختلفة وفي ظروف عمل مختلفة ، كما تنجز أعمـــال التصوير في الليل والنهار تلبية لمتطلبات ضبط الجودة والإنتاجية العالية. ونظرا لطبيعة المخاطر الناجمة عن استخدام المواد المشعة والمشاكل التي تظهر نتيجة تغيرات شروط العمل لابد من وضع خطة محكمة لتنفيذ العمل لتفادي المخاطر غير الضرورية و تخفيض التعرض لأقل مستوى .وهذا يتحقق عن طريق العوامل التالية :

١ – يفضل ان يكون وقت عمل الفحص الإشعاعي خارج أوقات عمل الآخرين.

٢ – عدم السماح للعاملين الذين ليس لهم صلة بالتصوير التواجد في المناطق المراقبة .

٣ – شدة المصدر يتم اختيارها بحيث تلبي متطلبات التصوير وتكون الأفلام سريعة لتقليل مدة التعـــرض و مراقبة عملية إظهار الأفلام لتجنب الحاجة إلى إعادة اخذ الصور.

٤ – تامين جميع مستلزمات الوقاية من الإشعاع والتي تشمل وسائل التدريع ، معدات التحكم عن بعد، استخدام المسددات و وسائل التنبيه والتحذير وأدوات عزل المنطقة. مع الأخذ بعـين الاعتبار الأشعة المنعكسة من المواد المصورة والهواء .

٥ – الإشراف على حركة كل مصدر من قبل شخص مؤهل و فصل أعمال التصـوير عـن غيرها. لغرض قاية العاملين من الاشعاع الناجم عن استخدام المصادر المشعة المغلقـة فـي أعمال التصوير الصناعي اتباع مايلي:

١ - تحديد حجم الحزمة الإشعاعية المفيدة :

لغرض تقليل التعرض الاشعاعي وتؤمن الوقاية الإشعاعية. وتقليل الجرع الإشعاعية الناتجة عـن الأشعة المنعكسة من المواد المصورة والهواء .يجب تقليل حجم حزمة الاشعة المفيدة المنمبعثة.

يقصد بالحزمة المفيدة الجزء الضروري من الأشعة لتكوين الصورة على الفلم. يتم تحديد الحزمة المفيدة وجعلها اصغر ما يمكن بما يلبي حاجة العمل وذلك باستخدام المسددات إضـافة لاسـتخدام التدريع الموضعي ومراعاة المسافة واختيار طريقة التصوير والأفلام ونوع آلة التصوير. يلاحـظ بعض الأحيان وجود جرع عالية نسبيا بالقرب من الحاوية حتى عندما تكون مغلقة ولذلك يجب ان لا يتواجد العاملون في مكان تخزين الحاويات طالما لا يوجد مبرر لذلك

٢ - تخزين المصادر المشعة في الموقع:

مكان التخزين لمصادر التصوير ألشعاعي الصناعي تكون له مواصفات خاصة (سيتم شرحها في الفصول القادمة) يحيط بها سياج. يجب أن يكون موقع الخزن مزودا بلوحات تحذيرية من الإشعاع واضحة المعالم ووسائل حماية (إقفال تحفظ لدى مدير العمل) تمنع الدخول إليه من قبل غيـر المخولين، و إذا لوحظ حصول عبث في الإقفال يجب وعلى الفور التحقق من الحاويات والكاميرات والمصادر باستخدام أجهزة الكشف الإشعاعي وتقارن النتائج مع السجلات وتتخذ بعدئذ الإجراءات اللازمة.أما إذا كان موقع التصوير بعيدا عن مكان التخزين ويتطلب العمل إبقاء المصادر قـرب الموقع، فيجب إنشاء مكان ملائم للتخزين، على أن يجري ذلك قبل جلب المصادر للموقع. منطقة التخزين المؤقتة تستخدم فقط من اجل الحاويات والكاميرات الحاوية علـى مصادراشـعاعية امـا مسددات الحزمة ،أنابيب التعريض ،معدات التناول والحبال ،واللوحات التحذيرية فتخزن في مكان آخر.

أجهزة قياس الجرعة:

قياس الجرع الاشعاعية يتطلب توفر أجهزة قياس معدل الجرعة في مواقع العمل باستمرار.لـذلك يجب ان يجهز ضابط الوقاية الاشعاعية بهذة الاجهزة في مواقع العمل وعند حركة المصادر وتكون الاجهزة ملائمة للقياس ومعيرة ويتم التحقق من سلامة عملها وان البطاريات مشحونة جيدا وذلك قبل البدء بأعمال التصوير. يفضل إخراج البطاريات من الجهاز بعد انتهاء عملة لكي لا ترشح المواد الالكتروليتية منها والذي قد يودي الى تآكل وتلف للجهاز. الغرض من استخدام أجهزة قياس الجرعة في التصوير الصناعي هو:

١ – التاكد من كفاءة الدروع الواقية والحواجز بحيث أن الجرعة لا تتعدى المقدار ٧.٥ مايكروسيفرت/ ساعة

٢ – التاكد من اغلاق حاوية المصدر بالشكل الصحيح قبل و بعد الاستخدام.

٣ – مراقبة معدل الجرعة الإشعاعية أثناء العمل للتأكد من انها ضمن الحدود التي تحددها السلطة الرقابية في الموقع خلال التصوير.

حركة المصادر في الموقع:

تجنب أي تحريك غير ضروري للمصادر المشعة إلا إذا كانت ضمن الحاويات ومغلقة بالشكل السليم وقد سحبت المفاتيح من مكانها. يجب على الشخص القائم بعمليات النقل والتحريك إبقاؤها بعيدة عن جسمه و ينصح باستخدام عربة أو شاحنة لنقل حاويات المصدر على أن يجري تثبيتها بشكل محكم تجنبا لدحرجتها أو سقوطها نظرا لوجود جرعات ملموسة على سطح الحاويات .

عندما يجري التعامل مع مصادر مشعة عالية النشاط الاشعاعي مثل مصدر ^{60}Co ذات النشاط الاشعاعي(50Ci تقريبا) أو ^{192}Ir ذات النشاط الاشعاعي (125Ci) يجب استخدام وسائل تحذير ضوئية أو صوتية أو كلاهما لتنبيه الأشخاص عند البدء وخلال أعمال التصوير وعند إخراج المصدر للبدء بالتعريض.تكون الإشارات مختلفة كما يجب استخدام إشارات تحذير خاصة عند حركة المصدر.

الاحتياطات في تصوير جاما:

يتم اختيار النشاط الإشعاعي لمصادر التصوير الإشعاعي بحيث أن الجرع التي يتعرض لها العاملين تكون أقل ما يمكن الوصول إلية حسب قاعدة (ALARA) .يمكن فحص اللحام باستخدام مصدر من (^{192}Ir) بنشاط إشعاعي (850) GBq (٥٠ كيوري) . وتوجد تقنيات متطورة كاستخدام شاشة التقوية للأفلام السريعة والتي تقلل الجرع بشكل ملحوظ.

يتم التصوير الصناعي عندما يتم تحضير جميع أجهزة التصوير ويكون للمصور الخبرة والممارسة لهذه الأجهزة. ومن أهم الأجهزة :

١- مقاييس التعرض الشخصي وأجهزة المسح الإشعاعي.

٢- أنبوب التوجيه وكيبل السيطرة.

٣- المسدد والدروع الواقية.

٤- حواجز مؤقتة أو حبال.

٥- إشارات تحذيرية.

٦- معدات للطوارئ مثل أجهزة تناول عن بعد.

وقبل مغادرة الموقع يقوم المصور بفحص الأجهزة عينيا والتأكد من أنها غير تالفة. ويهيئ حاوية التعرض لغرض النقل بعد إغلاق الحاوية جيداً.

قبل البدء بالتصوير تجرى الفحوصات التالية:

١- فحص حاوية التعرض ونهاية الكيبل للتأكد من عدم تضررها.

٢-فحص الأجزاء الميكانيكية (الصامولة واللولب) للتأكد من عدم تضررها.

٣- فحص الربط بين الحاوية والكيبل.

٤- قياس الجرع الإشعاعية حول حاوية التعرض.

لكل نوع من أنواع التصوير توجد بعض الاحتياطات ألازم اتخاذها لتقليل التعرض للعاملين والجمهور أهمها:

ا - الاحتياطات في حالة التصوير في الماء

التصوير في الماء تقنية متخصصة تتطلب احتياطات إضافية :

١- تدريب إضافي على الغوص في الماء.

٢- قبل وضع أجهزة التصوير في الماء يجب ربط أنبوب التوجيه إلى حاوية التعرض ويتم التأكد بأن الربط آمن.

٣- يحكم الاتصال بين الزورق ومعدات الطوارئ، مثل هذا الاتصال يضمن استعادة حاوية التعرض عند سقوطها في الماء.

٤-جميع الأجهزة المستخدمة تكون ملائمة للعمل تحت الماء.

ب - الاحتياطات في حالة التصوير بالأجهزة الزاحفة في الأنابيب:

تطبق نفس متطلبات الوقاية الإشعاعية في حالة استخدام أجهزة جاما أو الأشعة السينية. في حالة الأجهزة الزاحفة في الأنابيب فإن الحزمة الإشعاعية يجب أن يحدد عرضها ضمن الجزء الضروري للتصوير. ولأن هذه الأجهزة لا يمكن رؤيتها وهي داخل الأنابيب من الضروري وجود إشارات تحذيرية مرئية أو مسموعة تعمل اتوماتيكيا وتحذر الأشخاص المتواجدين قرب الأنابيب في حالة التعرض غير الاعتيادي.

الإشارات التي تعمل اتوماتيكياً تربط إلى جهاز الأشعة السينية الزاحف. الإشارات السمعية سوف تتوهن وتضعف نتيجة لسمك جدار الأنبوب لذلك يجب تقوية الصوت دائما لكي يكون مسموعاً وذلك من خلال امرارة الى صفارة إنذار والتي يمكن سماعها في محيط ضوضاء عالية .

والإشارات الإضافية التي يمكن وضعها خارج الأنبوب تتضمن :

١- إشارات مرئية تكون مساعدة للإشارات الصوتية في محيط ضوضائي.

٢- جهاز تحذيري ينشط باستخدام مصدر مشع والذي يشير إلى موقع الجهاز الزاحف في الأنبوب.

تستخدم كواشف إشعاع محمولة للتأكد من إطفاء جهاز الأشعة السينية أو عودة مصدر جاما إلى موقعه في الحاوية بعد كل تعرض.

يفضل أن يرتدي المصور الشعاعي مقياس جرع شخصي يحتوي على منبه صوتي يستخدم كمؤشر إذا كان الجهاز الزاحف يبعث إشعاعاً من داخل الأنبوب.وفي حالة عطل الجهاز الزاحف فقبل دخول المصور الشعاعي إلى داخل الانبوب لإعادة الجهاز يجب التأكد من بعد :

١- أن الجهاز لا يبعث إشعاعاً.

٢- لا توجد غازات سامة داخل الانبوب ناتجة من عملية اللحام.

ومع ذلك يفضل استخدام الكمامات عند الدخول إلى الانبوب.

المصدر المشع للتصوير ومصدر السيطرة"الدليل" يجب أن يكون داخل حاوية مدرعة مع المصدر . المصدر "الدليل" يستخدم لمعرفة موقع الجهاز بحيث أن هذه المصادر لا تولد معدلاً للجرعة لا يتجاوز عن ١٠٠ مايكروسيفرت/ساعة عند سطح الأنبوب. وعند بقاء الجهاز الزاحف داخل الأنبوب لغرض فحص اللحام فيجب أن تكون هناك منطقة سيطرة ومنطقة مراقبة حول الجهاز داخل الأنبوب بحيث تكون الجرعة ضمن الحدود الموضوعة من قبل السلطة الرقابية.

ج - الاحتياطات في حالة أجهزة الأشعة السينية التقليدية والمعجلات:

يتم اختيار فولطية جهاز الأشعة السينية بحيث أن نوعية الصورة الإشعاعية جيدة والجرعة التي يستلمها المصور قليلة. وقبل البدء بالتصوير يجب فحص مايلي :

١- فحص الأضرار المرئية لجميع مكونات الجهاز.

٢- فحص أنبوبة الأشعة السينية وتنظيفها من الأوساخ.

٣- فحص ميكانيكي لجميع الأجزاء.

أما بالنسبة للمعجل فإن الأشعة السينية المتولدة منه تكون ذات طاقة كبيرة لذلك يجب أخذ الاحتياطات اللازمة لعدم التعرض الزائد **(overexposure)**. إن معدل الجرعة الناتجة عن الإشعاع الرئيسي للمعجل كبيرة جداً وتتراوح بين ٤ كري/دقيقة الى ٥٠ ملي كري/دقيقة للمعجل المتنقل . أي أن معدل الجرعة كبيرة جداً مقارنة بأجهزة الأشعة السينية التقليدية. لذلك يتطلب أخذ احتياطات جدية للوقاية من الإشعاع لتحديد الجرعة للعاملين إلى أقل ما يمكن. بالإضافة إلى ذلك

يتطلب وجود جهاز محمول للقياس الإشعاعي والذي يستجيب بدقة إلى نبضات الإشعاع المنبعثة من هذه الأجهزة وهي تختلف عن الأجهزة المحمولة المستخدمة لقياس أشعة جاما والأشعة السينية التقليدية.

أما سبب الحوادث في أجهزة الأشعة السينية والتي ينتج عنها تعرض عالي فهي:

١- فشل المؤقت الأوتوماتيكي لإيقاف التعرض من أنبوب الأشعة السينية ويبقى الجهاز مشتغلاً.

٢- يشتغل جهاز الأشعة السينية ذاتياً (بدون السيطرة).

٣- نسيان المصور الشعاعي إيقاف التعرض او ان الكاشف يفشل في الكشف عن الإشعاع بواسطة الكواشف المحمولة.

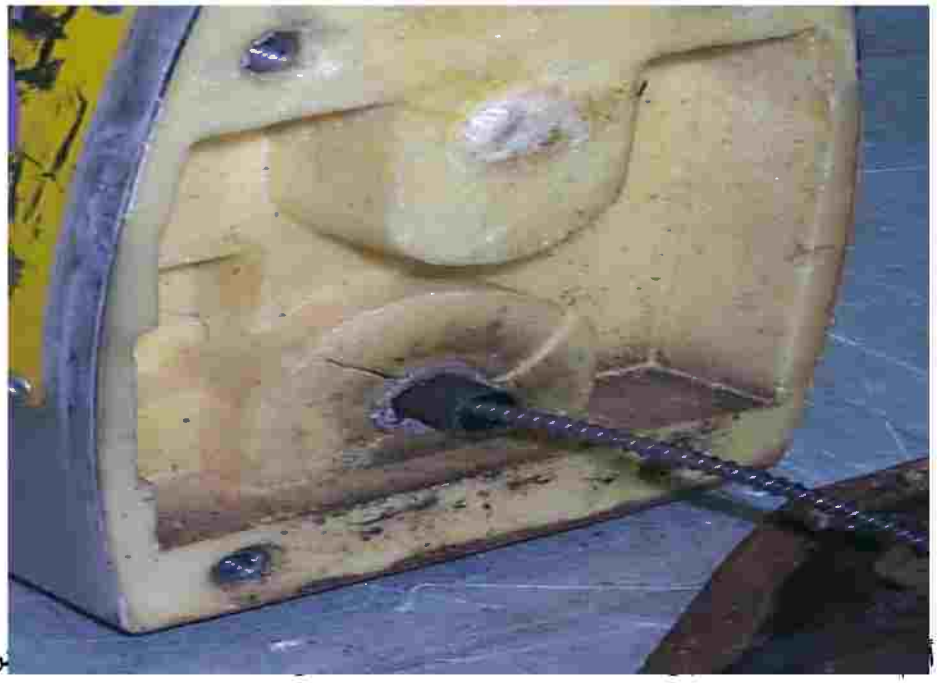
٤- عطل لأجهزة الأمان للجهاز ومنظومان قفل الأجهزة.

٥- عطل فيزيائي للدرع الواقي أو المرشح.

التخطيط والتحضير للطوارئ

حصلت وتحصل حوادث إشعاعية في أجهزة التصوير ألاشعاعي والتي تؤدي إلى تعرض العاملين إلى الإشعاع وحصول مخاطر صحية قد تؤدي إلى تأثيرات إشعاعية أكيدة نتيجة لفقدان الدرع الواقي للمصدر أو ينتج عن التلوث الإشعاعي ألموقعي نتيجة لفقدان أو سرقة المصدر.

(شكل ٩ – ١٧) التصاق المصدر



من أ ، عطل (ضرر) المصدر أو جهاز التعرض ، الاتصال المباشر مع المصدر. احتمال الحوادث الإشعاعية

يكون كبيراً للتصوير بأشعة جاما والتعرض العالي عادة ما يكون للإطراف مع الاحتمال الكبير لتعرض العاملين والجمهور إلى الإشعاع .أوضحت الحوادث السابقة بأن أهم أسباب الحوادث :

١- الفشل في إعادة المصدر إلى الحاوية.

٢- التصاق المصدر في أنبوب التوجيه ،او المسدد او قرب منطقة الدخول إلى حاوية التعرض أو تلف أنبوبة التوجيه (شكل ٩ – ١٧).

٣ -انفصال المصدر عن كيبل الكاميرة (شكل٩ – ١٨).

٤- تعطل أجهزة التعرض في موضع التعرض مثل بقاء المغلاق في الوضع المفتوح.

٥- سرقة أو ضياع المصور المشع عند تركه في موقع العمل بدون مراقبة أو عند سقوطه أثناء النقل أو سرقة سيارة النقل.

(شكل٩ - ١٨) انفصال المصدر عن كيبل الكاميرة

٦- عدم اشتغال منظومة سيطرة الأمان بشكل دقيق او تلفها.

٧- التلوث الإشعاعي نتيجة للتسرب الإشعاعي أو لتلف المصدر.

عندما يبقى المصور ألاشعاعي قريبا من المصدر غير المدرع ويكون معدل الجرعة عالياً بما فيه الكفاية ليولد تعرض موقعي في الجسم في فترة قصيرة جدا والذي يؤدي إلى تاثيرات بايولوجية كبيرة أو حتى الوفاة.

تتضمن عملية التخطيط والتحضير للطوارئ أربعة محاور أساسية هي :

١ – تقيم المخاطر: وفيها تبدأ خطة الطوارئ بتقييم المخاطر ومناقشة أنواع الحوادث المحتملة وتبعاتها في الموقع أو خارج الموقع .

٢- التدريب وفحص الخطة: والذي يتضمن التدريب على التعامل مع أجهزة الطوارئ وتطوير الخطة المكتوبة والتدريب وفحص الخطة والذي يتضمن التدريب على التعامل مع أجهزة الطوارئ

تقوم المجموعات العاملة في الخطة بتطوير إمكانياتها للتعامل مع الحالة الطارئة من خلال التدريب على التعامل مع أجهزة الطوارئ . والتمارين لدى تطبيق الخطة، التقييم الدوري لجميع متطلبات التعامل مع الحالة الطارئة ،اكتشاف الأخطاء ،والنقص في التطبيق لغرض تصحيحها.

حسب السياقات المكتوبة بشكل تفصيلي في أدبيات الوكالة الدولية للطاقة الذرية وخاصة سلسلة الأمان الإشعاعي رقم ١١٥.

٣ – تحضير معدات الطوارئ.

٤ – تطوير الخطة المكتوبة خطة الطوارئ يجب أن تكون مكتوبة من قبل المؤسسة المالكة للمصدر ومصادق عليها من قبل الهيئة الرقابية. تتضمن الخطة كذلك سياقات موجزة توضح العوامل للرد على الحالة الطارئة وتحدد رد الفعل الأنى المتخذ لتقليل التعرض الإشعاعي للأشخاص قرب المصدر.

.٥ – تحديد وتوضيح القواعد والمسؤوليات لكل شخص ، مجموعة ، أو مؤسسة لها علاقة بالتحضير والاستجابة للحالة الطارئة وكذلك تتضمن وصف مختصر إلى الحوادث المحتملة وأسس العمل.تتضمن السياقات كذلك أسماء وأرقام هواتف الأشخاص في فرق الطارئ مثل ضابط الوقاية الإشعاعية ، المخول من السلطة الرقابية ، الطبيب ، الخبير الإشعاعي المؤهل و الأفراد الساندين لخطة الطوارئ.

ويسمي شخصاً للارتباط أو الاتصال بالمجموعات الساندة للخطة (الشرطة ، الدفاع المدني ، الصحة). إن الغرض من مسؤول الارتباط التأكد من أن جميع المجموعات تعلم بالمخاطر الإشعاعية ومتطلبات خطة الطوارئ الأساسية للحالة الطارئة تتضمن تسمية الأشخاص المسؤولين عن الخطة وهم :

١– المتلقي الأول : الشخص الذي يبدأ بالاستجابة واتخاذ الإجراء السريع لإعلان الطوارئ عادةً يكون المصور الشعاعي.

٢– مدير الطوارئ : الشخص المسؤول عن جميع فرق الطوارئ القرارات باتخاذ الإجراءات المناسبة ويقوم بالتأكد من أن جميع المستلزمات تنشيطها. وقد يكون مدير الطوارئ المدير العام للمنشأة أو الشركة أو الشخص المؤهل الأقدم في المؤسسة .

٣– ضابط الوقاية من الاشعاع: الشخص المسؤول عن المسح الإشعاعي ، تقييم الجرع ، السيطرة على التلوث ، وقاية العاملين من الإشعاع ووضع الإرشادات بذلك .و البدء باستعادة المصدر وإزالة التلوث.

وفي حالة فقدان المصدر فأن مدير الطوارئ قد يتم تعيينه من قبل السلطة المحلية وهو الشخص الذي يكون مسؤولاً عن التصريحات إلى الإعلام. وفي المؤسسات الصغيرة قد يكون المصور الشعاعي هو ضابط الوقاية ومدير الطوارئ في وقت واحد.

يجب ان تكون الأجهزة المستخدمة في حالة الطوارئ ذات استجابة مناسبة.أهم الأجهزة والمعدات الواجب توفرها في حالة الطوارئ:

أ- كواشف إشعاعية محمولة

١- كاشف لأشعة جاما ذي مدى عالي القياس معدل الجرعة يصل إلى بضع من السيفرت/ساعة.وكاشف ذي مدى واطئ.

٢- مصادر نقطية للإشعاع لغرض تعيير الأجهزة.

ب-أجهزة ومعدات شخصية

١- مقياس للجرع الشخصية لكل شخص في فرق الطوارئ.

٢- ملابس وقائية وقفازات.

٣- عدة إسعافات أولية.

ج- أجهزة اتصال بين الفرق ، هواتف نقالة ، هواتف ثابتة .....الخ

د- التجهيزات.

١- دروع رصاصية مناسبة كافية لتوهين الإشعاع تكون بشكل طابوق رصاصي أو كرات من الرصاص **lead shot** (مثلا ٢كغم لمصدر ^{192}Ir و١٠ كغم لمصدر ^{60}Co (شكل ٩ – ١٩).

٢- ملقط لايقل طوله عن ١.٥ متر لغرض التعامل الأمن عن بعد مع المصادرالمشعة.

٣- أوعية مدرعة لحفظ المصادر.

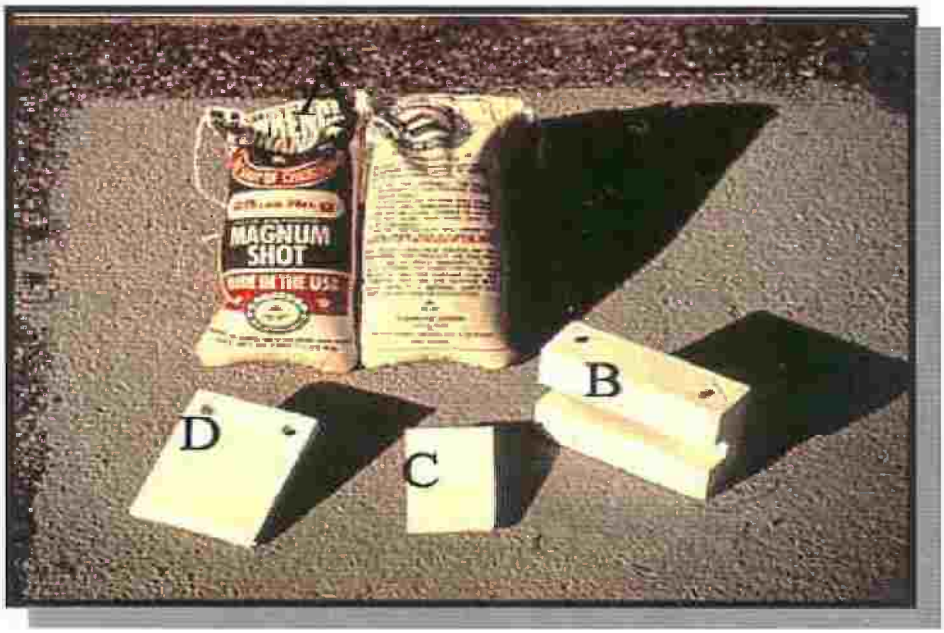
٤- إشارات ولوحات تحذيرية من الإشعاع.

٥- غطاء بلاستيكي يوضع حول الأجهزة والمعدات لحمايتها من التلوث.

٦- عدة للمعدات الميكانيكية تحتوي على جميع المعدات الخاصة لإعادة المصدر.

٧- سجل للمعلومات.

شكل ٩ – ١٩ دروع رصاصية مختلفة A - كرات رصاصية .B - طابوق رصاصي بشكل نفق.C – دروع رصاصية للحصول على سمك النصف. D– قطع رصاصية لسمك النصف تستعمل عن بعد



ه– وثائق مساعدة.

١– كتلوكات لعمل الأجهزة.

٢– سياقات إجراء الكشف الإشعاعي.

٣–طرق حماية الأفراد من الإشعاع.

٩ – ١١ الحالات الطارئة

١-عدم رجوع مصادر التصوير الإشعاعي :

معظم حوادث التصوير بأشعة جاما يتضمن عدم رجوع المصدر إلى الدرع الواقي. للتعامل مع هكذا حالة يجب توفر المعدات الضرورية لإعادة المصدر بحيث أن الهدف الأساسي هـو وقاية الأفراد من الإشعاع، وذلك من خلال اتخاذ التدابير العملية الناجحة للرد المناسب ضمن خطة الطوارئ. الإفراد العاملين ضمن خطة الطوارئ يشاركون في وضع الخطة ويتـدربون عليها ويهيئون الأجهزة المناسبة. إما مسؤولية الأفراد القياديين في الخطة مثل ضابط الوقاية ، المصور الشعاعي ومدير الطوارئ. فأن الخطوات توضع استنادا إلى وجبات كل فرد في الخطة وهي:

المصور الشعاعي (المتلقي الأول):

١-الإعلان بأن حالة غير اعتيادية قد حصلت وتتطلب إعلان الحالة الطارئة.

٢- الابتعاد عن المصدر المشع ويبقى هادئ.

٣- إنشاء حواجز لمنطقة السيطرة تستند إلى الحدود الدنيا لمعدل الجرع.

٤- منع الدخول إلى منطقة السيطرة.

٥- لا تترك منطقة السيطرة بدون رقابة.

٦- إعلام ضابط الوقاية في المنشأة والمخولين لطلب المساعدة.

ضابط الوقاية

١- اتخاذ مجموعة من الإجراءات المتسلسلة لمجابهة الحادث تستند إلى صياغات الطوارئ المكتوبة مع الأخذ بنظر الاعتبار أن الجرعة المستلمة ضمن مفهوم **ALARA** .

٢- يتدرب على مجموعة الإجراءات المتخذة قبل الدخول إلى منطقة السيطرة.

٣- وضع مجموعة من الإجراءات التي تمنع من ان يكون المصدر ق٥ريبا من اليد.

٤- إذا لم تنجح مجموعة الإجراءات المخطط لها ، تترك منطقة السيطرة وتأخذ مجموعة آخرى من الإجراءات مع الاستمرار في عملية المسح الإشعاعي لمنطقة السيطرة.

٥- طلب المساعدة التقنية من الخبراء المؤهلين أوالشركة المصنعة.

٦- إعلام السلطات الرقابية بالحالة .

٧- عند السيطرة على الموقف وإنهاء الحالة الطارئة يتم تقييم الجرعة الإشعاعية المستلمة وكتابة التقرير.

٨- تسليم مقاييس الجرع الشخصية للجهة المختصة لغرض القياس.

٩- أرسال المعدات والأجهزة المتضررة إلى الشركة المصنعة أو خبير مختص لغرض فحصها وإعادتها للعمل مرة آخرى.

٢ - فقدان أو سرقة المصادر أو أجهزة التعرض

فقدان أو سرقة أجهزة التعرض التي تحتوي على مصادر مشعة تؤدي إلى مخاطر إشعاعية لأفراد الجمهور الذين ليس لديهم فكرة عن مخاطر الإشعاع. من الأولويات في مثل هذه الحوادث معرفة المعلومات التالية، معلومات عن المصدر والتي تتضمن نشاطه الإشعاعي ،خواصه الفيزيائية والكيماوية، موقعة ونوعه، والأفراد اللذين تعاملوا مع المصدر بدون علمهم بالمخاطر.هذه المعلومات تكون مفيدة لتقييم درجة المخاطر الإشعاعية للجمهور.ثم السعي لتتبع حركة المصدر بدأ من آخر موقع له قبل الفقدان وإجراء التحريات لتتبع الحوادث اللاحقة للمصدر والإطلاع على تقارير الأطباء والمستشفيات وفي حالة الإشتباة بأي حالة غير اعتيادية

للأفراد واحتمال تلوثهم أو تعرضهم إلى جرع عالية من خلال إعراض الإشعاع مثل القـــي ، الغثيان ، الإسهال .....الخ. المسح الإشعاعي من قبل ضباط الوقاية وتحريات الشـــرطة جميعها مصادر للمعلومات المفيدة لمعرفة مكان المصدر.التفتيش عـــن المصـــادر المفقـــودة باستخدام كواشف الإشعاع المحمولة مفيد في حالة مصادر جاما ذات النشاط الإشعاعي العالي مثل مصادر جاما المستخدمة في التصوير الإشعاعي. ويمكن استخدام عداد من NaI(Tl) ((ايوديد الصوديوم عداد وميضي) ذات مساحة واسعة بإمكانه التحسس بمصدر خارج حاوية من مسافة اكثر من مئات الأمتار.

واجبات المصور الشعاعي (الملتقى الأول)

١- البدء بالبحث فورا عن المصدر باستخدام كواشف الإشعاع. فإذا فقد المصدر أثناء النقل فيتم تتبع

٢ – الطريق الذي سلكة المصدر اثناء نقلة والتفتيش بالعين المجـــردة أو بواســـطة كواشـــف الإشعاع.

٣ – إذا أفترض بأن المصدر قد فقد أو سرق يجب إعلام ضابط الوقاية الإشعاعية والســـلطة الرقابية فوراً.

واجبات ضابط الوقاية الإشعاعي(RPO)

١- البدء بتطبيق خطة الطوارئ.

٢- عند العثور على المصدر يجب فحصة للتأكد من عدم العبث به والكشف عن أضرار الدرع الواقي.

٣- فحص تسرب المصدر بالمسحة للتأكد من عدم تسرب المادة المشعة وإذا كانت النتـــائج مرضية يعاد المصدرالى الشركة المصنعة أو خبير مختص لغرض الفحص الإضافي.أما إذا كان الفحص غير مرضٍ فيجب البدء بالحالة الطارئة.

واجبات مدير الطوارئ :

الاتصال بالمستشفيات ، بالإعلام والجمهور في حالة الضرورة من أجل المساعدة في إيجـــاد المصدر المشع المفقود أو المسروق. وإذا كان ضرورياً فالتحذير من مصادر الإشعاع. وهناك حالات شاذة قد حصلت والتي تتضمن تسرب أو تلف المصادر.

٩ - ١٢ أجهزة الأشعة السينية للتصوير:

عند حصول حالة غير اعتيادية لمنظومات الأشعة السينية المستخدمة في التصوير والدخول في حالة الطوارئ فيجب التقيد بالخطوات التالية

المصور الشعاعي :

١- الإعلان بأن حالة غير اعتيادية قد حصلت للمنظومة مما يستدعي التقيد بحالة الطوارئ.

٢- إطفاء التغذية الكهربائية للجهاز.

٣- المسح الإشعاعي للتأكد من أن الجهاز في حالة إطفاء.

٤- لا يتم تحريك الجهاز حتى يتم أخذ التفاصيل عن الجهاز مثل موقعه ، اتجاه الحزمة الإشعاعية. معلومات التعرض (فولطية الجهاز ، التيار ، الزمن).

٥- إعلام ضابط الوقاية (RPO) بما حصل.

٦- لا يستخدم الجهاز مرة أخرى إلا بعد فحصة من الشركة المصنعة أو خبير مختص.

و التأكد من الجهاز يعمل بأمان

ضابط الوقاية الإشعاعية (RPO)

١- تقييم الحادث ، تخمين الجرعة المستلمة وتهيئة التقرير.

٢- إرسال مقاييس الجرع الشخصية لغرض القياس وإعادة النتائج.

٣- إعلام السلطات الرقابية.

بعض الأمثلة للحوادث

١) تعرض المصور الشعاعي إلى جرعة عالية نتيجة لانفصال المصدر عن أنبوب التوجيه لذلك يتطلب دائماً الكشف الإشعاعي بالأجهزة للتأكد من أن المصدر ثم إعادته إلى الحاوية. أو أن المصور الإشعاعي وضع انبوب التوجيه حول رقبته لنقله إلى موقع آخر معتقداً بأن المصدر داخل الحاوية.

٢) عملية تبديل المصادر تؤدي إلى أن المصدر يسحب من الوعاء الحاوي وسبب ذلك يعود إلى أن المصور لم يطلع أو يقرأ جيداً طريقة تبديل المصدر.

٣) أن كبسولة المصدر قد تهرأت نتيجة للصيانة غير الجيدة ومثل هذه الحوادث غير شائعة.

٤) فقدان المصدر المشع نتيجة لانفصاله عن كيبل التوجيه وسبب ذلك يعود إلى أن المصور الشعاعي لم يقوم بالمسح الإشعاعي للتأكد من أن المصدر قد أعيد إلى حاويته.

٥) عند وجود جهازين للتصوير بالأشعة السينية في نفس الموقع يحتمل أن المصور الشعاعي قد خلط أسلاك التوصيل للجهازين فاستخدام السلك الجهاز الأول على أساس انه يعود إلى الجهاز الثاني وبذلك أشتغل الجهاز الثاني خطأ.

تقرير الحادث

تقرير الحادث يوضح درجة الضرر الإشعاعي الناتج أو المحتمل. ويرفع التقرير بأسرع وقت إلى السلطات الرقابية لتقوم السلطة بمراجعة التقرير وتقييم الحادث لإتخاذ التدابير المناسبة

للتقليل من تأثيرات الحادث. يتضمن التقرير جميع التفاصيل عن الحادث وطلب المساعدة الخارجية في حالة الحاجة لها من خبير مختص ، الشركة أو الوكالة الدولية للطاقة الذرية. وكذلك طلب الخدمة الطبية عند الحاجة. كذلك يتضمن التقرير سبب الحادث والإجراءات المتخذة من قبل المستفيد لتصحيح الحالة وتقليل المخاطر وتسمية الأفراد المساهمين في الحادث والأجهزة التي حصل بها الحادث والأجهزة المتخذة لتقليل من حصول هذه الحالة مستقبلاً.