الفصل الثالث

تصنيف المصادر المشعة
في
التطبيقات الصناعية والطبية

obeikandl.com

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 لايتضمن 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 هذة العوامل بشيئ 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 وتقيم خاصة إثناء التصميم والاستخدام

جدول٣-١ 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}, $B^{206}r$, C^{14}, Cd^{115}, Kr^{85m}
منخفض السمية C	Tc^{99m}, N^{235}, N^{238}, Zn^{69}

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

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

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

٢– غير قابل للتسرب عندما يحصل تسرب مقداره أقل ٠.٠١% من النشاط الاشعاعي الكلي عند وضع المصدر في ١٠٠ ملى 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 إثناء وجودها في الهواء الاعتيادي والماء (Au, Ir .....)

تصنيف النشاط الاشعاعي للمصادر في لحظة الإنتاج وتحدد الخواص الكيميائية والفيزياوية والهندسية للنيوكليونات 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)

openkanari.com

٤ - نوع المصدر المشع :-

من أهم المصادر المشعة المستخدمة في الصناعة وحسب نوع الإشعاع الصادر منها .

ا- 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** اذا كان النشاط الاشعاعي للمصدر ضمن القيم العالمية المحددة في الجدول (٣-٢) ،أما اذا كان المصدر ذات نشاط اشعاعي 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 .

٧ - 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 أوالإضرار أو العبث من شخص غير مخول . يكون الشخص المسوؤل 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 والى 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 اسلطة الرقابية .وتعتمد سلامة المصدر على طريقة تصميم وتصنيع المصدر.والمعلومات التفصيلية عن المصدر تكون غير ضرورية.
يوضح الجدول (٣ – ١ ٥) تصنيف المصادر حسب المخاطر الاشعاعية .و الجدول (٣ – ٥ ب) تفصيلا لهذة 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	لاتختبر	-C°٤٠ لمدة ٢٠ دقيقة + ٨٠درجة سليزية لمدة ساعة	- ٤٠ C° لمدة ٢٠ دقيقة + C°١٨٠ لمدة ساعة	-C°٤٠ لمدة ٢٠ دقيقة +C° ٤٠٠ لمدة ساعة	-C°٤٠ لمدة ٢٠ دقيقة +C°٦ ٠٠ لمدة ساعة	-C°٤٠ لمدة ٢٠ دقيقة + C° ٨ ٠٠ لمدة ساعة
الضغط الخارجى	لاتختبر	٢٥ Kpa مطلق حتى الضغط الجوي	٢٥ Kpaمطلق حتى ٢ من Mpa	٢٥ Kpa مطلق حتى ٧من Mpa	٢٥ Kpa مطلق حتى ٧٠ من Mpa	٢٥ Kpa مطلق حتى ١٧٠من Mpa
الصدم	لاتختبر	٥٠ غم من ١ م	٢٠٠ غم من ١ م	٢كغم من ١ م	٥ كغم من١ م	٢٠ كغم من ١ م
الاهتزاز	لاتختبر	التردد ٥٠٠ – ٢٥ Hz.وتعجيل ٤٩ م/ ثا ٢	التردد ٥٠ – ٩٠ Hz تعجيل ٩٨ م/ ثا ٢	تردد 25- ٠ ٨ Hz.تعجيل ١٩٦ م/ ثا ٢	--	--
الثقب	لاتختبر	١ غم من ١ م	١٠ غم من ١ م	٥٠ غم من ١ م	٣٠٠غم من ١ م	١ كغم من ١ م

obeikandi.com

جدول ٣-٤ تصنيف المصادر المشعة حسب الاختبارات

التطبيق	الحرارة	الضغط	الصدم	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 الاشعاعية

.

الفئة	التطبيق
الفئة الأول(1):	التصوير الصناعي العلاج البعيد معامل التشعيع الجامي
الفئة الثاني(2):	العلاج بمعدل جرعة عالي مقايس نووية مصادرها ذات نشاط اشعاعي عالي سبر الابار
الفئة الثالث(3):	العلاج بمعدل جرعة واطئ مقايس نووية مصادرها ذات نشاط اشعاعي واطئ

obeikandl.com

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

الفئة الأولى(1)

مجـــــال التطبيق	المصـــدر المشع	التحلـــل، الطاقـــة keV)،و نصف العمر	معـــــدل الجرعـــــة mSv\h١على بعد ١ م (١,٢,٣,٤)	النشاط الاشعاعي	الـــــزمن لتصـــــل الجرعـــة ١ عـلـى بعد ١ م \ mSv ١h
التصـــوير الصناعي	Ir^{192}	جامـــا بطاقـــة ٣١٧، $T_{1\2}$=74 day β(max :675)	4.E +0.0 2	٥-0.1 TBq	٩ ثا
	Co^{60}	جامـــا بطاقـــة،١١٧٣، ١ ٣٣٣ $T_{1\2}$=5. ٣ y	3.E +0.3	0.1-5 TBq	٣ ثا
	Cs^{137}	جامـــا بطاقـــة ٦٦٢، $T_{1\2}$=30 y		0.1-5 TBq	-
	Tm^{170}	جامـــا بطاقـــة ٨٤ ، $T_{1\2}$=120 day β(max :968)		0.1-5 TBq	-

obeikandl.com

الفئة الثانية(2)

مجـــال التطبيق	المصدر المشع	التحلـل،الطاقـة keV ، نصف العمر	النشـــــاط الاشعاعي	معدل الجرعة على بعد ١م 1mSv\h (١،٢،٣،٤)	الزمن لتصل الجرعةعلى بعـــد١ م ١ mSv\h
مقـــاييس الكثافـــة والارتفاع	Co^{60} Cs^{137} Am^{241}	كاما بطاقة ١١٧٣، ١ ٣٣٣ ،$T_{1\2}$=5.٣ y كاما بطاقة ٦٦٢، $T_{1\2}$=30 y كامـا بطاقـة ٦٠ و α بطاقـة ٥٤٨٦ $T_{1\2}$=432 Y	1 - 10GBq - 10GBq 1TBq 4 GBq	3.E +0.0 6.E +0.1 1.E +0.2	٢٠ دقيقة ١ دقيقة ٣ يوم
سبر الابار	Cf^{252} Cs^{137} Am^{241}-Be	الفا بطاقة.6118 $T_{1\2}$=2.6Y neutrons كاما بطاقـة ٦٦٢، $T_{1\2}$=30 y كامـا بطاقـة ٦٠ وإلفـا بطاقـة ٥٤٨٦ $T_{1\2}$=432 Y	50 GBq ١٠٠ -١ GBq ٨٠٠ -١ GBq	1.E +0.2 6.E +0.0 2E +0.0	٠.1 . ثا ١٠ ثا ٢٠ ثا
مقـــاييس الرطوبـــة والكثافـــة الثابتـــة والمتنقلة	Cf^{252} Cs^{137} $Be\ Am^{241}$ -	neutron. $T_{1\2}$=2.6Y إلفا بطاقة6118 جاما بطاقة ٦٦٢، $T_{1\2}$=30 y كامـا بطاقـة ٦٠ وإلفـا بطاقـة ٥٤٨٦ $T_{1\2}$=432y	3 GBq ٤٠٠ -١ GBq ٢ -٠.١ GBq	6.E +0.0 2.E +0.2 6,E +0.3	1 ثا ٢ يوم ٧ يوم

obeikandl.com

الفئة الثالثة

مجـــــال التطبيق	المصـــــدر المشع	التحلـــل، الطاقـــة keV نصف العمر،	النشـــــاط الاشعاعي	معدل الجرعة علـى بعد ١ م *١ mSv\ h
مقياس السمك	Kr^{85}	بيتـا بطاقـة ٦٨٧، $T_{1\2}$=10.8 y	١- 50 GBq ٠.	1.E -0.2
	Am241	جامـــا بطاقـــة ٦٠ $T_{1\2}$=432 y وإلفا بطاقة ٥٤٨٦	١- 10 GBq	3.E -0.2
	Tl^{204}	جامـــا بطاقـــة ٦٩ وبيتا763 $T_{1\2}$=3.8y	40 GBq	4.E +0.3
	Sr^{90}	بيتـــا بطاقـــة ٥٤٦، $T_{1\2}$=29 y	٠. ١- 4 GBq	٠
----------	----------	----------	----------	----------
مقيـــــاس المســـتوى و مقياس الكثافة	Co^{60}	جامـــا بطاقـــة ١١٧٣، ١٣٣٣ $T_{1\2}$=5.٣ y،	٠.١ - 10GBq	3.E +0.0
	Cs^{137}	جامـــا بطاقـــة ٦٦٢، $T_{1\2}$=30 y	٠.١ - 40GBq	2.E +0.0

opeikandi.com

* عند حساب معدلات الجرعة تم الافتراض بأنه :-

١- لا يوجد درع واقي . ٢- لم يتم حساب أشعة البرمشتالنك

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 اقل شدة مما في الصنف الأول، المصادر في الصنف الثاني قد تولد مخاطر إشعاعية تتطلب الرقابة وفحص السلطات الرقابية.

المصادر والمنظومات في الصنف الثالث تتطلب اقل جهدا من جانب السلطات الرقابية . وفي عدة حالات فان 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.

٣ - ٣ السيطرة على فئات المصادر المشعة.

يوفر التصنيف العام للمصادر المشعة مؤشر للأولويات التي تضعها السلطة الرقابية لوضع البني 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 امن 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 علية فأنة يؤدي إلى تأثيرات قطعية جدية ناتجة عن التعرض الخارجي من المصدرغيرالمدرع ،أو التعرض الداخلي نتيجة لتبعثر المواد المشعة للمصدر. النشاط الإشعاعي للمصادر المشعة يرمزلة بالرمز(**A**) ويتغير تغيرا كبير.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 جرع 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 احتوائة على معضم التطبيقات فقد توجد مصادر ذات نشاط اشعاعي 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** فبوضح المقدار الاعظم والاوطئ

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 (سكينة جاما (Gamma Knife)	A/D ≥ ١٠٠٠
٢	مصادر التصوير الصناعي مصادر العلاج البعيد ذات معدل الطاقة المتوسطة والواطئة	١٠ ≥ A/D ≥ ١٠٠٠
٣	مقاييس نووية ثابتة تحتوي مصادر مشعة عالية النشاط الاشعاعي. اجهزة سبر الآبار	١ ≥ A/D ≥١٠
٤	اجهزة علاج قريب تؤثر بمعدل جرعة واطئ. مقاييس نووية ثابتة تحتوي مصادر مشعة واطئة النشاط الاشعاعي. مقياس كثافة العظام. مزيل الشحنات الساكنة.	٠.٠١ ≤A/D ≤١
٥	اجهزة فلورة الأشعة السينية (XRF) اجهزة قياس الأسر النيوتروني. مصادر طيف موسبار	٠.٠١ ≥ A/D

اما المقدار (D)موضح في العمود VI .اما نسبة النشاط الاشعاعي A/D موضحة في العمود VII والصنف (الفئة) في العمود VIII وIX. العمود VIII يوضح التصنيف الاولي الذي يعتمد على نسبة النشاط الإشعاعي A/D والعمود IX يوضح التصنيف الموصى بة والذي ياخذ 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 لأتكون ممارسة المصدر معلومة ومؤكدة كما يحصل في وقت الاستيراد والتصدير.ومع ذلك فعندما تكون ظروف عمل المصدر معلومة فان السلطة الرقابية قد تقرر تحوير 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 -١٣١ في العلاج،في هذه الحالة تطبق أساسيات التصنيف لتحديد الفئة.ولكن القرار يعتمد على اختيار النشاط الاشعاعي 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 الاشعاعي لمجموعة المصادر لغرض تحديد فئة المصادر لإغراض تحتاجها السلطة الرقابية ويقسم مجموع النشاط الاشعاعي للمصادر على القيمة المناسبة للمقدار (D) ثم تحسب النسبة A/D وتقارن هذه النسبة مع النسب الموضحة في الجداول (٣ - ٧)

obeikandl.com

الجداول (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	
			Ci	TBq			A/D based	Recommended
RTGs				Category 1				
	Sr-90	Max	6.8E+05	2.5E+04	1.0E+00	2.5E+04	1	
	Sr-90	Min	9.0E+03	3.3E+02	1.0E+00	3.3E+02	2	1
	Sr-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	

obeikandi.com

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
	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	
Blood/tissue irradiators	Cs-137	Max	1.2E+04	4.4E+02	1.E-01	4.4E+03	1	
	Cs-137	Min	1.0E+03	3.7E+01	1.E-01	3.7E+02	2	1
	Cs-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	

www.IRIMO.ir

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
	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	1.1E+01	4.1E-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	

يتبع

obeikandl.com

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
	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	
Brachytherapy sources – high/medium dose rate	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	
	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	
Calibration sources	Co-60	Max	3.3E+01	1.2E+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	

www.pnra.org

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

يتبع

openkandra.com

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
	Cf-252	Max	3.7E-02	1.4E-03	2.E-02	6.8E-02	4	
	Cf-252	Min	3.7E-02	1.4E-03	2.E-02	6.8E-02	4	3
	Cf-252	Typ	3.7E-02	1.4E-03	2.E-02	6.8E-02	4	
Blast furnace	Co-60	Max	2.0E+00	7.4E-02	3.E-02	2.5E+00	3	
gauges	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	
Dredger	Co-60	Max	2.6E+00	9.6E-02	3.E-02	3.2E+00	3	
gauges	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	
	Cs-137	Max	1.0E+01	3.7E-01	1.E-01	3.7E+00	3	
	Cs-137	Min	2.0E-01	7.4E-03	1.E-01	7.4E-02	4	3
	Cs-137	Typ	2.0E+00	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4	
Spinning	Cs-137	Max	5.0E+00	1.9E-01	1.E-01	1.9E+00	3	
pipe gauges	Cs-137	Min	2.0E+00	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4	3
	Cs-137	Typ	2.0E+00	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4	

يتبع

obeikandi.com

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
Research reactor startup sources	Am-241/Be	Max	5.0E+00	1.9E-01	6.E-02	3.1E+00	3	3
	Am-241/Be	Min	2.0E+00	7.4E-02	6.E-02	1.2E+00	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	3
	Am-241/Be	Min	5.0E-01	1.9E-02	6.E-02	3.1E-01	4	
	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	
	Cs-137	Typ	2.0E+00	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4	
	Cf-252	Max	1.E-01	4.E-03	2.E-02	2.0E-01	4	3
	Cf-252	Min	2.7E-02	1.0E-03	2.E-02	5.0E-02	4	
	Cf-252	Typ	3.0E-02	1.1E-03	2.E-02	5.6E-02	4	
Pacemakers	Pu-238	Max	80E+00	3.0E-01	6.E-02	4.9E+00	3	b
	Pu-238	Min	29E+00	1.E-01	6.E-02	1.8E+00	3	
	Pu-238	Typ	30E+00	1.E-01	6.E-02	1.9E+00	3	

يتبع

obeikandl.com

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
Calibration sources	Pu-239/Be	Max	1.0E+01	3.7E-01	6.E-02	6.2E+00	3	
	Pu-239/Be	Min	2.0E+00	7.4E-02	6.E-02	1.2E+00	3	a
	Pu-239/Be	Typ	3.0E+00	1.1E-01	6.E-02	1.9E+00	3	
			Category 4					
Brachytherapy sources – low dose rate	Cs-137	Max	7.0E-01	2.6E-02	1.E-01	2.6E-01	4	
	Cs-137	Min	1.0E-02	3.7E-04	1.E-01	3.7E-03	5	4
	Cs-137	Typ	5.0E-01	1.9E-02	1.E-01	1.9E-01	4	
	Ra-226	Max	5.0E-02	1.9E-03	4.E-02	4.6E-02	4	
	Ra-226	Min	5.0E-03	1.9E-04	4.E-02	4.6E-03	5	4
	Ra-226	Typ	1.5E-02	5.6E-04	4.E-02	1.4E-02	4	
	I-125	Max	4.0E-02	1.5E-03	2.E-01	7.4E-03	5	
	I-125	Min	4.0E-02	1.5E-03	2.E-01	7.4E-03	5	4
	I-125	Typ	4.0E-02	1.5E-03	2.E-01	7.4E-03	5	
	Ir-192	Max	7.5E-01	2.8E-02	8.E-02	3.5E-01	4	
	Ir-192	Min	2.0E-02	7.4E-04	8.E-02	9.3E-03	5	4
	Ir-192	Typ	5.0E-01	1.9E-02	8.E-02	2.3E-01	4	

www.pubkrago

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
	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	
Thickness gauges	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* value (TBq)	Ratio of *A*/*D*	Category	
			Ci	TBq			*A*/*D* based	Recommended
	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	
Fill level gauges	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	
	Cs-137	Max	6.5E-02	2.4E-03	1.E-01	2.4E-02	4	
	Cs-137	Min	5.0E-02	1.9E-03	1.E-01	1.9E-02	4	4
	Cs-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	
			Ci	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	a
	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 value (TBq)	Ratio of A/D	Category	
			GBq	TBq			A/D based	Recommended
Bone densitometry sources	Ra-226	Max	4.0E-03	1.5E-04	4.E-02	3.7E-03	5	4
	Ra-226	Min	2.0E-03	7.4E-05	4.E-02	1.9E-03	5	
	Ra-226	Typ	2.0E-03	7.4E-05	4.E-02	1.9E-03	5	
	Cf-252	Max	7.0E-06	2.6E-06	2.E-02	1.3E-04	5	4
	Cf-252	Min	3.0E-06	1.1E-06	2.E-02	5.6E-05	5	
	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	4
	Cd-109	Min	2.0E-02	7.4E-04	2.E+01	3.7E-05	5	
	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	4
	Gd-153	Min	2.0E-02	7.4E-04	1.E+00	7.4E-04	5	
	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	4
	I-125	Min	4.0E-02	1.5E-03	2.E-01	7.4E-03	5	
	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	4
	Am-241	Min	2.7E-02	1.0E-03	6.E-02	1.7E-02	4	
	Am-241	Typ	1.4E-01	5.0E-03	6.E-02	8.3E-02	4	

يتبع

openkanal.com

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	

يتبع

obeikandl.com

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
	Cd-109	Max	1.5E-01	5.6E-03	2.E+01	2.8E-04	5	
	Cd-109	Min	3.0E-02	1.1E-03	2.E+01	5.6E-05	5	5
	Cd-109	Typ	3.0E-02	1.1E-03	2.E+01	5.6E-05	5	
	Co-57	Max	4.0E-02	1.5E-03	7.E-01	2.1E-03	5	
	Co-57	Min	1.5E-02	5.6E-04	7.E-01	7.9E-04	5	5
	Co-57	Typ	2.5E-02	9.3E-04	7.E-01	1.3E-03	5	
Electron capture detector sources	Ni-63	Max	2.0E-02	7.4E-04	6.E+01	1.2E-05	5	
	Ni-63	Min	5.0E-03	1.9E-04	6.E+01	3.1E-06	5	5
	Ni-63	Typ	1.0E-02	3.7E-04	6.E+01	6.2E-06	5	
	H-3	Max	3.0E-01	1.1E-02	2.E+03	5.6E-06	5	
	H-3	Min	5.0E-02	1.9E-03	2.E+03	9.3E-07	5	5
	H-3	Typ	2.5E-01	9.3E-03	2.E+03	4.6E-06	5	
Lightning preventers	Am-241	Max	1.3E-02	4.8E-04	6.E-02	8.0E-03	5	
	Am-241	Min	1.3E-03	4.8E-05	6.E-02	8.0E-04	5	5
	Am-241	Typ	1.3E-03	4.8E-05	6.E-02	8.0E-04	5	

www.IpuEye.go

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Source	Radionuclide		Quantity in use (*A*)		*D* value (TBq)	Ratio of *A/D*	Category	
			GBq	TBq			*A/D* based	Recommended
	Ra-226	Max	8.0E-05	3.0E-06	4.E-02	7.4E-05	5	
	Ra-226	Min	7.0E-06	2.6E-07	4.E-02	6.5E-06	5	5
	Ra-226	Typ	3.0E-05	1.1E-06	4.E-02	2.8E-05	5	
	H-3	Max	2.0E-01	7.4E-03	2.E+03	3.7E-06	5	
	H-3	Min	2.0E-01	7.4E-03	2.E+03	3.7E-06	5	5
	H-3	Typ	2.0E-01	7.4E-03	2.E+03	3.7E-06	5	
Brachytherapy sources: low dose rate eye plaques and permanent implants	Sr-90	Max	4.0E-02	1.5E-03	1.E+00	1.5E-03	5	
	Sr-90	Min	2.0E-02	7.4E-04	1.E+00	7.4E-04	5	5
	Sr-90	Typ	2.5E-02	9.3E-04	1.E+00	9.3E-04	5	
	Ru/Rh-106	Max	6.0E-04	2.2E-05	3.E-01	7.4E-05	5	
	Ru/Rh-106	Min	2.2E-04	8.1E-06	3.E-01	2.7E-05	5	5
	Ru/Rh-106	Typ	6.0E-04	2.2E-05	3.E-01	7.4E-05	5	
	Pd-103	Max	3.0E-02	1.1E-03	9.E+01	1.2E-05	5	
	Pd-103	Min	3.0E-02	1.1E-03	9.E+01	1.2E-05	5	5
	Pd-103	Typ	3.0E-02	1.1E-03	9.E+01	1.2E-05	5	

يتبع

obeikandl.com

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
PET check	Ge-68	Max	1.0E-02	3.7E-04	7.E-01	5.3E-04	5	
sources	Ge-68	Min	1.0E-03	3.7E-05	7.E-01	5.3E-05	5	5
	Ge-68	Typ	3.0E-03	1.1E-04	7.E-01	1.6E-04	5	
Mossbauer	Co-57	Max	1.0E-01	3.7E-03	7.E-01	5.3E-03	5	5
spectrometry	Co-57	Min	5.0E-03	1.9E-04	7.E-01	2.6E-04	5	5
sources	Co-57	Typ	5.0E-02	1.9E-03	7.E-01	2.6E-03	5	5
Tritium targets	H-3	Max	3.0E+01	1.1E+00	2.E+03	5.6E-04	5	
	H-3	Min	3.0E+00	1.1E-01	2.E+03	5.6E-05	5	5
	H-3	Typ	7.0E+00	2.6E-01	2.E+03	1.3E-04	5	
Medical unsealed	P-32	Max	6.0E-01	2.2E-02	1.E+01	2.2E-03	5	
sources	P-32	Min	6.0E-02	2.2E-03	1.E+01	2.2E-04	5	c
	P-32	Typ	6.0E-01	2.2E-02	1.E+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 هذة المصادر وفصر نصف عمرها يتطلب تصنف كل حالة بحالتها.

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

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

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 فان 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 للاغراض 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 الاشعاعي الذي يحتاج إلى إجراءات دقيقة وتدريب عالي.

٣ – ٤ المصادرالاشعاعية:

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
التقانة الاقتفائية 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 او أكثر من المصادر المشعة المغلقة اوالمفتوحة .

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 مناوب للتحكم الكهربائي. في معظم هده القياسات لايوجد تماس بين المادة والإشعاع وتعتمد دقة القياس على نوع المصدر ، عمر النصف،كلفة المقياس،طاقة الإشعاع،المنظومة الالكترونية. من ميزات هده 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 الوميضية .
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 لهـذا المصدر ٧٤ يوما ويتحلل ببعث أشعة جاما ذات الطاقة ٣١٧eV ويبعث 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 والاوسـميوم الايريديوم من المعادن الثمينة والتي لاتتاكسد في الهواء ولا تنحل 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 ويكـون صلب في الظروف الاعتيادية .يستخدم **Am-241** في كواشف الدخان أو يستخدم مع البريليـوم كمصدر نيوتروني . وهو احد عناصر سلسلة تحلل اليورانيوم – ٢٣٨ ونحصل عليه نتيجة لقذفه بالنيوترونات السريعة .عمره النصف له يساوي ٤٣٣ سنة وينحل باعثا جسيمات ألفا ذات الطاقـة **5.86 MeV** ويتحول إلى نظير النبتونيوم **(Np -237)** وهو عنصر مشع ايضا ينحل إلى البزموث المستقر ٢٠٩ الذي ينحل بنصف عمر طويل جدا يصل الى مليوني سنة ويبعث أشعة جامـا ذات الطاقة الواطئة **keV** ٦٠٠، لذلك يستخدم **Am-241** أحيانا لقياس سمك الشرائح الفولاذية الرقيقة .يستخدم هذا المصدر في تصنيع المصادر النيوترونية عن طريق مزج مسحوق ناعم من اوكسـيد الامريشيوم المشع بمسحوق البريليوم المستقر فان جسيمات ألفا المنبعثة من مسحوق الامريشـيوم تقصف عنصر البريليوم فيتحول الى ليثيوم ونيوترونات سريعة .أما إذا كان الغرض من استخدام الامريشيوم كمصدر باعث لأشعة جاما بطاقة قليلة فانه يوضع داخل كبسولة من الفولاذ يغلق احد إطرافها والأخر يحتوي على ثقب يغلق بمغلاق متحرك . لايوجد المعدن حرا في الطبيعة وإنمـا بشكل مركبات ويسبب ابتلاعه أو استنشاقه مخاطر إشعاعية لذلك يجب عدم التماس معه أو ازالتة من كواشف الدخان،وفي التطبيقات الصناعية يجب الحفاظ علبة من الفقدان والسرقة.

٣- السترونتيوم Sr^{90}

نحصل عليه إثناء معاملة الوقود النووي المحترق ويكون بشكل اكاسيد السترونتيوم يستخدم في التطبيقات الصناعية لقياس سمك المواد الرقيقة لان هدا 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.

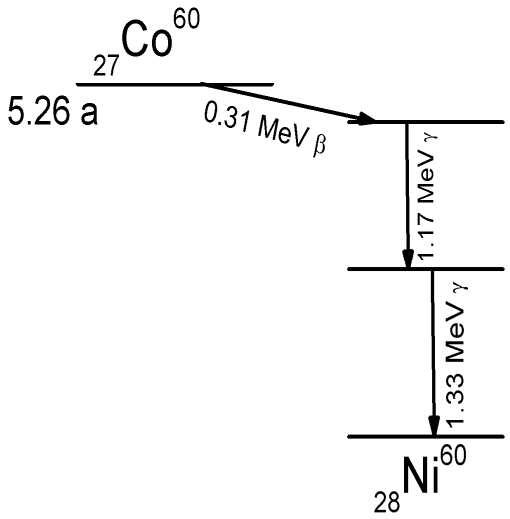
٤- الكوبلت - Co^{60}:

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

$$C\,o^{59} + n^{1} = Co^{60} + Gamma$$

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 انتشارالتلوث 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.

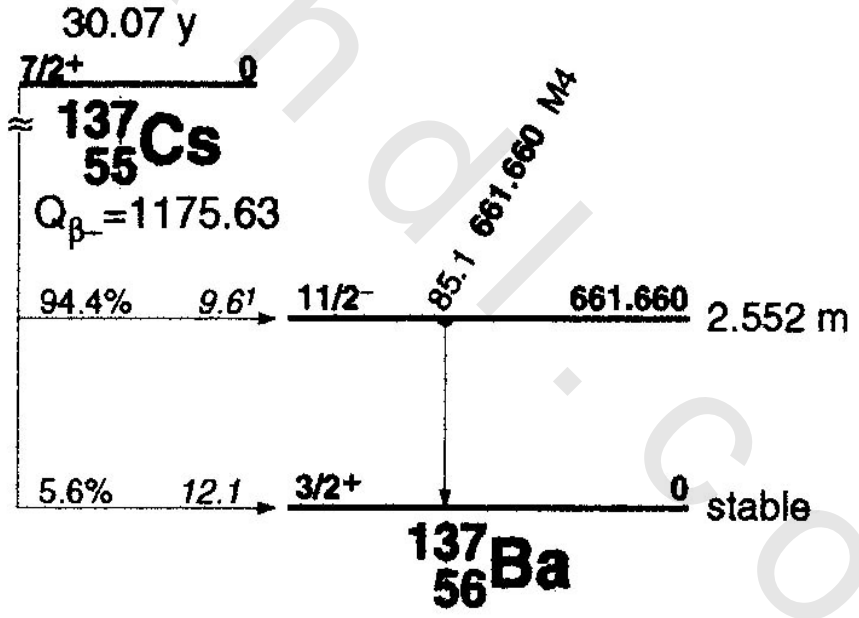
شكل (٣ - ١) مخطط الانحلال للكوبلت



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 **keV** ٦٦٠ وعمر نصف مقداره ٣٠ سنة ليتحول إلى عنصر البار يوم المستقر (**Ba-137**) شكل ٣–٢ . ولان السيزيوم مصدر قلوي شديد التفاعل لذلك يغلف المصدر المشع بمادة سيراميكية .العضو الحرج لهذا المصدر المشع هو العضلات

شكل ٣-٢ مخطط الانحلال للسيزيوم - ١٣٧



obeikandl.com

ومن أهم التطبيقات للمصادر المشعة المغلقة:

وحدات العلاج البعيدة (teletherapy) :

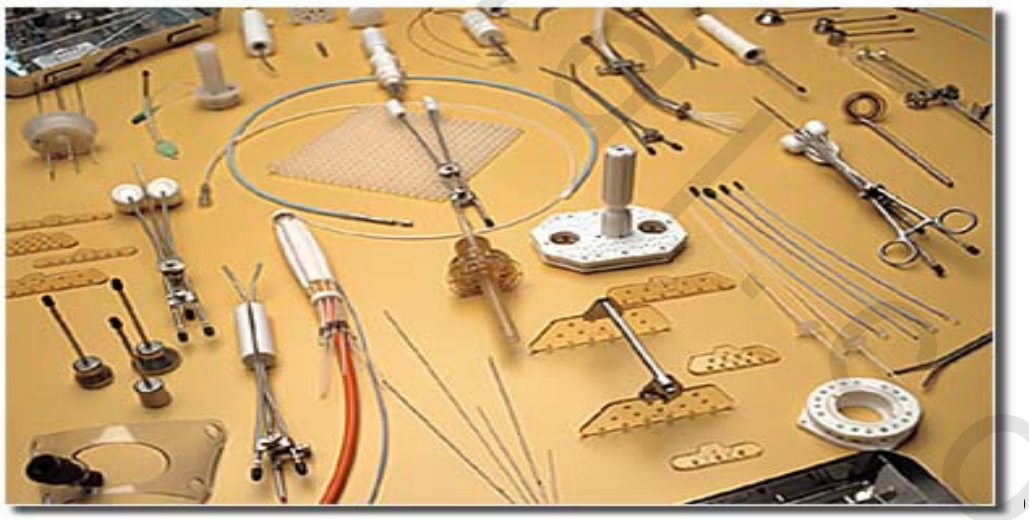
هذه المصادر متوفرة في معظم مستشفيات الطب النووي. تكون أبعاد هذه المصادر صغيرة نسبياً وبشكل أسطوانة قطرها بضع سنتيمترات وطولها عدة سنتمترات . توضع المصادر داخل درع رصاصي كبير وذلك لكبر نشاطها الإشعاعي وتستخدم للعلاج من امراض السرطان.

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 بضـــع ســـنتمترات ولكنها توضع في حاوية رصاصية ثقيلة ، هذه المصادر تتصل بواسطة كيبل لغرض التعامل معها عن بعد. لكن أصغر هذه المصادر بجعلها عرض للفقدان أو السرقة.

وحدات العلاج القريبة Brach therapy :

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

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



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

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

مقاييس سبر الابار

مصادرها المشعة تكون صغيرة ولكنها توضع داخل أنابيب طويلة طولها بضع أمتار وتحتــوي الانابيب على الكاشف والمنظومات الالكترونية . تكونأجهزة 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 سنتمترات وقطرها بضع سنتمترات وتوضع داخل المنظومة أو في نهاية قضيب يحمل الأجهزة.

٣ – ٥ تصنيع المصادر المشعة. –

تصنع المصادر الإشعاعية المغلقة بتصاميم وانواع مختلفة ويعتمد نشاطها الاشعاعي حسب طبيعة وعمل المصدر ومن اهم المصادر:

١ - المصادر الباعثة لجسيمات بيتا :

اهم هذه المصادر مصدر الامريشيوم –٢٤١ والبولونيوم –٢١٠ والتي تستخدم لقياس سمك الأغشية الرقيقة جدا. نتيجة للامتصاص الحاصل في ذلك الغشاء .يتم تصنيع المصادر المشعة الباعثة لجسيمات الفا بطرائق عدة أهمها :

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

ب- الطلاء الكهربائي : توضع في احد أقطاب خلية كهربائية شريحة رقيقة من معدن النيكل او الحديد المقاوم للصدأ وفي الطرف الآخر النظير المشع الباعث لجسيمات الفا (Ni –٦٣ او الكاربون –٤ ١) وعند مرور تيار مستمر داخل الخلية يترسب النظير المشع على القاعدة المعدنية (النيكل) بشكل طبقة رقيقة جدا 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 الاشعاعي باحد الاجهزة الاشعاعية.

ت- المصادر السيراميكية : يتم ذلك باخذ المادة المشعة او احد أملاحها وتصهر مع فلزات الزجاج الخاصة او السيراميك وتوضع داخل كبسولة معدنية تصهر المادة داخلها وتغلق الكبسولة وتلحم من الطرفين ومن اهم هذه المصادر السترونتيوم–٩٠ .

ث- امتصاص المصدر المشع : ويتم ذلك بترسيب طبقة رقيقة جدا من النبتونيوم او الاريبيوم 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 .

ح - المساحيق المشعة: وفي هذه الطريقة يحضر الكاربون المشع الذي يستخدم في تطبيقات كثيرة جدا حيث يرسب الكربون –١٤ (النافذ من مسحوق مشع للملح $BaCO_4$) على طبقة رقيقة جدا من الالمنيوم وإغلاق المادة المشعة بنافذة رقيقة اخرى من الالمنيوم (٥ مايكرو متر) ثم تغطى الطبقتين بالهيبوكسي وبعد ذلك توضع الرقيقتان في كبسولة من الالمنيوم.

٢-المصادر الباعثة لجسيمات الفا (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 اومعادلة الشحنات الكهربائية الساكنة.

٣-مصادر أشعة جاما والأشعة السينية:

حيث تستخدم هده المصادر المشعة في قياس الارتفاع والكثافة لبعض المواد. من اهم هده المصادر Cs^{137}, Co^{60} وهي مصادر باعثة لاشعة جاما. او المصادر الباعثة للاشعة السينية مثل Cd^{109} وFe^{55} 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}Am-Be والكاليفورنيوم Cf^{152} 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	Co^{60}	Cs^{137}	Ir^{192}	Am^{240}	Sr^{90}
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 آخرى: 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 كبيرا أو كان عمر النصف له طويل وذلك لان 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 قليلا 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 والكيمياوية للمصدر وهل أن المصدر مغلق أو مفتوح والسمية الكيميائية للمصدر والمخاطر الناتجة عن التلوث الاشعاعي بالمصادر المشعة في حالة الحادث. نوع المادة له تأثير على نوع التعرض في حالة الحوادث فالمواد التي لها صفة الانتشار تكون أكثر خطرا 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:

ا – نوع الممارسة

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

(الحاوية) تكون مخاطرها اكبر مما لو كان المصدر ضمن الحاويـــة فمـــثلا مصـــادر التصـــوير 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 مكانهـــا الصـــحيح 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 فان أجهزة التشعيع الجامي والتي تصمم بشكل خاص بحيث يكون أمانها وسلامتها كبير جدا . أن المصادر لهذه الأجهزة مصممة لكي تتحرك وتخرج من درعها ومخزنها الآمن ومثل هـــذه الحركة قد تؤدي إلى كسر السلك الحاوي للمصدر. امالأجهزة المستخدمة في سبر الآبار فانها تنقل من موقع لآخر وكذلك المقاييس النووية المتنقلة والمستخدمة 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 فقـــدان الســـيطرة واحتمـــال التأثيرات الأكيدة أو العشوائية للتعرض. أن القابلية للكشف عن فقدان الســـيطرة علـــى المصـــدر والمعلومات التاريخية عن الحوادث لمختلف المصادر والممارسات . والدروس المســـتنبطة عـــن الحوادث تكون مهمة في تصنيف المصادر.

٢ - نهاية عمر المصدر:

عند ضعف المصدر وانحلالة نتيجة لنهاية عمرة التشغيلي فيجب التخلص من المصدر وفي هـــذا الصدد توجد خيارات مناسبة للتخلص من هذه المصادر الضعيفة منها إرجاع المصدر المستهلك إلى الشركة التي صنعتة 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 المصدرأو سرقته وفي بعض الحالات قد لا يوجد موقـــع مخصـــص 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 علـــى

المصدر. أما بالنسبة للمقاييس الثابتة فان 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 الخردة (السكراب).أن وجود الأجهزة الإشعاعية مع الخردة وصهرها كخيار لتدوير الملوثات يؤدي إلى تلوث اشعاعي خطير لمنشاة الصهر والافران.

obeikandl.com