

الفصل الثالث

تصنيف المصادر المشعة

في

التطبيقات الصناعية والطبية

٣ - ١ المقدمة:

الغرض من تصنيف المصادر المشعة وضع نظام منطقي لترتيب المصادر والأجهزة على أساس المخاطر التي تسببها لصحة الإنسان بالإضافة لجمع المصادر والممارسة في تصنيف محدد . يوفر التصنيف لصاحب القرار أساس دولي متناسق لمعرفة المخاطر الإشعاعية . يتضمن تطبيق التصنيف مايلي :

- ١ - تطوير للبنى التحتية الوطنية لآمن وأمان المصادر.
 - ٢ - تطوير الاستراتيجيات الوطنية لغرض تحسين السيطرة على المصادر المشعة.
 - ٣ - توظيف التصنيف في وضع خطط الطوارئ والاستجابة لها.
- التصنيف لا يتضمن الأجهزة المولدة للإشعاع مثل الأشعة السينية والمعجلات ولكنها تنطبق على المواد المشعة التي تولدها الأجهزة أو المصادر المشعة المستخدمة كأهداف في الأجهزة وكذلك لاينطبق على رزم المواد المشعة اثناء النقل.

٣ - ٢ تصنيف المصادر المشعة

وضعت الهيئة الدولية للمقاييس (ISO) تصنيف متعدد للمصادر المشعة المغلقة والذي يعتمد على السمية الإشعاعية، كمية النشاط الإشعاعي، اختبارات العوامل الخارجية المؤثرة على المصدر، أنواع الأشعة أو الجسيمات المنبعثة عن المصدر ، الغرض من استخدام المصدر، وأخيراً خطورة المصدر ومايلي يوضح هذه العوامل بشيء من التفصيل :

١ - السمية الإشعاعية :-

صنفت الهيئة الدولية للمقاييس ISO المصادر المشعة حسب نوع المصدر المشع وسميته الإشعاعية وتم التقسيم إلى أربعة مجموعات حسب استخدامها في التطبيقات الصناعية موضحة في الجدول (٣ - ١) .او تصنف حسب شدة التفاعل والتسرب الجدول (٣ - ٢)

٢ - كمية النشاط الإشعاعي للمصدر :-

استندت الهيئة الدولية للمقاييس ISO في تصنيف المصادر المشعة على كمية النشاط الإشعاعي الكلي الذي يحتويه ذلك المصدر وهذه المصادر لا تتطلب تقييم إشعاعي بما يتعلق بالتصميم والاستخدام، اما المصادر التي تحتوى على نشاط إشعاعي أعلى من النشاط الكلي فيجب أن تخضع لعملية دراسة وتقييم خاصة أثناء التصميم والاستخدام

جدول ١-٣ يوضح السمية الإشعاعية للمصادر الصناعية

ألمجموعه	امثلة على بعض المصادر المشع
عالي السمية (A)	$Am^{241}, Cf^{252}, P^{210}, Ra^{226}, Th^{226}$
فوق المتوسط للسمية الإشعاعية (B1)	$Co^{60}, Cs^{139}, Ir^{92}, Sr^{90}, Y^{91}, Tm^{170}, Tl^{204}$
متوسط السمية الإشعاعية (B2)	$Be^7, B^{206}, C^{14}, Cd^{115}, Kr^{85m}$
منخفض السمية C	$Tc^{99m}, N^{235}, N^{238}, Zn^{69}$

الجدول ٢-٣ خواص المصادر المشعة المغلقة حسب شدة التفاعل والتسرب

النشاط الإشعاعي الكلي (Ci) T B q		مجموعة المصادر المشعة
قابلية التسرب ^١ /	غير قابله للتسرب ^٢	
شديد التفاعل ^٣	ضعيفة التفاعل ^٤	
0.016 (0.3)	0.1 (3)	A
1 (30)	10 (300)	B1
10 (300)	100 (3000)	B2
20 (500)	200 (5000)	C

١ - يتسرب من المصدر أكثر من ٠.٠١% من النشاط الإشعاعي الكلي عند وضع المصدر في ١٠٠ ملي لتر ماء مقطر ودرجة حرارة ٢٠ درجة سيليزية ولمدة ٤٨ ساعة .

٢- غير قابل للتسرب عندما يحصل تسرب مقداره أقل ٠.٠١% من النشاط الإشعاعي الكلي عند وضع المصدر في ١٠٠ ملي لتر من الماء المقطر بدرجة ٢٠ درجة سيليزية ولمدة ٤٨ ساعة

٣- يتفاعل مع المادة بشدة وفي الظروف الجوية العادية أو مع الماء أو العناصر (Na,K,N,Cs)

٤- يتفاعل بضعف أي أن هذه المصادر لا تتفاعل إنشاء وجودها في الهواء الاعتيادي والماء (Au, Ir

تصنيف النشاط الإشعاعي للمصادر في لحظة الإنتاج وتحدد الخواص الكيميائية والفيزيائية والهندسية للنوكلونات المشعة المستخدمة لغرض تحديد مواصفات المصدر.

٣ - الاختبارات :

تم إخضاع مصادر الإشعاع المغلقة إلى خمسة اختبارات وستة فئات بحيث ان الاختبارات تزداد قسوة بزيادة الفئة وتعتمد هذه الاختبارات على درجة الحرارة ، الضغط المسلط ،شدة الصدمة ،الاهتزاز ،والثقب كما موضح في الجدول (٣ - ٣)

وقد صنفت المصادر المشعة اعتمادا على نوع الاختبارات الموضحة في الجدول السابق في مختلف التطبيقات الصناعية والتي توضح في الجدول (٣ - ٤)

٤ - نوع المصدر المشع :-

- من أهم المصادر المشعة المستخدمة في الصناعة وحسب نوع الإشعاع الصادر منها .
- أ- مصادر أشعة جاما :- تستخدم في التطبيقات الصناعية اللا إتلافية لفحص لحام المعادن او في المقاييس النووية
- ب- مصادر جسيمات β تستخدم لقياس سمك المواد الرقيقة في اختبارات ضمان الجودة.
- ج-المصادر النيوترونية: تستخدم في سبر الآبار أو قياس الرطوبة .

٥- الغرض من استخدام المصدر المشع :

تم تقسيم المصادر المشعة المغلقة إلى ستة فئات حسب نوع الاختبار الذي خضع له المصدر لتحديد استخدام ذلك المصدر. وفي هذا التقسيم يؤخذ بعين الاعتبار خواص المصدر المشع المغلق، ويرمز لاستخدام المصدر حسب الرمز التالي .

ISO\ letter(C or E)+5digits

حيث تكتب في البداية الحروف ISO بعدها يكتب الحرف C إذا كان النشاط الإشعاعي للمصدر ضمن القيم العالمية المحددة في الجدول (٣-٢) ، أما إذا كان المصدر ذات نشاط إشعاعي عالي فيكتب الحرف E اما الحروف الخمسة فهي خاصة حسب الاختبارات التي تخضع لها المصدر والموضحة في الجدول (٣ - ٣) وهي على التوالي :

- الرقم الأول يدل على الفئة التي توضح سلوك المصدر المشع خلال اختبار درجة الحرارة .
- الرقم الثاني يدل على الفئة التي توضح سلوك المصدر المشع خلال اختبار الضغط الخارجي
- الرقم الثالث يدل على الفئة التي توضح سلوك المصدر المشع خلال اختبار التصادم .
- الرقم الرابع على الفئة التي توضح سلوك المصدر المشع خلال اختبار الاهتزاز .
- الرقم الخامس يدل على الفئة التي توضح سلوك المصدر المشع خلال اختبار الثقب .

٦ - تصنيف المصادر المشعة حسب الخطورة:

التصنيف العام للمصادر له الأولوية في عمل السلطة الرقابية عند وضع البنى التحتية والتنظيمية لجعل المصادر تحت سيطرة السلطات الرقابية . يعتمد وضع برنامج وقاية وسلامة المصادر على طبيعة مدى المخاطر الناتجة عن الممارسة وامن وأمان المصادر الإشعاعية والمحافظة عليها من السرقة أو الإضرار أو العبث من شخص غير مخول . يكون الشخص المسؤول عن المصدر مخولا من السلطة الرقابية بشكل ترخيص أو تسجيل للممارسة والذي يتضمن:

- ١ - تصميم المصدر بشكل يضمن سلامته .
- ٢ - تكون خطوات العمل سهلة وإمكانية إتباعها بسيطة
- ٣ - التدريب على استخدام المصدر واضحا وبسيطا.

وضعت الوكالة الدولية للطاقة الذرية عام ٢٠٠٠ في منشورها TECDOC 1191 تصنيفا للمصادر المشعة وترتيبها استنادا إلى مخاطر المصادر المشعة بدءا من المصادر الأكثر خطرا إلى المصادر الأقل خطرا وإلى ثلاث فئات. حيث تمثل الفئة الأولى (1) الخطورة العالية وفي هذه الفئة تقوم السلطة الرقابية بتوفير معلومات تفصيلية عن المصدر لتقدمها للمستخدم . الفئة الثانية (٢) تمثل الأجهزة والمصادر ذات الخطورة الأقل نسبيا (المتوسطة). إما الفئة الثالثة (٣) فتمثل المصادر والأجهزة ذات المخاطر القليلة والتي تتطلب جهدا اقل من سلطة الرقابية . وتعتمد سلامة المصدر على طريقة تصميم وتصنيع المصدر . والمعلومات التفصيلية عن المصدر تكون غير ضرورية. يوضح الجدول (٣ - ١٥) تصنيف المصادر حسب المخاطر الإشعاعية . و الجدول (٣ - ٥ ب) تفصيلا لهذه الفئات.

جدول ٣-٣ أهم الاختبارات التي تخضع لها المصادر المشعة المغلقة

الاختبار	الفئة ١	الفئة ٢	الفئة ٣	الفئة ٤	الفئة ٥	الفئة ٦
الحرارة	لاختبر	٤٠- C ⁰ لمدة ٢٠ دقيقة + ٨٠ درجة سليزية لمدة ساعة	٤٠- C ⁰ لمدة ٢٠ دقيقة + ١٨٠ C ⁰ لمدة ساعة	٤٠- C ⁰ لمدة ٢٠ دقيقة + ٤٠٠ C ⁰ لمدة ساعة	٤٠- C ⁰ لمدة ٢٠ دقيقة + ٦٠٠ C ⁰ لمدة ساعة	٤٠- C ⁰ لمدة ٢٠ دقيقة + ٨٠٠ C ⁰ لمدة ساعة
الضغط الخارجي	لاختبر	٢٥ Kpa مطلق حتى الضغط الجوي	٢٥ Kpa مطلق حتى ٢ Mpa	٢٥ Kpa مطلق حتى ٧ Mpa	٢٥ Kpa مطلق حتى ٧٠ Mpa	٢٥ Kpa مطلق حتى ١٧٠ Mpa
الصدمة	لاختبر	٥٠ غم من ١ م	٢٠٠ غم من ١ م	٢ كغم من ١ م	٥ كغم من ١ م	٢٠ كغم من ١ م
الاهتزاز	لاختبر	التردد ٥٠٠ - ٢٥٠ Hz وتعجيل ٤٩ م/ثا ^٢	التردد ٥٠ - ٩٠ Hz وتعجيل ٩٨ م/ثا ^٢	تردد ٢٥ - ٠٨ Hz وتعجيل ١٩٦ م/ثا ^٢	--	--
الثقب	لاختبر	١ غم من ١ م	١٠ غم من ١ م	٥٠ غم من ١ م	٣٠٠ غم من ١ م	١ كغم من ١ م

جدول ٤-٣ تصنيف المصادر المشعة حسب الاختبارات

التطبيق	الحرارة	الضغط	الصدمة	الاهتزاز	الثقب
التصوير الصناعي (المصدر داخل الجهاز)	٤	٣	٣	١	٣
سبر الآبار	٥	٦	٥	٢	٢
مقاييس الكثافة والرطوبة	٤	٣	٣	٣	٣
المصادر النيوترونية	٤	٣	٣	٢	٣
مصادر التشعيع بأشعة جاما \ مصدر غير مدرع مصادر التشعيع بأشعة جاما \ مصدر مدرع	٤ ٤	٣ ٣	٤ ٣	٢ ٢	٤ ٣

الجدول (٣ - ١٥) تصنيف المصادر حسب المخاطر الإشعاعية

الفئة	التطبيق
الفئة الأولى(1):	التصوير الصناعي العلاج البعيد معامل التشعيع الجامي
الفئة الثاني(2):	العلاج بمعدل جرعة عالي مقاييس نووية مصادر ذات نشاط اشعاعي عالي سبر الآبار
الفئة الثالث(3):	العلاج بمعدل جرعة واطئ مقاييس نووية مصادر ذات نشاط اشعاعي واطئ

الجدول (٣ - ٥) المصادر الإشعاعية المغلقة واستخداماتها الصناعية حسب فئاتها المختلفة

الفئة الأولى (I)

مجال التطبيق	المصدر المشع	التحلل، الطاقة (keV)، و نصف العمر	معدل الجرعة ١ mSv/h على بعد ١ م (١،٢،٣،٤)	النشاط الإشعاعي	الزمن لتصل الجرعة ١ على بعد ١ م ١ h mSv
التصوير الصناعي	Ir^{192}	جاما بطاقة ٣١٧، $T_{1/2}=74$ day $\beta(\max :675)$	4.E +0.0 2	٥-0.1 TBq	٩ ثا
	Co^{60}	جاما بطاقة ١١٧٣، ١ ٣٣٣ $T_{1/2}=5.٣$ y	3.E +0.3	0.1-5 TBq	٣ ثا
	Cs^{137}	جاما بطاقة ٦٦٢، $T_{1/2}=30$ y		0.1-5 TBq	-
	Tm^{170}	جاما بطاقة ٨٤، $T_{1/2}=120$ day $\beta(\max :968)$		0.1-5 TBq	-

الفئة الثانية (2)

الزمن لتصل الجرعة على بعد ١ م ١ mSv\h	معدل الجرعة على بعد ١ م 1mSv\h (١,٢,٣,٤)	النشاط الإشعاعي	التحلل، الطاقة keV ، نصف العمر	المصدر المشع	مجال التطبيق
٢٠ دقيقة ١ دقيقة ٣ يوم	3.E +0.0 6.E +0.1 1.E +0.2	1 - 10GBq - 10GBq 1TBq 4 GBq	كاما بطاقة ١١٧٣ ، ١٣٣٣ $T_{1/2}=5.3 \text{ y}$ كاما بطاقة ٦٦٢ $T_{1/2}=30 \text{ y}$ كاما بطاقة ٦٠ و α بطاقة ٥٤٨٦ $T_{1/2}=432 \text{ Y}$	Co^{60} Cs^{137} Am^{241}	مقاييس الكثافة والارتفاع
٠.1 ثا ١٠ ثا ٢٠ ثا	1.E +0.2 6.E +0.0 2E +0.0	50 GBq GBq ١٠٠ - ١ GBq ٨٠٠ - ١	الفا بطاقة 6118. $T_{1/2}=2.6 \text{ Y}$ neutrons كاما بطاقة ٦٦٢ ، $T_{1/2}=30 \text{ y}$ كاما بطاقة ٦٠ و الفا بطاقة ٥٤٨٦ $T_{1/2}=432 \text{ Y}$	Cf^{252} Cs^{137} Am^{241} -Be	سير الابار
1 ثا ٢ يوم ٧ يوم	6.E +0.0 2.E +0.2 6,E +0.3	3 GBq GBq ٤٠٠ - ١ GBq ٢ - ٠.١	neutron. $T_{1/2}=2.6 \text{ Y}$ الفا بطاقة 6118 كاما بطاقة ٦٦٢ ، $T_{1/2}=30 \text{ y}$ كاما بطاقة ٦٠ و الفا بطاقة ٥٤٨٦ $T_{1/2}=432 \text{ y}$	Cf^{252} Cs^{137} Be Am^{241}	مقاييس الرطوبة والكثافة الثابتة والمتنقلة

الفئة الثالثة

مجال التطبيق	المصدر المشع	التحلل، الطاقة keV نصف العمر،	النشاط الإشعاعي	معدل الجرعة على بعد ١ م $1\text{ mSv}\backslash\text{h}$
مقياس السمك	Kr^{85}	بيتا بطاقة ٦٨٧، $T_{1/2}=10.8\text{ y}$	١ - 50 GBq	1.E -0.2
	Am241	جاما بطاقة ٦٠ $T_{1/2}=432\text{ y}$ والفا بطاقة ٥٤٨٦	١ - 10 GBq	3.E -0.2
	Tl^{204}	جاما بطاقة ٦٩ وبيتا 763 $T_{1/2}=3.8\text{y}$	40 GBq	4.E +0.3
	Sr^{90}	بيتا بطاقة ٥٤٦، $T_{1/2}=29\text{ y}$	٠.١ - 4 GBq	٠
مقياس المستوى و مقياس الكثافة	-----	-----	-----	-----
	Co^{60}	جاما بطاقة ١١٧٣، ١٣٣٣ $T_{1/2}=5.٣\text{ y}$	٠.١ - 10GBq	3.E +0.0
	Cs^{137}	جاما بطاقة ٦٦٢، $T_{1/2}=30\text{ y}$	٠.١ - 40GBq	2.E +0.0

* عند حساب معدلات الجرعة تم الافتراض بأنه :-

- ١- لا يوجد درع واقى . ٢- لم يتم حساب أشعة البرمشتالذك
- ٣- تم حساب الزمن بعد افتراض عدم وجود الدرع.
- ٤- التطبيقات العملية مشابهة للفئة الثانية تستخدم بشكل عام مصادر إشعاعية أقل نشاطا إشعاعيا

عندما يواجه قرار السلطات المخولة تطبيق البنى التحتية لبعض المصادر فإن أصناف المصادر في الجدول أعلاه قد تستعمل كمؤشر لمستوى المعلومات التفصيلية المطلوب تطبيقها للوصول إلى الثقة بأن الأمن والأمان للمصادر يكون كبيرا.

أن المصادر والمنظومات في الصنف الأول يتطلب من السلطات الرقابية توفر مستوى كبير من المعلومات التفصيلية للأفراد المخولين بالاستخدام. المصادر في هذا الصنف يتطلب فحص الشروط المستخدمة بدقة وتتضمن بناء عمل المنظومات لضمان سلامة وأمان المصدر.

المصادر والمنظومات في الصنف الثاني تكون المعلومات المطبقة في مراجعة وتقييم التطبيقات أقل شدة مما في الصنف الأول، المصادر في الصنف الثاني قد تولد مخاطر إشعاعية تتطلب الرقابة وفحص السلطات الرقابية.

المصادر والمنظومات في الصنف الثالث تتطلب أقل جهدا من جانب السلطات الرقابية . وفي عدة حالات فإن السلامة والأمان خلال التشغيل لها علاقة ببناء الجهاز. أن المعلومات التفصيلية لاستخدام هذه المصادر غير مطلوب ولكن السلطات الرقابية يجب أن تكون مفتوحة الذهن للتصرف مع مصادر هذا الصنف في نهاية عمرها وذلك لفقدان السيطرة في هذه الحالة.

٢ - ٣ السيطرة على فئات المصادر المشعة.

يوفر التصنيف العام للمصادر المشعة مؤشر للأولويات التي تضعها السلطة الرقابية لوضع البنى التحتية للوائح الوقائية الإشعاعية. يتضمن مسؤولية السلطة الرقابية تطوير واستخدام برامج الوقاية والأمان الإشعاعي متكافئ مع طبيعة ومدى المخاطر الناجمة عن الممارسة الإشعاعية.

يتضمن برامج الوقاية والأمان منع سرقة ، تلف أو أي فعل للأفراد غير المخولين للإخلال بهذه البرامج.

يكون الفرد المسؤول عن المصادر المشعة مخولا أو مجازا من السلطات الرقابية.

تتضمن الممارسات الاشعاعية مايلي:

- (١) الضمان الأكيد لأمن المصادر المشعة هو تصميم المنشأة والأجهزة.
- (٢) سياقات عمل المنظومات الإشعاعية يمكن تنفيذه بسهولة.
- (٣) التدريب لضمان أمن المصادر.
- (٤) الاستفادة من الدروس المستنبطة من الحوادث التاريخية . وهذا متوفر للمجموعات في الفئة الثالثة.

وضعت الوكالة الدولية للطاقة الذرية عام ٢٠٠٤ في منشورها Safety Guide No.RS-G-1.9 تصنيفا مطورا للتصنيف السابق والذي يتضمن مدى واسع من المصادر المشعة وبنشاط إشعاعي مختلف ويحتوي على خمسة فئات بدلا من ثلاث كما في جدول (٣ - ٦). يبنى التصنيف الحديث على المخاطر الإشعاعية التي تتسبب في تأثيرات صحية قطعية (Deterministic). يعتمد النظام الحديث على مفهوم المصادر الخطرة والتي يعبر عنها بالمقدار (D) والذي يمثل النشاط الإشعاعي النوعي للمصدر في حالة عدم السيطرة عليه فأنه يؤدي إلى تأثيرات قطعية ناتجة عن التعرض الخارجي من المصدر غير المدرع، أو التعرض الداخلي نتيجة لتبعثر المواد المشعة للمصدر. النشاط الإشعاعي للمصادر المشعة يرمز بالرمز (A) ويتغير تغيرا كبيرا. لذلك يستخدم المقدار (D) لتسوية (Normalize) مدى النشاط الإشعاعي لغرض إعطاء قيم مرجعية للمقارنة بين الإضرار.

يستخدم المقدار A/D لاعطاء ترتيب أولي للمخاطر النسبية للمصادر المشعة. يتكون نظام التصنيف الحالي من خمسة فئات حيث تمثل الفئة (١) اشد المصادر خطورة لتسببها بإضرار صحية كبيرة للإنسان إذا لم يكن المصدر في حالة أمان. ثم تتدرج المخاطر بالنقصان حتى الفئة (٥) والتي تكون اقل المصادر خطورة ومع ذلك فان هذه المصادر يمكن ان تسبب جرعة إشعاعية إذا لم تتم السيطرة عليها. وقد توجد مصادر مشعة غير مشمولة بالجدول (٣ - ٦) لذلك تحسب من معرفة النشاط الإشعاعي (A) مقاسا (TBq) وقسمتها على المقدار (D) لذلك النظير والموضحة في الجدول (٣ - ٧) يقارن الناتج مع القيم الموجودة في الجدول (٣ - ٦). يوضح الجدول (٣ - ٧) امثلة على المصادر المستخدمة والمعروفة حتى عام ٢٠٠٤ ولكن هذا الجدول غير شامل بالرغم من احتوائه على معظم التطبيقات فقد توجد مصادر ذات نشاط إشعاعي اعلى او اوطئ من القيم المحددة في الجدول وقد يحصل تغير كبير في التطبيقات بمرور الزمن. العمود II يوضح النيوكليونات المشعة الشائعة الاستخدام اما الاعمدة III - V فيوضح المقدار الاعظم والاطئ

الجدول (٣ - ٦) يوضح الفئات الخمسة لتصنيف المصادر المشعة

الفئة	المصدر والممارسة	النسبة A/D
١	النظائر المشعة لمنظومات التشعيع مصادر العلاج البعيد. حزمة أشعة متعددة للعلاج البعيد (سكينه جاما (Gamma Knife)	$1000 \leq A/D$
٢	مصادر التصوير الصناعي مصادر العلاج البعيد ذات معدل الطاقة المتوسطة والواطنة	$1000 \geq A/D \geq 10$
٣	مقاييس نووية ثابتة تحتوي مصادر مشعة عالية النشاط الاشعاعي. اجهزة سبر الآبار	$10 \geq A/D \geq 1$
٤	اجهزة علاج قريب تؤثر بمعدل جرعة واطئ. مقاييس نووية ثابتة تحتوي مصادر مشعة واطنة النشاط الاشعاعي. مقياس كثافة العظام. مزيل الشحنات الساكنة.	$1 \geq A/D \geq 0.01$
٥	اجهزة فلورة الأشعة السينية (XRF) اجهزة قياس الأسر النيوتروني. مصادر طيف موسبار	$0.01 \geq A/D$

اما المقدار (D) موضح في العمود VI . اما نسبة النشاط الاشعاعي A/D موضحة في العمود VII والصنف (الفئة) في العمود VIII و IX . العمود VIII يوضح التصنيف الاولي الذي يعتمد على نسبة النشاط الإشعاعي A/D والعمود IX يوضح التصنيف الموصى به والذي يأخذ في الحساب عوامل اضافية لها علاقة بالمصدر . يمكن للسلطة الرقابية ان تغير التصنيف على اساس المعلومات الخاصة مثل طريقة تصميم المصدر ، الشكل الكيميائي والفيزيائي للمصدر المستخدم .

في بعض الحالات يكون من المناسب تصنيف المصدر على أساس قيمة A/D فقط عندما لا تكون ممارسة المصدر معلومة ومؤكدة كما يحصل في وقت الاستيراد والتصدير. ومع ذلك فعندما تكون ظروف عمل المصدر معلومة فان السلطة الرقابية قد تقرر تحويل التصنيف الأولي للمصدر باستخدام معلومات أخرى عن المصدر. وفي حالات أخرى يمكن تحديد التصنيف على أساس استخدام المصدر. في بعض الممارسات كما في الطب النووي تستخدم مصادر ذات عمر نصف قصير مثل $Tc-99m$ في التشخيص أو اليود -131 في العلاج، في هذه الحالة تطبق أساسيات التصنيف لتحديد الفئة. ولكن القرار يعتمد على اختيار النشاط الإشعاعي للمصدر وعلى هذا الأساس تحسب قيمة المقدار A/D .

في حالة وجود مجموعة من المصادر المتجمعة في مكان واحد كما في حالة التصنيع. تقوم السلطة الرقابية بجمع النشاط الإشعاعي لمجموعة المصادر لغرض تحديد فئة المصادر لإغراض تحتاجها السلطة الرقابية ويقسم مجموع النشاط الإشعاعي للمصادر على القيمة المناسبة للمقدار (D) ثم تحسب النسبة A/D وتقارن هذه النسبة مع النسب الموضحة في الجداول (٣ - ٧)

الجدول (٣ - ٧) تصنيف المصادر المشعة المستخدمة في بعض الممارسات

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in use (A)		D value (TBq)	Ratio of A/D	Category	
			G	TBq			A/D based	Recommended
RTGs								
			Category 1					
	Se-90	Max	6.8E+05	2.5E+04	1.0E+00	2.5E+04	1	
	Se-90	Min	9.0E+03	3.3E+02	1.0E+00	3.3E+02	2	1
	Se-90	Typ	2.0E+04	7.4E+02	1.0E+00	7.4E+02	2	
	Pu-238	Max	2.8E+02	1.0E+01	6.E-02	1.7E+02	2	
	Pu-238	Min	2.8E+01	1.0E+00	6.E-02	1.7E+01	2	1
	Pu-238	Typ	2.8E+02	1.0E+01	6.E-02	1.7E+02	2	
Irradiators used in sterilization and food preservation	Co-60	Max	1.5E+07	5.6E+05	3.E-02	1.9E+07	1	
	Co-60	Min	5.0E+03	1.9E+02	3.E-02	6.2E+03	1	1
	Co-60	Typ	4.0E+06	1.5E+05	3.E-02	4.9E+06	1	
	Cs-137	Max	5.0E+06	1.9E+05	1.E-01	1.9E+06	1	
	Cs-137	Min	5.0E+03	1.9E+02	1.E-01	1.9E+03	1	1
	Cs-137	Typ	3.0E+06	1.1E+05	1.E-01	1.1E+06	1	
Self-shielded irradiators	Cs-137	Max	4.2E+04	1.6E+03	1.E-01	1.6E+04	1	
	Cs-137	Min	2.5E+03	9.3E+01	1.E-01	9.3E+02	2	1
	Cs-137	Typ	1.5E+04	5.6E+02	1.E-01	5.6E+03	1	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in u.s. (A)		D values (TBq)	Ratio of A/D	Category	
			G	TBq			A/D based	Recommended
Bloodtissue irradiators	Co-60	Max	5.0E+04	1.9E+03	3.E-02	6.2E+04	1	
	Co-60	Min	1.5E+03	5.6E+01	3.E-02	1.9E+03	1	1
	Co-60	Typ	2.5E+04	9.3E+02	3.E-02	3.1E+04	1	
	Co-137	Max	1.2E+04	4.4E+02	1.E-01	4.4E+03	1	
	Co-137	Min	1.0E+03	3.7E+01	1.E-01	3.7E+02	2	1
	Co-137	Typ	7.0E+03	2.6E+02	1.E-01	2.6E+03	1	
	Co-60	Max	3.0E+03	1.1E+02	3.E-02	3.7E+03	1	
	Co-60	Min	1.5E+03	5.6E+01	3.E-02	1.9E+03	1	1
	Co-60	Typ	2.4E+03	8.9E+01	3.E-02	3.0E+03	1	
Multi-beam teletherapy (gamma knife) sources	Co-60	Max	1.0E+04	3.7E+02	3.E-02	1.2E+04	1	
	Co-60	Min	4.0E+03	1.5E+02	3.E-02	4.9E+03	1	1
	Co-60	Typ	7.0E+03	2.6E+02	3.E-02	8.6E+03	1	
Teletherapy sources	Co-60	Max	1.5E+04	5.6E+02	3.E-02	1.9E+04	1	
	Co-60	Min	1.0E+03	3.7E+01	3.E-02	1.2E+03	1	1
	Co-60	Typ	4.0E+03	1.5E+02	3.E-02	4.9E+03	1	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in use (A)		D value (TBq)	Ratio of A/D	Category	
			G	TBq			A/D based	Recommended
	Cs-137	Max	1.5E+03	5.6E+01	1.E-01	5.6E+02	2	
	Cs-137	Min	5.0E+02	1.9E+01	1.E-01	1.9E+02	2	1
	Cs-137	Typ	5.0E+02	1.9E+01	1.E-01	1.9E+02	2	
Category 2								
Industrial radiography sources	Co-60	Max	2.0E+02	7.4E+00	3.E-02	2.5E+02	2	
	Co-60	Min	1.E+01	4.E-01	3.E-02	1.4E+01	2	2
	Co-60	Typ	6.0E+01	2.2E+00	3.E-02	7.4E+01	2	
	Ir-192	Max	2.0E+02	7.4E+00	8.E-02	9.3E+01	2	
	Ir-192	Min	5.0E+00	1.9E-01	8.E-02	2.3E+00	3	2
	Ir-192	Typ	1.0E+02	3.7E+00	8.E-02	4.6E+01	2	
	Se-75	Max	8.0E+01	3.0E+00	2.E-01	1.5E+01	2	
	Se-75	Min	8.0E+01	3.0E+00	2.E-01	1.5E+01	2	2
	Se-75	Typ	8.0E+01	3.0E+00	2.E-01	1.5E+01	2	
	Yb-169	Max	1.0E+01	3.7E-01	3.E-01	1.2E+00	3	
	Yb-169	Min	2.5E+00	9.3E-02	3.E-01	3.1E-01	4	2
	Yb-169	Typ	5.0E+00	1.9E-01	3.E-01	6.2E-01	4	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in use (A)		D values (TBq)	Ratio of A/D	Category	
			Ci	TBq			A/D based	Recommended
Brachytherapy sources – high/medium dose rate	Tm-170	Max	2.0E+02	7.4E+00	2.E+01	3.7E-01	4	
	Tm-170	Min	2.0E+01	7.4E-01	2.E+01	3.7E-02	4	2
	Tm-170	Typ	1.5E+02	5.6E+00	2.E+01	2.8E-01	4	
	Co-60	Max	2.0E+01	7.4E-01	3.E-02	2.5E+01	2	
	Co-60	Min	5.0E+00	1.9E-01	3.E-02	6.2E+00	3	2
	Co-60	Typ	1.0E+01	3.7E-01	3.E-02	1.2E+01	2	
	Cs-137	Max	8.0E+00	3.0E-01	1.E-01	3.0E+00	3	
	Cs-137	Min	3.0E+00	1.1E-01	1.E-01	1.1E+00	3	2
	Cs-137	Typ	3.0E+00	1.1E-01	1.E-01	1.1E+00	3	
	Ir-192	Max	1.2E+01	4.4E-01	8.E-02	5.6E+00	3	
Calibration sources	Ir-192	Min	3.0E+00	1.1E-01	8.E-02	1.4E+00	3	2
	Ir-192	Typ	6.0E+00	2.2E-01	8.E-02	2.8E+00	3	
	Co-60	Max	3.3E+01	1.1E+00	3.E-02	4.1E+01	2	
	Co-60	Min	5.5E-01	2.0E-02	3.E-02	6.8E-01	4	a
	Co-60	Typ	2.0E+01	7.4E-01	3.E-02	2.5E+01	2	

تبع

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide	Quantity in uB (A)			D values (TBq)	Ratio of A/D		Category
		G	TBq			A/D based	Recommended	
Level gauges	Cs-137	Max	3.0E+03	1.1E+02	1E-01	1.1E+03	1	
	Cs-137	Min	1.5E+00	5.6E-02	1E-01	5.6E-01	4	a
	Cs-137	Typ	6.0E+01	2.2E+00	1E-01	2.2E+01	2	
	Category 3							
	Cs-137	Max	5.0E+00	1.9E-01	1E-01	1.9E+00	3	
	Cs-137	Min	1.0E+00	3.7E-02	1E-01	3.7E-01	4	3
	Cs-137	Typ	5.0E+00	1.9E-01	1E-01	1.9E+00	3	
	Co-60	Max	1.0E+01	3.7E-01	3E-02	1.2E+01	2	
	Co-60	Min	1.0E-01	3.7E-03	3E-02	1.2E-01	4	3
Calibration sources	Co-60	Typ	5.0E+00	1.9E-01	3E-02	6.2E+00	3	
	Am-241	Max	2.0E+01	7.4E-01	6E-02	1.2E+01	2	
	Am-241	Min	5.0E+00	1.9E-01	6E-02	3.1E+00	3	a
	Am-241	Typ	1.0E+01	3.7E-01	6E-02	6.2E+00	3	
Conveyor gauges	Cs-137	Max	4.0E+01	1.5E+00	1E-01	1.5E+01	2	
	Cs-137	Min	3.0E-03	1.1E-04	1E-01	1.1E-03	5	3
	Cs-137	Typ	3.0E+00	1.1E-01	1E-01	1.1E+00	3	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide	Quantity in μg (A)			D value (T Bq)	Ratio of A/D	Category	
		G		TBq			A/D based	Recommended
Blast furnace gauges	Cl-252	Max	3.7E-02	1.4E-03	2.E-02	6.8E-02	4	
	Cl-252	Min	3.7E-02	1.4E-03	2.E-02	6.8E-02	4	3
	Cl-252	Typ	3.7E-02	1.4E-03	2.E-02	6.8E-02	4	
	Co-60	Max	2.0E+00	7.4E-02	3.E-02	2.5E+00	3	
	Co-60	Min	1.0E+00	3.7E-02	3.E-02	1.2E+00	3	3
	Co-60	Typ	1.0E+00	3.7E-02	3.E-02	1.2E+00	3	
	Co-60	Max	2.6E+00	9.6E-02	3.E-02	3.2E+00	3	
	Co-60	Min	2.5E-01	9.3E-03	3.E-02	3.1E-01	4	3
	Co-60	Typ	7.5E-01	2.8E-02	3.E-02	9.3E-01	4	
Spinning pipe gauges	Ca-137	Max	1.0E+01	3.7E-01	1.E-01	3.7E+00	3	
	Ca-137	Min	2.0E-01	7.4E-03	1.E-01	7.4E-02	4	3
	Ca-137	Typ	2.0E+00	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4	
	Ca-137	Max	5.0E+00	1.9E-01	1.E-01	1.9E+00	3	
		Min	2.0E+00	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4	3
		Typ	2.0E+00	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in μC (A)		D value (TBq)	Ratio of A/D		Category
			CI	TBq		A/D based	Recommended	
Research reactor startup sources	Am-241/Be	Max	5.0E+00	1.9E-01	6.E-02	3.1E+00	3	
	Am-241/Be	Min	2.0E+00	7.4E-02	6.E-02	1.2E+00	3	3
	Am-241/Be	Typ	2.0E+00	7.4E-02	6.E-02	1.2E+00	3	
Well logging sources	Am-241/Be	Max	2.3E+01	8.5E-01	6.E-02	1.4E+01	2	
	Am-241/Be	Min	5.0E-01	1.9E-02	6.E-02	3.1E-01	4	3
	Am-241/Be	Typ	2.0E+01	7.4E-01	6.E-02	1.2E+01	2	
	Cs-137	Max	2.0E+00	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4	
	Cs-137	Min	1.0E+00	3.7E-02	1.E-01	3.7E-01	4	3
	Cs-137	Typ	2.0E+00	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4	
Pacemakers	Cf-252	Max	1.1E-01	4.1E-03	2.E-02	2.0E-01	4	
	Cf-252	Min	2.7E-02	1.0E-03	2.E-02	5.0E-02	4	3
	Cf-252	Typ	3.0E-02	1.1E-03	2.E-02	5.6E-02	4	
	Pu-238	Max	8.0E+00	3.0E-01	6.E-02	4.9E+00	3	
	Pu-238	Min	2.9E+00	1.1E-01	6.E-02	1.8E+00	3	b
	Pu-238	Typ	3.0E+00	1.1E-01	6.E-02	1.9E+00	3	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in $\mu\text{Sv (A)}$		D value (TBq)	Ratio of A/D	Category	
			G	TBq			A/D based	Recommended
Calibration sources	Pu-239/Be	Max	1.0E+01	3.7E-01	6E-02	6.2E+00	3	
	Pu-239/Be	Min	2.0E+00	7.4E-02	6E-02	1.2E+00	3	a
	Pu-239/Be	Typ	3.0E+00	1.1E-01	6E-02	1.9E+00	3	
Category 4								
Brachytherapy sources – low dose rate	Cs-137	Max	7.0E-01	2.6E-02	1E-01	2.6E-01	4	
	Cs-137	Min	1.0E-02	3.7E-04	1E-01	3.7E-03	5	4
	Cs-137	Typ	5.0E-01	1.9E-02	1E-01	1.9E-01	4	
	Ra-226	Max	5.0E-02	1.9E-03	4E-02	4.6E-02	4	
	Ra-226	Min	5.0E-03	1.9E-04	4E-02	4.6E-03	5	4
	Ra-226	Typ	1.5E-02	5.6E-04	4E-02	1.4E-02	4	
	I-125	Max	4.0E-02	1.5E-03	2E-01	7.4E-03	5	
	I-125	Min	4.0E-02	1.5E-03	2E-01	7.4E-03	5	4
	I-125	Typ	4.0E-02	1.5E-03	2E-01	7.4E-03	5	
Ir-192	Ir-192	Max	7.5E-01	2.8E-02	8E-02	3.5E-01	4	
	Ir-192	Min	2.0E-02	7.4E-04	8E-02	9.3E-03	5	4
	Ir-192	Typ	5.0E-01	1.9E-02	8E-02	2.3E-01	4	

٢٤

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in u.s. (A)		D value (TBq)	Ratio of A/D	Category	
			G	TBq			A/D based	Recommended
Thickness gauges	Au-198	Max	8.0E-02	3.0E-03	2.E-01	1.5E-02	4	
	Au-198	Min	8.0E-02	3.0E-03	2.E-01	1.5E-02	4	4
	Au-198	Typ	8.0E-02	3.0E-03	2.E-01	1.5E-02	4	
	Cf-252	Max	8.3E-02	3.1E-03	2.E-02	1.5E-01	4	
	Cf-252	Min	8.3E-02	3.1E-03	2.E-02	1.5E-01	4	4
	Cf-252	Typ	8.3E-02	3.1E-03	2.E-02	1.5E-01	4	
	Kr-85	Max	1.0E+00	3.7E-02	3.E+01	1.2E-03	5	
	Kr-85	Min	5.0E-02	1.9E-03	3.E+01	6.2E-05	5	4
	Kr-85	Typ	1.0E+00	3.7E-02	3.E+01	1.2E-03	5	
	Sr-90	Max	2.0E-01	7.4E-03	1.E+00	7.4E-03	5	
	Sr-90	Min	1.0E-02	3.7E-04	1.E+00	3.7E-04	5	4
	Sr-90	Typ	1.0E-01	3.7E-03	1.E+00	3.7E-03	5	
	Am-241	Max	6.0E-01	2.2E-02	6.E-02	3.7E-01	4	
	Am-241	Min	3.0E-01	1.1E-02	6.E-02	1.9E-01	4	4
	Am-241	Typ	6.0E-01	2.2E-02	6.E-02	3.7E-01	4	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in use (A)		D values (TBq)	Ratio of A/D	Category	
			G	TBq			A/D based	Recommended
Pill level gauges	Pm-147	Max	5.0E-02	1.9E-03	4.E+01	4.6E-05	5	
	Pm-147	Min	2.0E-03	7.4E-05	4.E+01	1.9E-06	5	4
	Pm-147	Typ	5.0E-02	1.9E-03	4.E+01	4.6E-05	5	
	Cm-244	Max	1.0E+00	3.7E-02	5.E-02	7.4E-01	4	
	Cm-244	Min	2.0E-01	7.4E-03	5.E-02	1.5E-01	4	4
	Cm-244	Typ	4.0E-01	1.5E-02	5.E-02	3.0E-01	4	
	Am-241	Max	1.2E-01	4.4E-03	6.E-02	7.4E-02	4	
	Am-241	Min	1.2E-02	4.4E-04	6.E-02	7.4E-03	5	4
	Am-241	Typ	6.0E-02	2.2E-03	6.E-02	3.7E-02	4	
	Ce-137	Max	6.5E-02	2.4E-03	1.E-01	2.4E-02	4	
	Ce-137	Min	5.0E-02	1.9E-03	1.E-01	1.9E-02	4	4
	Ce-137	Typ	6.0E-02	2.2E-03	1.E-01	2.2E-02	4	
	Co-60	Max	5.0E-01	1.9E-02	3.E-02	6.2E-01	4	
	Co-60	Min	5.0E-03	1.9E-04	3.E-02	6.2E-03	5	4
	Co-60	Typ	2.4E-02	8.7E-04	3.E-02	2.9E-02	4	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in use (A)		D value (TBq)	Ratio of A/D	Category	
			G	TBq			A/D based	Recommended
Calibration sources	Sr-90	Max	2.0E+00	7.4E-02	1.E+00	7.4E-02	4	
	Sr-90	Min	2.0E+00	7.4E-02	1.E+00	7.4E-02	4	"
	Sr-90	Typ	2.0E+00	7.4E-02	1.E+00	7.4E-02	4	
Moisture detectors	Am-241/Be	Max	1.0E-01	3.7E-03	6.E-02	6.2E-02	4	
	Am-241/Be	Min	5.0E-02	1.9E-03	6.E-02	3.1E-02	4	4
	Am-241/Be	Typ	5.0E-02	1.9E-03	6.E-02	3.1E-02	4	
Density gauges	Cs-137	Max	1.0E-02	3.7E-04	1.E-01	3.7E-03	5	
	Cs-137	Min	8.0E-03	3.0E-04	1.E-01	3.0E-03	5	4
	Cs-137	Typ	1.0E-02	3.7E-04	1.E-01	3.7E-03	5	
Moisture/ density gauges	Am-241/Be	Max	1.0E-01	3.7E-03	6.E-02	6.2E-02	4	
	Am-241/Be	Min	8.0E-03	3.0E-04	6.E-02	4.9E-03	5	4
	Am-241/Be	Typ	5.0E-02	1.9E-03	6.E-02	3.1E-02	4	
	Cs-137	Max	1.1E-02	4.1E-04	1.E-01	4.1E-03	5	
	Cs-137	Min	1.0E-03	3.7E-05	1.E-01	3.0E-04	5	4
	Cs-137	Typ	1.0E-02	3.7E-04	1.E-01	3.7E-03	5	

I	II	III	IV	V		VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in use (A)		D values (TBq)	Ratio of A/D	Category		
			Ci	TBq			A/D based	Recommended	
Bone densitometry sources	Ra-226	Max	4.0E-03	1.5E-04	4.E-02	3.7E-03	5		
	Ra-226	Min	2.0E-03	7.4E-05	4.E-02	1.9E-03	5	4	
	Ra-226	Typ	2.0E-03	7.4E-05	4.E-02	1.9E-03	5		
	Cf-252	Max	7.0E-05	2.6E-06	2.E-02	1.3E-04	5		
	Cf-252	Min	3.0E-05	1.1E-06	2.E-02	5.6E-05	5	4	
	Cf-252	Typ	6.0E-05	2.2E-06	2.E-02	1.1E-04	5		
	Cd-109	Max	2.0E-02	7.4E-04	2.E+01	3.7E-05	5		
	Cd-109	Min	2.0E-02	7.4E-04	2.E+01	3.7E-05	5	4	
	Cd-109	Typ	2.0E-02	7.4E-04	2.E+01	3.7E-05	5		
	Gd-153	Max	1.5E+00	5.6E-02	1.E+00	5.6E-02	4		
	Gd-153	Min	2.0E-02	7.4E-04	1.E+00	7.4E-04	5	4	
	Gd-153	Typ	1.0E+00	3.7E-02	1.E+00	3.7E-02	4		
	I-125	Max	8.0E-01	3.0E-02	2.E-01	1.5E-01	4		
	I-125	Min	4.0E-02	1.5E-03	2.E-01	7.4E-03	5	4	
	I-125	Typ	5.0E-01	1.9E-02	2.E-01	9.3E-02	4		
	Am-241	Max	2.7E-01	1.0E-02	6.E-02	1.7E-01	4		
	Am-241	Min	2.7E-02	1.0E-03	6.E-02	1.7E-02	4	4	
	Am-241	Typ	1.4E-01	5.0E-03	6.E-02	8.3E-02	4		

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in use (A)		D value (TBq)	Ratio of A/D	Category	
			Ci	TBq			A/D based	Recommended
Static eliminators	Am-241	Max	1.1E-01	4.1E-03	6.E-02	6.8E-02	4	
	Am-241	Min	3.0E-02	1.1E-03	6.E-02	1.9E-02	4	4
	Am-241	Typ	3.0E-02	1.1E-03	6.E-02	1.9E-02	4	
	Po-210	Max	1.1E-01	4.1E-03	6.E-02	6.8E-02	4	
	Po-210	Min	3.0E-02	1.1E-03	6.E-02	1.9E-02	4	4
	Po-210	Typ	3.0E-02	1.1E-03	6.E-02	1.9E-02	4	
Diagnostic isotope generators	Mo-99	Max	1.0E+01	3.7E-01	3.E-01	1.2E+00	3	
	Mo-99	Min	1.0E+00	3.7E-02	3.E-01	1.2E-01	4	4
	Mo-99	Typ	1.0E+00	3.7E-02	3.E-01	1.2E-01	4	
Medical/unsealed sources	I-131	Max	2.0E-01	7.4E-03	2.E-01	3.7E-02	4	
	I-131	Min	1.0E-01	3.7E-03	2.E-01	1.9E-02	4	c
	I-131	Typ	1.0E-01	3.7E-03	2.E-01	1.9E-02	4	
Category 5								
XRF analyser sources	Fe-55	Max	1.4E-01	5.0E-03	8.E+02	6.2E-06	5	
	Fe-55	Min	3.0E-03	1.1E-04	8.E+02	1.4E-07	5	5
	Fe-55	Typ	2.0E-02	7.4E-04	8.E+02	9.3E-07	5	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in use (A)		D value (TBq)	Ratio of A/D	Category	
			G	TBq			A/D based	Recommended
Electron capture detector sources	Cd-109	Max	1.5E-01	5.6E-03	2.E+01	2.8E-04	\$	
	Cd-109	Min	3.0E-02	1.1E-03	2.E+01	5.6E-05	\$	\$
	Cd-109	Typ	3.0E-02	1.1E-03	2.E+01	5.6E-05	\$	
	Co-57	Max	4.0E-02	1.5E-03	7.E-01	2.1E-03	\$	
	Co-57	Min	1.5E-02	5.6E-04	7.E-01	7.9E-04	\$	\$
	Co-57	Typ	2.5E-02	9.3E-04	7.E-01	1.3E-03	\$	
	Ni-63	Max	2.0E-02	7.4E-04	6.E+01	1.2E-05	\$	
	Ni-63	Min	5.0E-03	1.9E-04	6.E+01	3.1E-06	\$	\$
	Ni-63	Typ	1.0E-02	3.7E-04	6.E+01	6.2E-06	\$	
Lightning prevention	H-3	Max	3.0E-01	1.1E-02	2.E+03	5.6E-06	\$	
	H-3	Min	5.0E-02	1.9E-03	2.E+03	9.3E-07	\$	\$
	H-3	Typ	2.5E-01	9.3E-03	2.E+03	4.6E-06	\$	
Lighting prevention	Am-241	Max	1.3E-02	4.8E-04	6.E-02	8.0E-03	\$	
	Am-241	Min	1.3E-03	4.8E-05	6.E-02	8.0E-04	\$	\$
	Am-241	Typ	1.3E-03	4.8E-05	6.E-02	8.0E-04	\$	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in use (A)		D value (TBq)	Ratio of A/D	Category	
			Ci	TBq			A/D based	Recommended
Brachytherapy sources: low dose rate eye plaques and permanent implants	Ra-226	Max	8.0E-05	3.0E-06	4.E-02	7.4E-05	\$	
	Ra-226	Min	7.0E-06	2.6E-07	4.E-02	6.5E-06	\$	\$
	Ra-226	Typ	3.0E-05	1.1E-06	4.E-02	2.8E-05	\$	
	H-3	Max	2.0E-01	7.4E-03	2.E+03	3.7E-06	\$	
	H-3	Min	2.0E-01	7.4E-03	2.E+03	3.7E-06	\$	\$
	H-3	Typ	2.0E-01	7.4E-03	2.E+03	3.7E-06	\$	
	Sr-90	Max	4.0E-02	1.5E-03	1.E+00	1.5E-03	\$	
	Sr-90	Min	2.0E-02	7.4E-04	1.E+00	7.4E-04	\$	\$
	Sr-90	Typ	2.5E-02	9.3E-04	1.E+00	9.3E-04	\$	
	Ru/Rh-106	Max	6.0E-04	2.2E-05	3.E-01	7.4E-05	\$	
	Ru/Rh-106	Min	2.2E-04	8.1E-06	3.E-01	2.7E-05	\$	\$
	Ru/Rh-106	Typ	6.0E-04	2.2E-05	3.E-01	7.4E-05	\$	
	Pd-103	Max	3.0E-02	1.1E-03	9.E+01	1.2E-05	\$	
	Pd-103	Min	3.0E-02	1.1E-03	9.E+01	1.2E-05	\$	\$
	Pd-103	Typ	3.0E-02	1.1E-03	9.E+01	1.2E-05	\$	

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in use (A)		D value (TBq)	Ratio of A/D	Category	
			G	TBq			A/D based	Recommended
PET check sources	Ge-68	Max	1.0E-02	3.7E-04	7E-01	5.3E-04	5	
	Ge-68	Min	1.0E-03	3.7E-05	7E-01	5.3E-05	5	5
	Ge-68	Typ	3.0E-03	1.1E-04	7E-01	1.6E-04	5	
Monobauer spectrometry sources	Co-57	Max	1.0E-01	3.7E-03	7E-01	5.3E-03	5	5
	Co-57	Min	5.0E-03	1.9E-04	7E-01	2.6E-04	5	5
	Co-57	Typ	5.0E-02	1.9E-03	7E-01	2.6E-03	5	5
Tritium targets	H-3	Max	3.0E+01	1.1E+00	2E+03	5.6E-04	5	
	H-3	Min	3.0E+00	1.1E-01	2E+03	5.6E-05	5	5
	H-3	Typ	7.0E+00	2.6E-01	2E+03	1.3E-04	5	
Medical unsealed sources	P-32	Max	6.0E-01	2.3E-02	1E+01	2.2E-03	5	
	P-32	Min	6.0E-02	2.3E-03	1E+01	2.2E-04	5	5
	P-32	Typ	6.0E-01	2.3E-02	1E+01	2.2E-03	5	

a-تستخدم مصادر عيارية في جميع الاصناف عدا الصنف الاول .

B - المصدر ^{239}Pu لم يعد يستخدم في اجهزة تنظيم ضربات القلب

C -المصادر الطبية المفتوحة تقع في الصنف الرابع والخامس .طبيعة هذه المصادر وفصر نصف عمرها يتطلب تصنف كل حالة بحالتها.

إذا كانت المصادر متكونة من نويدات مشعة مختلفة متجمعة في مصدر واحد فإن النسبة الكلية للمقدار A/D والتي تستخدم لتحديد الفئة وتحسب من المعادلة التالية:

$$A/D = \sum (\sum A_{i,n} / D_n) \text{ النسبة الكلية للمقدار } A/D$$

حيث ان:

$A_{i,n}$ النشاط الإشعاعي لكل مصدر منفرد (i) لنوية مشعة نوع (n)

D_n قيمة للنويدات (n)

وفي كل حالة لابد من معرفة العوامل الأخرى التي يمكن أخذها بنظر الاعتبار عند تصنيف المصادر فإن تجميع المصادر خلال التصنيع أو خلال الاستخدام تتطلب تطبيقات أمان إشعاعي مختلفة.

الجدول (٣-٦) يوضح الفئات الخمسة. تستخدم السلطات الرقابية النظام الحديث للتصنيف لاستخدام المصادر المشعة للأغراض التالية:

١ - المتطلبات القانونية:

تتضمن المتطلبات القانونية الإعلان عن امتلاك المصدر، التسجيل، الترخيص والتفتيش. كذلك يساعد التصنيف في تهيئة المستلزمات المادية والبشرية للوقاية من الإشعاع.

٢ - قاعدة معلومات وطنية للمصادر المشعة المستخدمة.

٣ - توفير نظام امثل للسيطرة على تصدير واستيراد المواد المشعة.

٤ - السيطرة على المصادر اليتيمة وإعطاء القرار ذات العلاقة بالجهود الأزمة لغرض استعادة السيطرة على هذه المصادر.

٥ - التأكد من ان التحضير لخطة الطوارئ الإشعاعية والاستجابة للحوادث متفق مع المخاطر للمصدر المشع.

٦ - تزويد الجمهور بأسس المخاطر النسبية الناتجة عن المصادر المشعة .

يعتمد تحقيق الأمان والسلامة لأي ممارسة على عوامل كثيرة أهمها التجهيزات المستخدمة، وإجراءات التشغيل، وكفاءة العاملين كما في الجدول (٣-٨). فمثلا في حالة المقاييس النووية يعتمد الأمان بشكل كبير على تصميم الجهاز ولا يتطلب إجراءات تشغيل كبيرة ولا يحتاج العامل إلى تدريب عالي. عكس التصوير الصناعي الإشعاعي الذي يحتاج إلى إجراءات دقيقة وتدريب عالي.

٣-٤ المصادر الإشعاعية:

تستخدم المصادر المشعة في تطبيقات كثيرة في العالم للأغراض السلمية فهي تستخدم في الطب والصناعة والبحوث وكذلك في بعض التطبيقات العسكرية .

جدول ٣ - ٨ الأهمية النسبية لعناصر الأمان المختلفة لبعض الممارسات الإشعاعية

الممارسة	الأهمية النسبية للامان		
	التجهيزات	الاجراء	التدريب
استخدام المصادر المشعة المفتوحة في التشخيص والعلاج	متوسطة	عالية	متوسط
المعالجة عن بعد	عالية	عالية	متوسط
المعالجة عن قرب	متوسطة	عالية	متوسط
مقاييس ثابتة	عالية	منخفضة	منخفض
مقاييس متحركة	عالية	متوسطة	منخفض
تصوير صناعي متنقل	متوسطة	عالية جدا	متوسط
تصوير صناعي ثابت	عالية	عالية	متوسط
سبر الآبار	متوسطة	عالية	متوسطة
النقانة الاقتصادية بمصادر مفتوحة	متوسطة	منخفضة	عالية جدا
تحليل العناصر باستخدام مصادر مشعة	عالية	منخفضة	منخفض
صيانة الأجهزة	عالية	عالية	متوسط

ومعظم هذه التطبيقات تستخدم المصادر المشعة المغلقة والتي تكون محفوظة داخل كبسولة مناسبة للسيطرة على الإشعاع. يتطلب برنامج توكيد الجودة السيطرة على عمليات الإنتاج الصناعية وخاصة صناعة النفط والغاز والأسمدة للأجهزة والمعدات التي تحتوي على مصدر أو أكثر من المصادر المشعة المغلقة او المفتوحة .

المصادر المغلقة تحفظ داخل غلاف محكم الإغلاق مثل المقاييس النووية والتي تعتبر من أهم الأجهزة المستخدمة في الفحوصات ألا اتلافية والتي تستخدم في التطبيقات الصناعية لغرض مراقبة العمليات الصناعية والسيطرة عليها و للحصول على منتج ذي نوعية جيدة لتحقيق توكيد الجودة الصناعية.تعتمد هذه المقاييس على عوامل كثيرة أهمها نوع المصدر المشع،نشاطه الاشعاعي،نوع الكاشف المستخدم،كفايته والمتحسس المتصل مع المنظومة لنقل الإشارة إلى غرفة السيطرة أو إلى منابوب للتحكم الكهربائي. في معظم هذه القياسات لا يوجد تماس بين المادة والإشعاع وتعتمد دقة القياس على نوع المصدر ، عمر النصف،كلفة المقياس،طاقة الإشعاع،المنظومة الالكترونية. من ميزات هذه المقاييس استخدامها لمراقبة عملية الإنتاج السريعة جدا وذات درجات الحرارة العالية أو الخواص الكيماوية السامة.

والمصادر المستخدمة في المقاييس النووية قد تبعث أشعة جاما ،جسيمات بيتا ،والنيوترونات أما
اكواشف المستخدمة فهي حجرة التأين،العدادات التناسبية، عدادات كايكر والعدادات الومضية .
ومن أهم المصادر الشائعة الاستخدام في التطبيقات النووية هي :

١- الايريديوم (^{192}Ir)

تتولد هذه المصادر عند تشعيع معدن الايريديوم المستقر بواسطة نيوترونات حرارية من المفاعلات
او المعجلات وعادة ما ينتج بشكل أقراص معدنية في داخل كبسولات . ويبلغ عمر النصف لهذا
المصدر ٧٤ يوما ويتحلل ببعث أشعة جاما ذات الطاقة ٣١٧eV و يبعث جسيمات بيتا بنسبة ١٣%
بطاقة 0.67 MeV والأسر النيوتروني بنسبة ١٣% . وبقية الطاقة تبعث بشكل أشعة جاما بطاقتين
مقدار الأولى 0.32 MeV والأخرى 0.47 MeV لكي يتحول إلى البلاتين المستقر والاوسميوم
الايريديوم من المعادن الثمينة والتي لاتتأكسد في الهواء ولا تتحلل في الماء فيفضل استخدامها في
الوقت الحاضر في تصنيع المصادر المشعة المغلقة.

٢- الامريشيوم- (^{241}Am)

تم اكتشاف الامريشيوم عام ١٩٤٤ من قبل الباحث الأمريكي (Glenn Seaborg) ومساعديه في
جامعة شيكاغو. وهو عنصر مشع صناعي يتولد عندما تمتص ذرات البلوتونيوم النيوترونات داخل
المفاعل النووي اوخلال التفجيرات النووية . وهو معدن ابيض فضي اللون بشكل بلوري ويكون
صلب في الظروف الاعتيادية .يستخدم Am-241 في كواشف الدخان أو يستخدم مع البريليوم
كمصدر نيوتروني . وهو احد عناصر سلسلة تحلل اليورانيوم - ٢٣٨ ونحصل عليه نتيجة لقفذه
بالنيوترونات السريعة . عمره النصف له يساوي ٤٣٣ سنة وينحل باعثة جسيمات ألفا ذات الطاقة
5.86 MeV ويتحول إلى نظير النبتونيوم ($\text{Np}-237$) وهو عنصر مشع ايضا ينحل إلى البزموت
المستقر ٢٠٩ الذي ينحل بنصف عمر طويل جدا يصل الى مليوني سنة و يبعث أشعة جاما ذات
الطاقة الواطنة ٦٠٠ keV ، لذلك يستخدم Am-241 أحيانا لقياس سمك الشرائح الفولاذية الرقيقة
.يستخدم هذا المصدر في تصنيع المصادر النيوترونية عن طريق مزج مسحوق ناعم من اوكسيد
الامريشيوم المشع بمسحوق البريليوم المستقر فان جسيمات ألفا المنبعثة من مسحوق الامريشيوم
تقصف عنصر البريليوم فيتحول الى ليثيوم ونيوترونات سريعة .أما إذا كان الغرض من استخدام
الامريشيوم كمصدر باعثة لأشعة جاما بطاقة قليلة فانه يوضع داخل كبسولة من الفولاذ يغلق احد
إطرافها والآخر يحتوي على ثقب يغلق بمغلاق متحرك . لا يوجد المعدن حرا في الطبيعة وإنما
بشكل مركبات ويسبب ابتلاعه أو استنشاقه مخاطر إشعاعية لذلك يجب عدم التماس معه أو إزالة
من كواشف الدخان،وفي التطبيقات الصناعية يجب الحفاظ علية من فقدان والسرقة.

٣- السترونتيوم ^{90}Sr

نحصل عليه أثناء معالجة الوقود النووي المحترق ويكون بشكل اكاسيد السترونتيوم يستخدم في التطبيقات الصناعية لقياس سمك المواد الرقيقة لان هذا النظير باعث لجسيمات بيتا بنصف عمر مقداره ٢٩ سنة لكي يتحول إلي الايتيريوم ٩٠ والذي بدوره يتحلل بنصف عمر ٦٢ ساعة وتطلق منه طاقة عالية ولذلك فانه يحتاج إلى تدريع كبير . والعضو الحرج للسترونتيوم هو العظام.

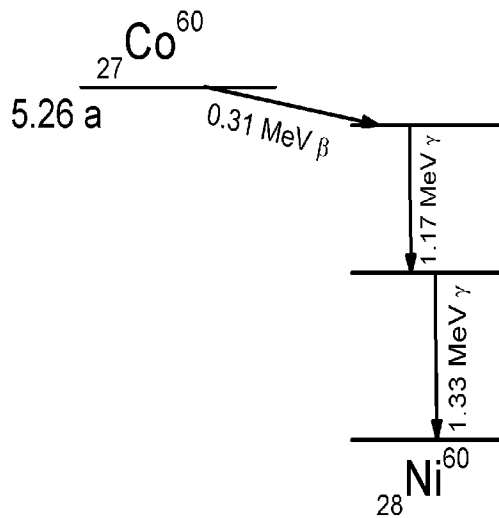
٤- الكوبلت ^{60}Co :

يتكون هذا المصدر المشع الصناعي بقصف الكوبلت الطبيعي (٥٩) بالنيوترونات الحرارية لمدة كافية



ينحل مصدر الكوبلت المشع ببعث أشعة جاما ذات الطاقة 2.5 Mev والتي تكون على مرحلتين حزمة من الطاقة مقدارها ١٣٣٠ keV وأخرى مقدارها ١١٧٠ keV لكي تتحول الى النيكل المستقر بعد نصف عمر مقداره ٥.٢ سنة شكل (١). ويصنع مصدر الكوبلت المشع بشكل أقراص رقيقة واسطوانية الشكل ونظرا لان الكوبلت يتأكسد في بعض الأحيان مولدا اوكسيد الكوبلت الذي يؤدي الى انتشار التلوث الاشعاعي لذلك وعند تصنيع الكوبلت المشع فان الكوبلت الطبيعي يغلف بحديد مقاوم للصدأ لكي يمنع انتشار التلوث الاشعاعي بعد التصنيع. أن العضو الحرج) النسيج الذي يتجمع فيه النضير المشع (للكوبالت -٦٠ هو الكبد.

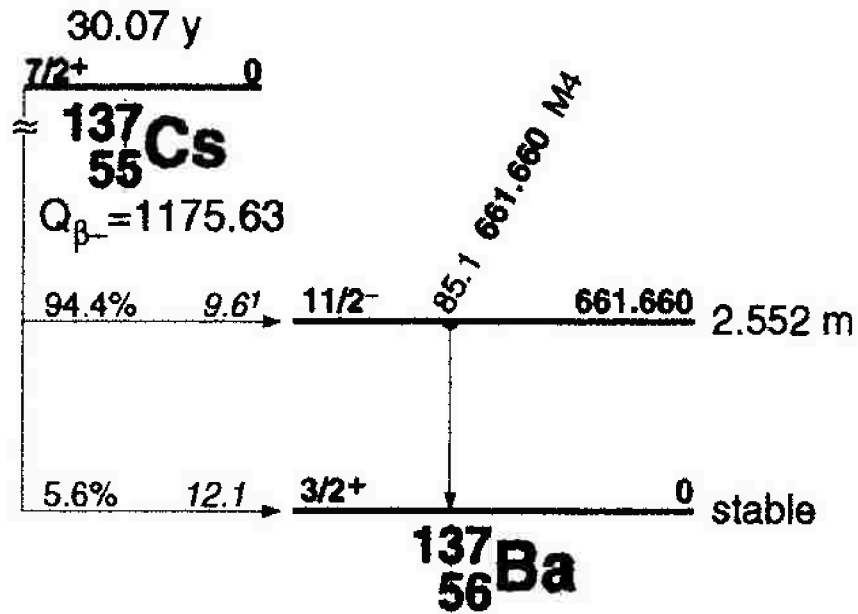
شكل (٣ - ١) مخطط الانحلال للكوبلت



٥ - السيزيوم - ^{137}Cs

يتم الحصول على السيزيوم من الوقود النووي للمفاعلات النووية فبعد احتراق الوقود النووي هو اليورانيوم ٢٣٥ نتيجة لعملية الانشطار فان الوقود الناتج عن عملية الانشطار يحتوي على السيزيوم -١٣٧. السيزيوم المشع باعث لأشعة جاما بطاقة مقدارها ٦٦٠ keV وعمر نصف مقداره ٣٠ سنة ليتحول إلى عنصر الباريوم المستقر (Ba-137) شكل ٢-٣. ولأن السيزيوم مصدر قلوي شديد التفاعل لذلك يغلف المصدر المشع بمادة سيراميكية. العضو الحرج لهذا المصدر المشع هو العضلات

شكل ٢-٣ مخطط الانحلال للسيزيم - ١٣٧



ومن أهم التطبيقات للمصادر المشعة المغلقة:

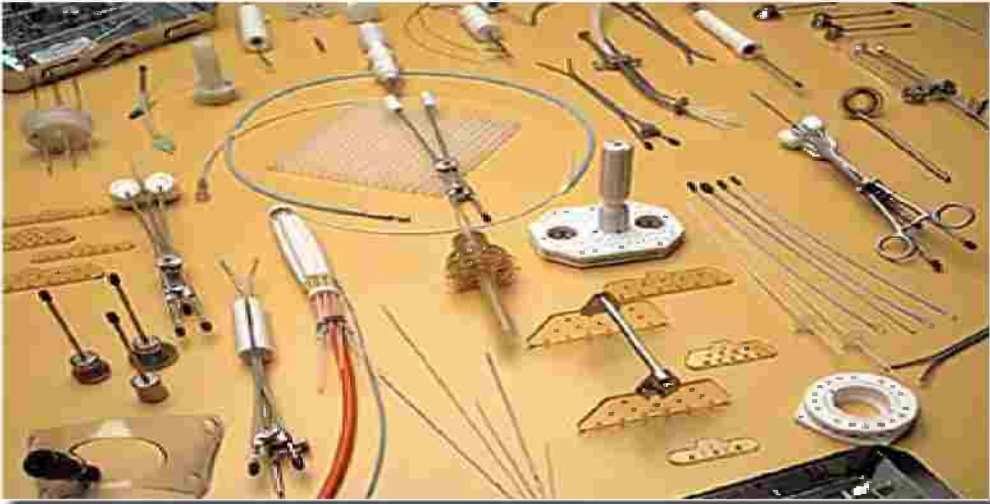
وحدات العلاج البعيدة (teletherapy) :

هذه المصادر متوفرة في معظم مستشفيات الطب النووي. تكون أبعاد هذه المصادر صغيرة نسبياً وبشكل أسطوانة قطرها بضع سنتيمترات وطولها عدة سنتيمترات . توضع المصادر داخل درع رصاصي كبير وذلك لكبر نشاطها الإشعاعي وتستخدم للعلاج من امراض السرطان. أما منظومات التشعيع فإنها تحتوي على مصادر نشاطها الإشعاعي كبير. وتكون المصادر المشعة متغيرة الحجم فبعضها يكون كبيراً وبعضها يكون بحجم القلم وبأعداد كثيرة . وهذه المنظومات مدرعة بشكل محكم بدروع سميكة ومغلقة ويمكن التشعيع عن بعد. منظومات التصوير الصناعي الإشعاعي تكون مصادرها المشعة صغيرة قطرها أقل من واحد سم وطولها بضع سنتيمترات ولكنها توضع في حاوية رصاصية ثقيلة ، هذه المصادر تتصل بواسطة كابل لغرض التعامل معها عن بعد. لكن أصغر هذه المصادر بجعلها عرض للفقدان أو السرقة.

وحدات العلاج القريبة Brach therapy :

تستخدم هذه الوحدات نوعين من المصادر أحدهما يؤثر بمعدل جرعة واطئة (LDR) شكل (٣-٣)

شكل (٣ - ٢) المصادر العلاجية التي تؤثر بمعدل جرعة واطئة (LDR)



هذه

المصادر صغيرة الحجم ولذلك فاحتمال فقدانها كبيراً جداً وتكون هذه المصادر بشكل أسلاك طويلة (قسطرة) متصلة بجهاز يمكن أن تتحكم بالمصدر عن بعد ، هذه الأجهزة قد تكون ثقيلة وذلك لوجود الدرع الواقي للمصدر. وقد تحفز وحدات العلاج القريب في دواليب خاصة لغرض نقلها داخل غرف المعالجة.

شكل (٣-٤) مصادر علاجية تؤثر بمعدل جرعة عالي (HDR)



مقاييس سبر الآبار

مصادر المشعة تكون صغيرة ولكنها توضع داخل أنابيب طويلة طولها بضع أمتار وتحتوي الأنابيب على الكاشف والمنظومات الالكترونية . تكون أجهزة سبر الآبار قوية وصلبة جداً وذلك للحفاظ على المصدر والكاشف أثناء التنقيب عن النفط والغاز أو الفحم.

المقاييس الصناعية النووية

تكون ذات أشكال وأحجام مختلفة وتكون ثابتة أو متحركة ، هذه المقاييس تستخدم للسيطرة على العمليات الصناعية أو لغرض ضبط الجودة كقياس التدفق ، الحجم ، الكثافة ، السمك والارتفاع . حجم المصدر يعتمد على نوع التطبيق فبعض المصادر يكون نشاطها الإشعاعي قليل والبعض الآخر عالي يصل إلى (1TBq) هذه الأجهزة لا تكون ثقيلة جداً وتوضع بعيداً عن الكاشف . من أنواع المقاييس النووية مقياس الرطوبة والكثافة وتكون هذه الأجهزة صغيرة ومتنقلة وتحتوي على المصدر والكاشف والمنظومات الالكترونية مع بعضها، و تكون المصادر المشعة صغيرة، طولها عدة سنتيمترات وقطرها بضع سنتيمترات وتوضع داخل المنظومة أو في نهاية قضيب يحمل الأجهزة.

٣ - ٥ تصنيع المصادر المشعة.

تصنع المصادر الإشعاعية المغلقة بتصاميم وأنواع مختلفة ويعتمد نشاطها الإشعاعي حسب طبيعة وعمل المصدر ومن أهم المصادر:

١ - المصادر الباعثة لجسيمات بيتا :

أهم هذه المصادر مصدر الأمريشيوم -٢٤١ والبولونيوم -٢١٠ والتي تستخدم لقياس سمك الأغشية الرقيقة جداً. نتيجة للامتصاص الحاصل في ذلك الغشاء .يتم تصنيع المصادر المشعة الباعثة لجسيمات ألفا بطرائق عدة أهمها :

أ- **الترسيب:** يتم ترسيب المصدر المشع كهربائياً على رقائق معدنية ثم طلائه بطبقة رقيقة جداً من مادة لحفظ المصدر من التلوث.

ب- **الطلاء الكهربائي :** توضع في أحد أقطاب خلية كهربائية شريحة رقيقة من معدن النيكل أو الحديد المقاوم للصدأ وفي الطرف الآخر النظير المشع الباعث لجسيمات ألفا (Ni-٦٣ أو الكربون -٤) وعند مرور تيار مستمر داخل الخلية يترسب النظير المشع على القاعدة المعدنية (النيكل) بشكل طبقة رقيقة جداً سمكها ٠.٢ - ٠.٤ مايكرو متر . ثم ترسب طبقة رقيقة من النيكل المستقر لتغطية النظير المشع. و للتأكد من عدم تلوث السطح الخارجي للمصدر نأخذ مسحة من المصدر المشع ويقاس نشاطها الإشعاعي بأحد الأجهزة الإشعاعية.

ت- **المصادر السيراميكية :** يتم ذلك بأخذ المادة المشعة أو أحد أملاحها وتصهر مع فلزات الزجاج الخاصة أو السيراميك وتوضع داخل كبسولة معدنية تصهر المادة داخلها وتغلق الكبسولة وتلحم من الطرفين ومن أهم هذه المصادر السترونتيوم-٩٠ .

ث- **امتصاص المصدر المشع :** ويتم ذلك بترسيب طبقة رقيقة جداً من النبتونيوم أو الأربييوم المشع على قاعدة معدنية للنحاس ثم يوضع المصدر المشع (التريتيوم) على الراسب وعند رفع درجة الحرارة يمرر التريتيوم H^3 على القاعد المعدنية فيمتص التريتيوم مع ارتفاع درجة الحرارة ويعتبر المصدر من المصادر المفتوحة .

ج - **المساحيق المشعة:** وفي هذه الطريقة يحضر الكربون المشع الذي يستخدم في تطبيقات كثيرة جداً حيث يرسب الكربون -١٤ (النافذ من مسحوق مشع للملح $BaCO_4$) على طبقة رقيقة جداً من الألمنيوم وإغلاق المادة المشعة بنافذة رقيقة أخرى من الألمنيوم (٥ مايكرو متر) ثم تغطي الطبقتين بالهيبوكسي وبعد ذلك توضع الرقيقتان في كبسولة من الألمنيوم.

٢-المصادر الباعثة لجسيمات ألفا (α)

يتم تصنيع المصادر المشعة المغلقة الباعثة لجسيمات الفا عن طريق وضع النظير المشع على رقائق معدنية ملبدة بدرجة حرارة عالية جدا تصل الى ٨٠٠ درجة سليزية ومن اهم هذه المصادر الامريشيوم ٢٤١- والبولونيوم ٢١٠- وتستخدم هذه المصادر في كواشف الدخان او معادلة الشحنات الكهربائية الساكنة.

٣- مصادر أشعة جاما والأشعة السينية:

حيث تستخدم هذه المصادر المشعة في قياس الارتفاع والكثافة لبعض المواد. من اهم هذه المصادر ^{137}Cs , ^{60}Co وهي مصادر باعثة لأشعة جاما. او المصادر الباعثة للأشعة السينية مثل ^{109}Cd و ^{55}Fe والتي تستخدم لقياس تراكيز العناصر الأساسية او النزرة لبعض المواد خاصة في مرحلة التصنيع مثل مراحل تصنيع الحديد او الاسمنت.

٤- المصادر النيوترونية.

ومن اهمها مصدر $^{241}\text{Am-Be}$ والكاليفورنيوم ^{152}Cf وهذه المصادر تبعث بنيوترونات سريعة يتم تهدئتها أي تحويلها الى نيوترونات حرارية (ذات طاقة واطئة) وتستخدم هذه المقاييس اما لقياس الكثافة عند رصف الطرق او قياس الرطوبة عند حفر الابار النفطية والتي تعتمد على خواص الهيدروجين في تهدئة النيوترونات السريعة إلى نيوترونات حرارية .

ويوضح الجدول (٣ - ٩) خواص اهم النظائر لمشعة المستخدمة في التطبيقات الصناعية

جدول ٣ - ٩- خواص اهم النظائر المشعة المستخدمة في التطبيقات الصناعية

نوع المصدر	^{60}Co	^{137}Cs	^{192}Ir	^{240}Am	^{90}Sr
عمر النصف	5.27 y	30 y	74 d	443 y	29 y
طاقة الفا MeV	-	-	-	5.86	
طاقة بيتا MeV	0.31	1.2	0.67	-	2.3
طاقة كاما MeV	1.17 1.33	0.66	0.32 0.47	0.6	-

٣ - ٦ الأسس التي تحدد أصناف المصادر المشعة:

النشاط الإشعاعي احد أهم الأسس التي تستخدم في تصنيف المصادر المشعة فالمصادر ذات النشاط الإشعاعي العالي تكون مخاطرها كبيرة . وبالإضافة إلى أسس مهمة أخرى: الأول خواص المصدر

المستخدم، والثاني استخدام المصدر. وكل من الأسس أعلاه يتضمن أسس فرعية تستخدم لتطبيق المصادر المشعة هي:

أ - خواص المصدر المشع:

تصنيف المصادر المشعة يعتمد على الخواص الفيزيائية والكيميائية للمصدر ونوع الممارسة والاستخدام. وهي:

١ - الخواص الإشعاعية:

من أهم الخواص الإشعاعية للمصدر هو نشاطها الإشعاعي وعمر النصف للمصدر، ويرتب المصدر المشع في الأعلى عندما يكون نشاطه الإشعاعي كبيراً أو كان عمر النصف له طويل وذلك لأن المخاطر الإشعاعية تبقى لفترة طويلة. الخواص الإشعاعية للمصدر تحدد مخاطره الناتجة عن التعرض الخارجي والتعرض الداخلي لذلك فإن المخاطر تعتمد على طاقة الإشعاع أما التعرض الداخلي الناتج عن الاستنشاق والابتلاع فيعتمد على معامل تحويل الجرعة (dose conversion) فبعض المواد المشعة مثل التريتيوم يكون كل من التعرض الخارجي والداخلي قليلاً لذلك فالمواد المشعة التي تكون لها مخاطر إشعاعية خارجية وداخلية مثل (الراديوم) فإنها في التصنيف أعلى مخاطر تصنيف المواد المشعة التي تساهم بأحد أنواع التعرض.

٢ - نوع المواد:

مساهمة نوع المادة في تصنيف المصادر يعتمد على الخواص الفيزيائية والكيميائية للمصدر وهل أن المصدر مغلق أو مفتوح والسمية الكيميائية للمصدر والمخاطر الناتجة عن التلوث الإشعاعي بالمصادر المشعة في حالة الحادث. نوع المادة له تأثير على نوع التعرض في حالة الحوادث فالمواد التي لها صفة الانتشار تكون أكثر خطراً من المواد الغير قابلة للانتشار. فبعض الأجهزة التي تستخدم التريتيوم لغرض الإضاءة فإنها تستخدم كمية كبيرة ولكن الحالة الفيزيائية والسمية الواطئة له يجعل هذه الأجهزة غير خطره.

٢ - نوع الممارسة والاستخدام:

١ - نوع الممارسة

الخواص التي تحدد نوع الممارسة تتضمن خواص المصدر (الأجهزة ثابتة أم متحركة)، حجم المصدر، تصميم وتصنيع المصدر والأجهزة الأخرى التكميلية مثل الدرع، المغلاق وعامل التشغيل والاستخدام وهل أن المصدر يخرج من الحاوية لغرض القيام بالعمل المطلوب. تتضمن معرفة استخدام الأجهزة الحاوية للمصدر (طبي، صناعي، بحثي، عسكري) وكيفية الوصول إلى المصدر والتي لها تأثير مهم عند تشغيل المقاييس النووية والمخاطر الناجمة عن المصدر. طريقة استخدام المقاييس لها تأثير كبير على الجرعة التي يتعرض لها العاملين فمثلاً المصادر التي تخرج من الدرع

(الحاوية) تكون مخاطرها اكبر مما لو كان المصدر ضمن الحاوية فمثلا مصادر التصوير الإشعاعي والعلاج القريب يولد مخاطر تشغيله اكبر نتيجة لقطع سلك المصدر أو انفصال المصدر من الحاوية مقارنة بالمصادر الثابتة. بالإضافة إلى ذلك فإن حجم المصدر يؤثر بشكل أو بآخر إلى فقدان المصدر حيث أن المصادر الصغيرة يسهل إخراجها أو عدم وضعها في مكانها الصحيح مقارنة مع المصادر الكبيرة. إذا كان المصدر ثابتا أو متحركا فإن سهولة وصول الأفراد إليه تؤثر مباشرة على خطورة المصدر كما في حالة وحدات العلاج القريب والتي تحفظ في غرف خاصة في المستشفيات.

وكذلك فإن أجهزة التشيع الجامي والتي تصمم بشكل خاص بحيث يكون أمانها وسلامتها كبير جدا . أن المصادر لهذه الأجهزة مصممة لكي تتحرك وتخرج من درعها ومخزنها الآمن ومثل هذه الحركة قد تؤدي إلى كسر السلك الحاوي للمصدر. اما الأجهزة المستخدمة في سبر الآبار فانه تنقل من موقع لآخر وكذلك المقاييس النووية المتنقلة والمستخدم لقياس الكثافة والرطوبة. بينما المقاييس الثابتة لا تتحرك من موقعها إلا في حالة الصيانة أو متطلبات أخرى.

ب - نوع الاستخدام:

يشمل هذا التصنيف النتائج المتوقعة عن الاستخدام و الممارسة للمصادر الاشعاعية والذي يتضمن

١ - نوع التعرض:

تتضمن المساهمة المفترضة في هذه الحالة أنواع التعرض في حالة فقدان السيطرة واحتمال التأثيرات الأكيدة أو العشوائية للتعرض. أن القابلية للكشف عن فقدان السيطرة على المصدر والمعلومات التاريخية عن الحوادث لمختلف المصادر والممارسات . والدروس المستنبطة عن الحوادث تكون مهمة في تصنيف المصادر.

٢ - نهاية عمر المصدر:

عند ضعف المصدر وانحلاله نتيجة لنهاية عمرة التشغيلي فيجب التخلص من المصدر وفي هذا الصدد توجد خيارات مناسبة للتخلص من هذه المصادر الضعيفة منها إرجاع المصدر المستهلك إلى الشركة التي صنعت أو استخدامها في أجهزة أخرى ويعتمد الاختيار على الكلفة الاقتصادية لعملية التخلص. فإذا كانت كلفة التخلص من هذه المصادر كبيرة فإن المستخدم لا يملك إلا خيارا واحدا هو خزن تلك المصادر بشكل مؤقت في ابار محفورة داخل مخازن وهذا الخزن قد يؤدي في المدى البعيد إلى عدم السيطرة على المصدر أو سرقة وفي بعض الحالات قد لا يوجد موقع مخصص لتصرف المصادر وان هذه المصادر لا يمكن استخدامها فإن إرجاع المصدر أو تصريفه قد يكون صعب ومكلف لذلك فان المستخدم قد يخزن المصدر أو ينقله إلى شخص آخر بدون موافقة السلطات المخولة وأن خزن المصادر أو الأجهزة الإشعاعية يؤدي إلى زيادة احتمال فقدان السيطرة على

المصدر. أما بالنسبة للمقاييس الثابتة فإن الاستخدام الطويل لها في المصانع ذات البيئة غير النظيفة قد يؤدي إلى صدا وتاكل العلامات والإشارات التحذيرية وبالتالي عدم وضوحها وبسبب الخطأ البشري فقد تصرف هذه المقياس مع الخرذة (السكراب). أن وجود الأجهزة الإشعاعية مع الخرذة وصهرها كخيار لتدوير الملوثات يؤدي إلى تلوث اشعاعي خطير لمنشأة الصهر والافران.