

العدد 2-G (Rev. 1) من سلسلة الأمن النووي الصادرة عن الوكالة

دليل تنفيذ

التحليل الجنائي النووي لدعم التحقيقات

IAEA

الوكالة الدولية للطاقة الذرية



سلسلة الأمن النووي الصادرة عن الوكالة

تعالج سلسلة الأمن النووي الصادرة عن الوكالة قضايا الأمن النووي المتعلقة بمنع وكشف الأفعال الإجرامية أو المتعمدة غير المأذون بها المنطوية على مواد نووية أو مواد مشعة أخرى أو ما يرتبط بذلك من مرافق أو أنشطة، أو المستهدفة لها، والتصدي لتلك الأفعال. وتتسق هذه المنشورات مع الصكوك الدولية المتعلقة بالأمن النووي، وتكملها، مثل اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية وتعديلها، والاتفاقية الدولية لقمع أعمال الإرهاب النووي، وقراري مجلس الأمن التابع للأمم المتحدة ١٣٧٣ و ١٥٤٠، ومدونة قواعد السلوك بشأن أمان المصادر المشعة وأمنها.

فئات سلسلة الأمن النووي الصادرة عن الوكالة

تصدر منشورات سلسلة الأمن النووي الصادرة عن الوكالة في الفئات التالية:

- أساسيات الأمن النووي التي تحدد هدف نظام أمن نووي لدولة ما والعناصر الأساسية لنظام من ذلك القبيل. وتوفر الأساس لتوصيات الأمن النووي.
- توصيات الأمن النووي التي تحدد التدابير التي ينبغي أن تتخذها الدول من أجل تحقيق وتعهد نظام أمن نووي وطني فعّال يتّسق مع أساسيات الأمن النووي.
- أدلة التنفيذ التي تقدّم إرشادات عن الوسائل التي يمكن للدول أن تنفذ من خلالها التدابير المحددة في توصيات الأمن النووي. وبهذا، تركّز على كيفية العمل بالتوصيات المتعلقة بمجالات واسعة للأمن النووي.
- الإرشادات التقنية تقدّم إرشادات عن مواضيع تقنية محدّدة لاستكمال الإرشادات المحددة في أدلة التنفيذ. وهي تركّز على تفاصيل كيفية تنفيذ التدابير الضرورية.

الصياغة والاستعراض

يشارك في إعداد منشورات سلسلة الأمن النووي واستعراضها أمانة الوكالة، وخبراء من الدول الأعضاء (الذين يساعدون الأمانة في صياغة المنشورات) ولجنة إرشادات الأمن النووي، التي تستعرض وتعتمد مسودّة المنشورات. وعند الاقتضاء، تُعقد أيضاً اجتماعات تقنية مفتوحة العضوية خلال عملية الصياغة من أجل إتاحة الفرصة للأخصائيين من الدول الأعضاء والمنظمات الدولية المعنية لاستعراض ومناقشة مسودّة النص. وإضافة إلى ذلك، ولضمان مستوى رفيع من الاستعراض وتوافق الآراء على الصعيد الدولي، تعرض الأمانة مسودّات النصوص على جميع الدول الأعضاء لفترة ١٢٠ يوماً لكي تستعرضها استعراضاً رسمياً.

وتُعدّ الأمانة لكل منشور الخطوات التالية، التي توافق عليها لجنة إرشادات الأمن النووي على مراحل متتالية ضمن عملية الإعداد والاستعراض:

- عرضاً وخطة عمل يصفان المنشور المتوخى الجديد أو المنقّح، وغرضه المستهدف ونطاقه ومحتواه؛
- مسودّة منشور لعرضها على الدول الأعضاء للتعليق عليها خلال فترة ١٢٠ يوماً الاستشارية؛
- صيغة نهائية لمسودّة المنشور مع مراعاة تعليقات الدول الأعضاء.

وتُراعى في عملية صياغة واستعراض المنشورات في سلسلة الأمن النووي الصادرة عن الوكالة اعتبارات السرية، ويسلم فيها بأن الأمن النووي يتصل اتصالاً متلامزاً بشواغل الأمن الوطني العامة والمحدّدة.

وأحد الاعتبارات المستند إليها هو أن معايير أمان الوكالة وأنشطتها الرقابية ذات الصلة ينبغي أن توضع في الاعتبار في المضمون التقني للمنشورات. وعلى وجه التحديد، تقوم اللجان المعنية بمعايير الأمان ذات الصلة ولجنة إرشادات الأمن النووي باستعراض منشورات سلسلة الأمن النووي التي تعالج المجالات التي يوجد فيها ترابط مع الأمان المعروفة بوثائق الترابط — في كل مرحلة من المراحل المحدّدة أعلاه.

**التحليل الجنائي النووي
لدعم التحقيقات**

الدول الأعضاء في الوكالة الدولية للطاقة الذرية

كينيا	سانت لوسيا	بوروندي	الاتحاد الروسي
لاتفيا	سري لانكا	البوسنة والهرسك	إثيوبيا
لبنان	السلفادور	بولندا	أذربيجان
لختنشتاين	سلوفاكيا	بوليفيا، دولة - المتعددة	الأرجنتين
لكسمبورغ	سلوفينيا	القوميات	الأردن
ليبيا	سنغافورة	بيرو	أرمينيا
ليبيريا	السنغال	بيلاروس	إريتريا
ليتوانيا	السودان	تايلند	إسبانيا
ليسوتو	السويد	تركمانستان	أستراليا
مالطة	سويسرا	تركيا	إستونيا
مالي	سيراليون	ترينيداد وتوباغو	إسرائيل
ماليزيا	سيشيل	تشاد	إسواتيني
مدغشقر	شيلي	توغو	أفغانستان
مصر	صربيا	تونس	إكوادور
المغرب	الصين	جامايكا	ألبانيا
مقدونيا الشمالية	طاجيكستان	الجزيل الأسود	ألمانيا
المكسيك	العراق	الجزائر	الإمارات العربية المتحدة
ملاوي	عُمان	جزر البهاما	أنغولا وبربودا
المملكة العربية السعودية	غانون	جزر القمر	إندونيسيا
المملكة المتحدة لبريطانيا	غانا	جزر مارشال	أنغولا
العظمى وأيرلندا	غرينادا	جمهورية أفريقيا	أوروغواي
الشمالية	غواتيمالا	الوسطى	أوزبكستان
منغوليا	غيانا	الجمهورية التشيكية	أوغندا
موريتانيا	فانواتو	الجمهورية الدومينيكية	أوكرانيا
موريشيوس	فرنسا	الجمهورية العربية	إيران (جمهورية -
موزامبيق	الفلبين	السورية	الإسلامية)
موناكو	فنزويلا (جمهورية -	جمهورية الكونغو	آيرلندا
ميانمار	البوليفارية)	الديمقراطية	آيسلندا
ناميبيا	فنلندا	جمهورية تنزانيا المتحدة	إيطاليا
الترونج	فيجي	جمهورية كوريا	بابوا غينيا الجديدة
النمسا	فييت نام	جمهورية لاو	باراغواي
نيبال	قبرص	الديمقراطية الشعبية	باكستان
النيجر	قطر	جمهورية مولدوفا	بالاو
نيجيريا	قيرغيزستان	جنوب أفريقيا	البحرين
نيكاراغوا	كازاخستان	جورجيا	البرازيل
نيوزيلندا	الكاميرون	جيبوتي	بربادوس
هايتي	الكرسي الرسولي	الدانمرك	البرتغال
الهند	كرواتيا	دومينيكا	بروني دار السلام
هندوراس	كمبوديا	رواندا	بلجيكا
هنغاريا	كندا	رومانيا	بلغاريا
هولندا	كوبا	زامبيا	بليز
الولايات المتحدة	كوت ديفوار	زيمبابوي	بنغلاديش
الأمريكية	كوستاريكا	ساموا	بنما
اليابان	كولومبيا	سان مارينو	بنن
اليمن	الكونغو	سانت فنسنت وجزر	بوتسوانا
اليونان	الكويت	غرينادين	بوركينافاسو

وافق المؤتمر المعني بالنظام الأساسي للوكالة الدولية للطاقة الذرية الذي عُقد في المقر الرئيسي للأمم المتحدة في نيويورك، في ٢٣ تشرين الأول/أكتوبر ١٩٥٦، على النظام الأساسي للوكالة الذي بدأ فاعله في ٢٩ تموز/يوليه ١٩٥٧. ويقع المقر الرئيسي للوكالة في فيينا. ويتمثل هدف الوكالة الرئيسي في "تعزيز وتوسيع مساهمة الطاقة الذرية في السلام والصحة والازدهار في العالم أجمع".

العدد (Rev. 1) 2-G من سلسلة الأمن النووي الصادرة عن الوكالة

التحليل الجنائي النووي لدعم التحقيقات

دليل التنفيذ

ملاحظة بشأن حقوق النشر

جميع المنشورات العلمية والتقنية الصادرة عن الوكالة محمية بموجب الاتفاقية العالمية لحقوق التأليف والنشر بصيغتها المعتمدة في عام ١٩٥٢ (برن) والمنقحة في عام ١٩٧٢ (باريس). وقد عمدت المنظمة العالمية للملكية الفكرية (جنيف) لاحقاً إلى توسيع نطاق حقوق التأليف والنشر لتشمل الملكية الفكرية الإلكترونية والفرضية. ويجب الحصول على إذن باستخدام النصوص الواردة في منشورات الوكالة بشكلها المطبوع أو الإلكتروني، استخداماً كلياً أو جزئياً؛ ويخضع هذا الإذن عادة لاتفاقات متعلقة برسوم الجعالة الأدبية. ويُرحَّب بأية اقتراحات تخصُّ الاستنساخ والترجمة لأغراض غير تجارية، وسيُنظر فيها على أساس كل حالة على حدة. وينبغي توجيه أية استفسارات إلى قسم النشر التابع للوكالة (IAEA Publishing Section) على العنوان التالي:

Marketing and Sales Unit, Publishing Section
International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre
PO Box 100
1400 Vienna, Austria
fax: +43 1 2600 29302
tel.: +43 1 2600 22417
email: sales.publications@iaea.org
<https://www.iaea.org/publications>

حقوق النشر محفوظة للوكالة الدولية للطاقة الذرية، ٢٠٢٢

طُبِعَ مِنْ قِبَلِ الْوَكَالَةِ الْدَوْلِيَّةِ لِلطَّاقَةِ الذَّرِيَّةِ فِي النَّمْسَا

شباط/فبراير ٢٠٢٢

STI/PUB/1687

(نسخة ورقية) ISBN 978-92-0-615421-2

(نسخة PDF) ISBN 978-92-0-615921-7

ISSN 2520-6923

تصدير

يتمثل هدف الوكالة الرئيسي بموجب نظامها الأساسي في "تعزيز وتوسيع مساهمة الطاقة الذرية في السلام والصحة والازدهار في العالم أجمع". ويشمل عملنا منع انتشار الأسلحة النووية وضمان إتاحة التكنولوجيا النووية للأغراض السلمية في مجالات مثل الصحة والزراعة. ومن الضروري التصرف بطريقة مأمونة في جميع المواد النووية والمواد المشعة الأخرى وفي جميع المرافق التي يُحتفظ فيها بهذه المواد، ومن الضروري حمايتها بصورة مناسبة من الأفعال الإجرامية أو المتعمدة غير المأذون بها.

فالمسؤولية عن الأمن النووي تقع على عاتق كل دولة على حدة، بيد أن التعاون الدولي يعد عاملاً جوهرياً لدعم الدول في إنشاء وتعهد نُظم أمن نووي فعّالة. والدور الجوهري الذي تؤديه الوكالة في تيسير هذا التعاون وتقديم المساعدة إلى الدول هو أمر معترف به تماماً. ويعبر الدور الذي تؤديه الوكالة عن عضويتها الواسعة النطاق وولايتها ودرابنتها الفريدة وخبرتها الطويلة في تقديم المساعدة التقنية والإرشادات المتخصصة العملية إلى الدول.

وما انفكت الوكالة، منذ عام ٢٠٠٦، تصدر منشورات سلسلة الأمن النووي لمساعدة الدول على إنشاء نُظم وطنية فعّالة في مجال الأمن النووي. وتُكْمِل هذه المنشورات الصكوك القانونية الدولية المتعلقة بالأمن النووي، مثل اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية وتعديلها، والاتفاقية الدولية لمنع أعمال الإرهاب النووي، وقراري مجلس الأمن التابع للأمم المتحدة ١٣٧٣ و ١٥٤٠، ومدونة قواعد السلوك بشأن أمان المصادر المشعة وأمنها.

وتُوضع الإرشادات بمشاركة فعّالة من جانب خبراء من الدول الأعضاء في الوكالة، مما يكفل تعبير الإرشادات عن توافق في الآراء بشأن الممارسات الجيدة في مجال الأمن النووي. وتعمل لجنة إرشادات الأمن النووي التابعة للوكالة والتي أنشئت في آذار/مارس ٢٠١٢ والمكوّنة من ممثلي الدول الأعضاء على استعراض مسودات المنشورات في سلسلة الأمن النووي الصادرة عن الوكالة وتوافق عليها أثناء صياغتها.

وستواصل الوكالة العمل مع دولها الأعضاء لضمان إتاحة مزايا التكنولوجيا النووية السلمية لتحسين صحة، ورفاه وازدهار الناس في جميع أنحاء العالم.

ملحوظة تحريرية

الإرشادات الواردة في سلسلة الأمن النووي الصادرة عن الوكالة هي إرشادات غير ملزمة للدول، ولكن يجوز أن تستخدم الدول الإرشادات لكي تساعد على الوفاء بالتزاماتها بمقتضى الصكوك القانونية الدولية وعلى الاضطلاع بمسؤولياتها المتصلة بالأمن النووي داخل الدولة. وتهدف الإرشادات المعبر عنها بجمل تبدأ بالفعل "ينبغي" إلى عرض الممارسات الدولية الجيدة والإشارة إلى إجماع دولي بأن من الضروري أن تتخذ الدول الإجراءات الموصى بها أو ما يعادل ذلك من تدابير بديلة.

ويجب أن تُفهم المصطلحات ذات الصلة بالأمن حسب تعريفها الوارد في المنشور الذي ترد فيه، أو في الإرشادات الأعلى درجة التي يدعمها المنشور. وفي غير ذلك من الحالات، فإن الكلمات تُستخدم بمعانيها المتعارف عليها.

ويُعتبر التذييل جزءاً لا يتجزأ من المنشور. ويكون للمواد الواردة في أي تذييل نفس صفة المتن. وتُستخدم المرفقات لتوفير معلومات أو تفسيرات إضافية. ولا تُعتبر المرفقات أجزاءً لا تتجزأ من النص الرئيسي.

وعلى الرغم من توخي قدر كبير من الحرص للحفاظ على دقة المعلومات الواردة في هذا المنشور، لا تتحمل الوكالة ولا دولها الأعضاء أي مسؤولية عن العواقب التي قد تنشأ عن استخدام تلك المعلومات.

واستخدام تسميات معينة لبلدان أو أقاليم لا يعني ضمناً إصدار أي حكم من جانب الناشر، أي الوكالة، بشأن الوضع القانوني لهذه البلدان أو الأقاليم أو سلطاتها ومؤسساتها أو تعيين حدودها.

وذكر أسماء شركات أو منتجات معينة (سواء مع الإشارة إلى أنها مسجلة أو دون تلك الإشارة) لا يعني ضمناً وجود أي نية لانتهاك حقوق الملكية، كما لا ينبغي أن يُفسر على أنه تأييد أو توصية من جانب الوكالة.

المحتويات

- ١ - ١مقدمة
- ١ معلومات أساسية (١-١ إلى ٤-١)
- ٢ الهدف (٥-١)
- ٢ النطاق (٦-١ إلى ٨-١)
- ٤ الهيكل (٩-١)
- ٢ - ٢ دور التحليل الجنائي النووي في البنية التحتية الوطنية للأمن النووي
٤ (١٠-٢ إلى ٣-٢)
- ٦ التحليل الجنائي النووي كتدبير وقائي (٤-٢ إلى ٥-٢)
- ٦ خطة العمل النموذجية للتحليل الجنائي النووي (٦-٢ إلى ٨-٢)
- ٧ الإطار الوطني لتنفيذ قدرات التحليل الجنائي النووي (٩-٢ إلى ١٣-٢)
- التحليل الجنائي النووي فيما يتعلق بالصكوك القانونية الدولية والوطنية
- ٩ (١٤-٢ إلى ١٦-٢)
- ٣ - ٣ وضع خطة فحوص التحليل الجنائي وخطة تحاليل التحليل الجنائي النووي
المنظرة لها (١-٣ إلى ٤-٣) ١٠
- ١١ وضع خطة لتحاليل التحليل الجنائي النووي (٥-٣ إلى ٧-٣)
- ١٣ أخذ العينات الفرعية (٨-٣ إلى ٩-٣)
- ١٤ توزيع الأدلة (١٠-٣ إلى ١١-٣)
- ٤ - ٤ فحوص التحليل الجنائي للأدلة الملوثة بالنويدات المشعة (١-٤ إلى ٢-٤) ١٤
- ١٥ الأدلة الملوثة (٣-٤ إلى ٦-٤)
- ١٦ التعامل مع الأدلة الملوثة بالنويدات المشعة (٧-٤ إلى ١٣-٤)
- ٥ - ٥ التحليل في مختبر التحليل الجنائي النووي (١-٥) ١٨
- ١٩ تحديد الخصائص (٢-٥)
- ١٩ مختبر التحليل الجنائي النووي المكلف (٣-٥ إلى ٦-٥)

- أدوات التحليل (٥-٧ إلى ٥-١٠) ٢١
- تحديد تسلسل التقنيات والأساليب (٥-١١ إلى ٥-١٢) ٢١
- تحليل العينات (٥-١٣ إلى ٥-٢١) ٢٢

٦- تفسير نتائج التحليل الجنائي النووي (٦-١)..... ٢٦

- عمليات التفسير (٦-٢ إلى ٦-٦) ٢٦
- تكوين مكتبة وطنية للتحليل الجنائي النووي (٦-٧ إلى ٦-٩) ٢٧
- معرفة عمليات دورة الوقود النووي وتصنيع المصادر المشعة (٦-١٠ إلى ٦-١٥) ... ٢٨
- العمليات الاستنباطية والتكرارية (٦-١٦ إلى ٦-١٧) ٢٩

٧- استنباطات التحليل الجنائي النووي (٧-١) ٣١

- الثقة في الاستنباطات (٧-٢ إلى ٧-٤) ٣١
- الإبلاغ عن النتائج (٧-٥ إلى ٧-٨) ٣٢
- الاستعراض بعد اتخاذ الإجراءات (٧-٩ إلى ٧-١٠) ٣٣

٨- التعاون والمساعدة على الصعيد الدولي (٨-١) ٣٤

- التعاون الدولي (٨-٢ إلى ٨-٦) ٣٤
- المساعدة في مجال التحليل الجنائي النووي أثناء التحقيق في أحداث الأمن النووي (٨-٧ إلى ٨-١٠) ٣٥

٩- بناء قدرات التحليل الجنائي النووي (٩-١ إلى ٩-٢) ٣٧

- الوعي (٩-٣) ٣٧
- التدريب (٩-٤ إلى ٩-٥) ٣٨
- التمارين (٩-٦ إلى ٩-٧) ٣٨
- تطوير التعليم والدراية (٩-٨) ٣٩
- البحث والتطوير (٩-٩ إلى ٩-١٠) ٣٩

المراجع..... ٤١

٤٥	المرفق الأول: تخصصات علم التحليل الجنائي.....
٥١	المرفق الثاني: تقنيات تحديد الخصائص.....
٥٨	المرفق الثالث: أمثلة على أنشطة التعليم والتدريب والتمارين والبحث والتطوير.....
٦١	مسرد المصطلحات.....

١ - مقدّمة

معلومات أساسية

١-١ - علم التحليل الجنائي، الذي يشار إليه باسم 'التحليل الجنائي'، هو فحص الأدلة الفيزيائية والبيولوجية والسلوكية والوثائقية في سياق القانون الدولي أو الوطني. والهدف من التحليل الجنائي هو اكتشاف الروابط بين الأشخاص والأماكن والأشياء والأحداث. وعلم التحليل الجنائي النووي هو تخصص فرعي من علم التحليل الجنائي، ويشار إليه باسم 'التحليل الجنائي النووي'. ويتمثل التحليل الجنائي النووي في فحص المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى أو الأدلة الملوثة بالنويدات المشعة في سياق الإجراءات القانونية المتخذة بموجب القانون الدولي أو الوطني المتعلق بالأمن النووي. ويسعى تحليل المواد المشعة النووية أو المواد المشعة الأخرى إلى تحديد ماهية هذه المواد، وكيف ومتى وأين صنعت، وماذا كانت استخداماتها المعترمة. ويجب إجراء فحص التحليل الجنائي النووي بطريقة آمنة ومأمونة معاً، بغية ضمان حماية الجمهور والبيئة والأدلة [١].

١-٢ - وقد حدثت في منتصف تسعينات القرن العشرين زيادة في الإبلاغ عن المواد النووية والمواد المشعة الأخرى الخارجة عن التحكم الرقابي، الذي يرد تحديد نطاقه في معايير الأمان الأساسية الدولية [١]، واعتُبرت تلك الزيادة دلالة على حدوث زيادة في الاتجار غير المشروع بهذه المواد. واعترف المجتمع الدولي بأن هذه الزيادة في الاتجار غير المشروع تمثل تهديداً أمنياً كبيراً. ومن أجل التحقيق في حوادث الاتجار هذه المتعلقة بالمواد النووية والمواد المشعة الأخرى، احتاجت السلطات الوطنية إلى معلومات عن المادة وكيف ومتى وأين أنتجت، وسيرتها اللاحقة. وأدت هذه التحقيقات إلى ميلاد التحليل الجنائي النووي كعنصر أساسي في البنية التحتية للأمن النووي [٢].

١-٣ - وبالنظر إلى الاستخدام الواسع الانتشار والمهم للمواد النووية والمواد المشعة الأخرى، ينبغي لجميع الدول أن تدرك دور التحليل الجنائي النووي في دعم الأمن النووي. فالتحليل الجنائي النووي، باستخدام القدرات التي تحتفظ بها الدولة، يمكن أن يساعد على إجراء التحقيقات في أحداث الأمن النووي وأن يساعد كذلك على تحديد ومعالجة نقاط الضعف في البنية التحتية للأمن النووي للدولة. ويتسم وجود قدرات التحليل الجنائي النووي كتدبير وقائي بالفعالية لأنه يدعم تحديد أوجه القصور في أمن المواد كما يدعم الملاحقة القضائية على الجرائم الجنائية المتعلقة بهذه المواد.

١-٤ - وتسليماً بما لقدرات التحليل الجنائي النووي من فوائد لتنفيذ البنى التحتية الوطنية للأمن النووي، نشرت الوكالة أولاً، في عام ٢٠٠٦، إرشادات تقنية حول هذا المجال في

العدد ٢ من سلسلة الوكالة للأمن النووي بعنوان 'دعم التحليل الجنائي النووي'^١، استناداً إلى نهج معمم بشأن إجراء فحوص التحليل الجنائي النووي وضعه الفريق العامل التقني الدولي المعني بالتحليل الجنائي النووي (الفريق العامل) [٣]. ومنذ صدور ذلك المنشور، أحرز مزيد من التقدم في التحليل الجنائي النووي. وطُبقت فحوص التحليل الجنائي النووي بنجاح على عدد من الحالات المبلغ عنها المتعلقة بالاتجار غير المشروع باليورانيوم والبلوتونيوم شديدي الإثراء، وكذلك على أحداث متعلقة بالمواد النووية والمواد المشعة الأخرى الخارجة عن التحكم الرقابي. كما استُخدمت تقنيات مشابهة للتقنيات المستخدمة في التحليل الجنائي النووي لدعم جهود مكافحة الإرهاب النووي والامتثال لمختلف الصكوك القانونية الدولية، مثل اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية [٤]. وفي ضوء هذه التطورات، تم تحديث منشور الإرشادات التقنية المعنون 'دعم التحليل الجنائي النووي' لكي يشكل الأساس لهذا الدليل الخاص بالتنفيذ.

الهدف

٥-١ - الهدف من هذا المنشور هو تزويد صانعي السياسات والسلطات المختصة ومسؤولي إنفاذ القانون والموظفين التقنيين على الصعيد الوطني بإرشادات حول دور التحليل الجنائي النووي في سياق التحقيق في طائفة متنوعة من أحداث الأمان النووي المحتملة المتعلقة بالمواد النووية والمواد المشعة الأخرى الخارجة عن التحكم الرقابي. ويُعتمد في هذا المنشور وصف دور التحليل الجنائي النووي في دعم التحقيقات في أحداث الأمان النووي وتوفير سياق للتحليل الجنائي النووي في إطار البنية التحتية الوطنية للأمن النووي. وبالإضافة إلى ذلك، يعرّز هذا المنشور التعاون الدولي من خلال تشجيع الدول على التماس المساعدة أو تقديمها، عند الاقتضاء، فيما يتعلق بتنمية القدرات أو أثناء التحقيق في أحداث الأمان النووي.

النطاق

٦-١ - يقدم هذا المنشور ما يلي: وصف فحوص التحليل الجنائي النووي؛ ودور التحليل الجنائي النووي في البنية التحتية الوطنية للأمن النووي، بما في ذلك التحقيق في أحداث الأمان النووي؛ وآليات التعاون الدولي والمساعدة الدولية في مجال التحليل الجنائي النووي. ويصف المنشور أيضاً العناصر الأساسية لبناء قدرات التحليل الجنائي النووي، بما في ذلك

^١ الوكالة الدولية للطاقة الذرية، دعم التحليل الجنائي النووي، العدد ٢ من سلسلة الوكالة للأمن النووي، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠٠٦). ويحل هذا الدليل الخاص بالتنفيذ محل منشور الإرشادات التقنية الصادر في عام ٢٠٠٦.

التوعية والتعليم وتنمية الخبرات والتدريب. وعلاوة على ذلك، يشدد هذا المنشور على أن قدرات التحليل الجنائي النووي تشمل أكثر من مجرد الأدوات أو القياسات التحليلية. فالتحليل الجنائي النووي ينطوي على وضع خطة شاملة تنفذها الدول لتحديد منشأ وسيرة المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى دعماً لتحقيق إنفاذ القانون أو تحقيق الأمن النووي. وقد تشمل هذه التحقيقات، على سبيل المثال لا الحصر، حوادث الاتجار غير المشروع أو الحالات الأخرى التي تواجه فيها المواد النووية والمواد المشعة الأخرى الخارجة عن التحكم الرقابي.

٧-١- ولا يقدم هذا المنشور إرشادات مفصلة حول تصميم مختبر يمكن أن تُجرى فيه فحوص التحليل الجنائي النووي أو تجهيز ذلك المختبر أو تزويده بالموظفين؛ كما لا يقدم المنشور إرشادات مفصلة حول إدارة مسرح الجريمة الإشعاعية، أو إجراء أو إدارة التحقيق في أحداث الأمن النووي، أو فحوص التحليل الجنائي التقليدية، على الرغم من أن كلاً من هذه المواضيع يساهم في نجاح فحص التحليل الجنائي النووي. ويشمل التحليل الجنائي التقليدي فحص الأدلة الفيزيائية والبيولوجية والوثائقية الذي تجريه سلطات التحقيق في سياق تخصصات التحليل الجنائي التقليدي. وتشمل الأمثلة على هذه التخصصات ما يلي:

- بصمات الأصابع؛
- العلامات الجينية، مثل الحمض النووي للنواة والحمض النووي للميتوكوندريا؛
- طبقات الأحذية والإطارات؛
- العلامات التي تخلفها الأدوات؛
- المتفجرات والدهانات والمواد الكيميائية الأخرى؛
- علم المعادن؛
- الأدلة النزرة، مثل الألياف والشعر وحبوب اللقاح.

٨-١- وهذا المنشور يدعم المنشور المعنون 'توصيات الأمن النووي بشأن المواد النووية والمواد المشعة الأخرى الخارجة عن التحكم الرقابي' [٥]، الصادر في عام ٢٠١١، وتكمله منشورات أخرى في سلسلة الأمن النووي الصادرة عن الوكالة، وهي:

- مكافحة الاتجار غير المشروع بالمواد النووية والمواد المشعة الأخرى [٦]؛
- توصيات الأمن النووي بشأن الحماية المادية للمواد النووية والمرافق والنووية (INFCIRC/225/Revision 5) [٧]؛
- تحديد المصادر المشعة والأجهزة المشعة [٨]؛
- إدارة مسرح الجريمة الإشعاعية [٩].

١-٩- بعد هذه المقدمة، يوضح القسم ٢ خطة العمل النموذجية للتحليل الجنائي النووي، ويسلط الضوء على القضايا التي يتعين على جميع الدول النظر فيها في مجال تطوير قدرات التحليل الجنائي النووي. ويشرح القسم ٣ أهمية وضع خطة لفحوص التحليل الجنائي وخطة لتحليل التحليل الجنائي النووي. ويعرض القسم ٤ النهج المختلفة لإجراء فحوص التحليل الجنائي على الأدلة الملوثة بالنويدات المشعة. ويناقش القسم ٥ احتياجات مختبر التحليل الجنائي النووي المكلف والأنواع المختلفة لتحليل التحليل الجنائي النووي. ويقدم القسم ٦ لمحة عامة عن الطرائق والعمليات التي ينطوي عليها تفسير نتائج التحليل الجنائي النووي، ويتناول القسم ٧ دور الثقة في نتائج التحليل والإبلاغ بالنتائج. ويصف القسم ٨ التعاون الدولي لأغراض التحليل الجنائي النووي والاعتبارات التي ينبغي أن تُراعى عند طلب المساعدة في مجال التحليل الجنائي النووي. ويناقش القسم ٩ أنشطة بناء القدرات الوطنية التي ينبغي القيام بها من أجل تكوين قدرات التحليل الجنائي النووي والحفاظ عليها. وتوفّر ثلاثة مرفقات، على التوالي، معلومات أكثر تفصيلاً عن تقنيات تحديد الخصائص، وعن تخصصات علم التحليل الجنائي الأخرى، وعن الأمثلة على الأنشطة المتاحة دولياً في مجال بناء القدرات. ويلى المرفقات مسرد المصطلحات، الذي تمت فيه مواعمة التعاريف مع المنشورات الأخرى التي أصدرتها الوكالة والأمم المتحدة.

٢- دور التحليل الجنائي النووي في البنية التحتية الوطنية للأمن النووي

٢-١- تنتشر المواد النووية والمواد المشعة الأخرى على كامل نطاق دورة الوقود النووي، كما تُستخدم على نطاق واسع في الصناعات الأخرى، وفي البحوث، والدراسات الطبية والبيولوجية، والتطبيقات التقنية والعلمية الأخرى. ومن مسؤولية الدولة تنفيذ بنية تحتية للأمن النووي من أجل حماية هذه المواد، بما في ذلك اتخاذ تدابير ترمي إلى منع وقوع أحداث الأمن النووي والكشف عنها والتصدي لها. وعند اكتشاف مواد نووية أو مواد مشعة أخرى خارجة عن التحكم الرقابي، ينبغي أن تكون الدول مستعدة للتصدي المناسب، بما يشمل تطبيق التحليل الجنائي النووي لدعم التحقيقات. وترد في الجدول ١ بعض الأمثلة على المواد النووية والمواد المشعة الأخرى.

الجدول ١- أمثلة على أنواع المواد النووية والمواد المشعة الأخرى

نوع المواد	أمثلة
المواد النووية	البلوتونيوم
	اليورانيوم-٢٣٣
	الكربون-١٤
النويدات المشعة الطبية	الكوبالت-٥٧
	الغاليوم-٦٧
	اليود-١٢٣
	التكنيشيوم-٩٩ المستقر
النويدات المشعة الصناعية	الأمريسيوم-٢٤١
	الباريوم-١٣٣
	الكاديوم-١٠٩
	الكاليفورنيوم-٢٥٢
	السيزيوم-١٣٧
	اليورانيوم-٢٣٥
	اليورانيوم-٢٣٨
	اليود-١٢٥
	اليود-١٣١
	التاليوم-٢٠١
	الكوبالت-٦٠
	الإيريديوم-١٩٢
	الشترنشيوم-٩٠

٢-٢- وتحتوي قاعدة بيانات الوكالة للحوادث والاتجار غير المشروع^٢ على معلومات، مبلغ عنها طواعية من قِبل الدول، بشأن الحيازة غير المأذون بها للمواد النووية والمواد المشعة الأخرى أو سرقتها أو فقدانها أو الأنشطة الأخرى غير المأذون بها المتعلقة بتلك المواد. وفي الفترة من كانون الثاني/يناير ١٩٩٣ إلى كانون الأول/ديسمبر ٢٠١٣، أُبلغ إلى قاعدة البيانات عن ٢٤٧٧ حادثة مؤكدة. ومن بين هذه الحوادث المؤكدة، كانت ٤٢٤ حادثة تتعلق بالحيازة غير المأذون بها والأنشطة الإجرامية ذات الصلة (١٦ منها تتعلق باليورانيوم أو البلوتونيوم شديدي الإثراء)، و ٦٦٤ تتعلق بسرقة المواد المشعة النووية أو المواد المشعة الأخرى أو فقدانها، وما مجموعه ١٣٣٧ حالة تتعلق بأنشطة أو أحداث أخرى غير مأذون بها. وقد تنتمي الحادثة إلى أكثر من نوع واحد من الأنواع المذكورة، وعلى سبيل المثال سرقة مصدر مشع والشروع في بيعه لاحقاً. ومن ثم يمكن أن يختلف مجموع الحوادث ضمن الفئات المختلفة عن العدد الإجمالي للحوادث. وفي ٦٩ حالة، كانت المعلومات المبلغ عنها غير كافية لتحديد فئة الحادثة.

٢-٣- ويدل مستوى الإبلاغ على أنه، على الرغم من وجود البنى التحتية الوطنية للأمن النووي، لا تزال تقع حوادث تتعلق بالمواد النووية والمواد المشعة الأخرى الخارجة عن التحكم الرقابي — سواء عن غير قصد، من خلال فقدان مثلاً، أو عن قصد، نتيجة للأعمال الإجرامية، مثل السرقة. وبالنظر إلى هذه المعلومات، تدعو الحاجة إلى أن تطور الدول القدرة على منع وقوع أي حدث يتعلق بالمواد النووية أو المواد المشعة الأخرى تكون له تداعيات

^٢ انظر <http://www-ns.iaea.org/security/itdb.asp>.

على الأمن النووي، وكشفه والتصدي له. ويشار إلى هذه الأحداث باسم أحداث الأمن النووي [٥]. ويمكن أن تكون فحوص التحليل الجنائي النووي عنصراً مهماً في التصدي لحدث الأمن النووي.

التحليل الجنائي النووي كتدبير وقائي

٢-٤- يمكن إدراج الدروس المستفادة من التحقيق في حدث الأمن النووي في تدابير الأمن النووي، بما يحسّن تلك التدابير وبذلك يساعد على منع وقوع أحداث الأمن النووي في المستقبل. وعلى سبيل المثال، قد يتبين من استنباطات التحليل الجنائي النووي أن المادة كانت قد سُحبت من مرفق أو موقع كانا سابقاً يعتبران أمنين. ويمكن أن تحدّد أوجه قصور في نظم حصر المواد أو نظم الأمن النووي، على مستوى المنشأة ومستوى الدولة على حد سواء.

٢-٥- كما أن معرفة أن الدولة تمتلك قدرات التحليل الجنائي النووي يمكن أن تشكّل رادعاً للأفراد أو الجماعات ممن قد يعتزمون، لولا تلك المعرفة، تسريب المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى أو الاتجار غير المشروع بها [٤]. وسيعتمد نجاح التحليل الجنائي النووي كرادع على تنفيذها بمصادقية وإثبات نجاحها في دعم التحقيقات ونجاح الإجراءات القانونية اللاحقة التي تعتمد على هذه النتائج.

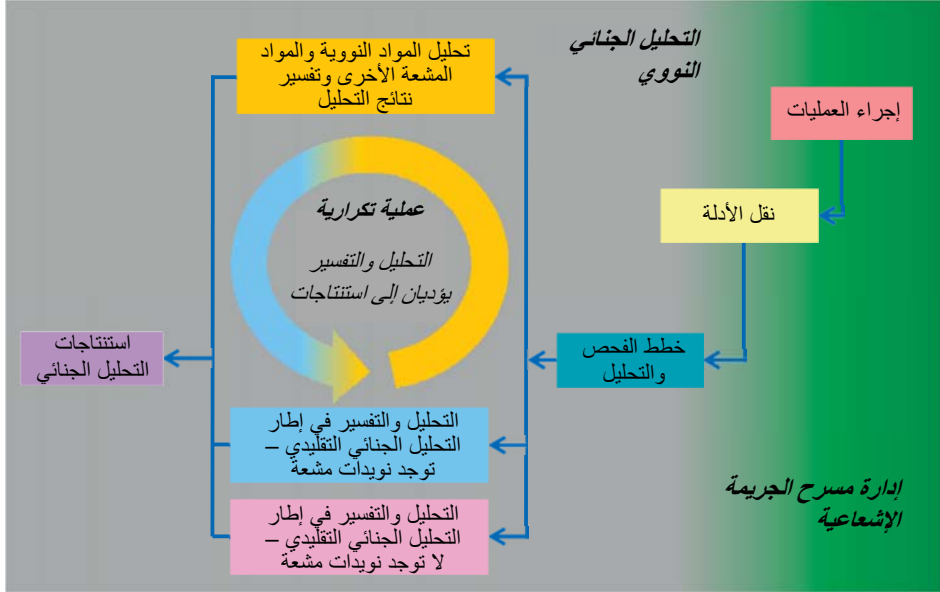
خطة العمل النموذجية للتحليل الجنائي النووي

٢-٦- تقدّم خطة العمل النموذجية للتحليل الجنائي النووي الموضحة في الشكل ١ إرشادات عامة حول إجراء فحص التحليل الجنائي النووي وما يتصل به من أنشطة ينبغي القيام بها في سياق التحقيق في أحداث الأمن النووي. وتتناول الخطة الأنشطة التي تضطلع بها السلطات التي تطلب إجراء فحوص التحليل الجنائي النووي والمختبرات التي قد يُطلب منها إجراء التحليل والتفسير.

٢-٧- وتُجرى فحوص التحليل الجنائي النووي للإجابة على الأسئلة الرئيسية التي تطرحها سلطة التحقيق، والتي قد تتصل بالاستخدام المعتزم للمواد النووية أو المواد المشعة الأخرى التي ينطوي عليها حدث الأمن النووي قيد التحقيق وبسيرة تلك المواد ومنشئها. وستتأثر الأسئلة التي تطرحها سلطة التحقيق بطبيعة حدث الأمن النووي وبأى إجراءات قانونية ذات صلة قد تنشأ نتيجة للتحقيق.

٢-٨- وقد يؤدي التحليل والتفسير في إطار التحليل الجنائي النووي إلى التوصل إلى نتائج بشأن المواد المرتبطة بحدث الأمن النووي. وعند جمع هذه النتائج مع جوانب التحقيق الأخرى،

بما فيها نتائج التحليل الجنائي التقليدي، يمكن استخلاص استنتاجات بشأن الارتباطات بين المواد والأشخاص والأماكن والأحداث وعمليات الإنتاج. وينبغي أن تدرك الدول أنه على الرغم من أن قدرات التحليل الجنائي النووي قد لا تُستخدم بانتظام فإنها قد تؤدي دوراً مهماً في التحقيق في أحداث الأمن النووي.



ملحوظة: يشير تظليل الخلفية إلى الانتقال من إدارة مسرح الجريمة الإشعاعية إلى التحليل الجنائي النووي.

الشكل ١ - خطة العمل النموذجية للتحليل الجنائي النووي: عملية تدعم التحقيق في حدث الأمن النووي.

الإطار الوطني لتنفيذ قدرات التحليل الجنائي النووي

٩-٢- ينبغي أن تكون لدى جميع الدول خطة وطنية للتصدي لأحداث الأمن النووي من أجل توفير ما يلزم للتصدي المناسب والمنسّق. وبما أن التحليل الجنائي النووي يمكن أن يؤدي دوراً رئيسياً في التحقيق في حدث الأمن النووي فينبغي دمج خطة العمل النموذجية للتحليل الجنائي النووي (انظر الشكل ١) في خطة التصدي الوطنية، بقدر الإمكان.

١٠-٢- وينبغي أن تضمن الدول أن تكون الأدوار والمسؤوليات الخاصة بالتحليل الجنائي النووي فيما يتعلق بأحداث الأمن النووي محددة تحديداً واضحاً، وأن تكون الخبرات والأدوات والإجراءات اللازمة في هذا الصدد موجودة. وينبغي أن يوفّر أيضاً ما يلزم للتخزين المأمون والأمن للمواد النووية والمواد المشعة الأخرى التي تُضبط، وكذلك وسائل النقل المأمون والأمن

لهذه المواد من ساحة حدث الأمن النووي إلى موقع لتخزين الأدلة. ويمكن أن يكون موقع التخزين المذكور مختبراً قادراً على الاضطلاع بتحديد خصائص المواد المجموعة، أو يمكن أن يكون موقعاً مؤقتاً يمكن الاحتفاظ فيه بالمواد المضبوطة إلى أن تُنقل إلى مختبر مسمى للتحليل الجنائي النووي لتحليلها.

١١-٢- وينبغي أن يبدأ تطوير قدرات التحليل الجنائي النووي داخل الدولة بتحديد القدرات الموجودة، بما فيها المرافق القائمة بالفعل والدراية ذات الصلة المستخدمة بالفعل لأغراض أخرى، وإنشاء آليات لاستخدام تلك القدرات في التحقيق. وقد توجد القدرات ذات الصلة، على سبيل المثال، في مؤسسات الوقاية من الإشعاعات، أو أقسام الكيمياء الإشعاعية أو الفيزياء النووية في الجامعات، أو مختبرات الرصد البيئي، أو مختبرات مراقبة النوعية التابعة لمرافق دورة الوقود النووي، أو مؤسسات الأمن والدفاع. وقد يكون بوسع بعض الدول أن تستخدم الدراية أو البنى التحتية التي أنشئت للمساعدة على التحقق من الامتثال للمعاهدات الدولية أو الانضمام إليها، بما في ذلك معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية [١٠] واتفاقية الحماية المادية للمواد النووية [٤] وتعديلها لعام ٢٠٠٥ [١١] (الذي لم يدخل حيز النفاذ بعد).

١٢-٢- ويمكن أن تنشئ الدول أيضاً، عند الإمكان، مكتبة وطنية للتحليل الجنائي النووي تخضع لسيطرتها، للتمكن من إجراء تقييم ذي مصداقية لما إن كانت المواد النووية والمواد المشعة الأخرى التي تصادف خارج التحكم الرقابي متوافقة أم غير متوافقة مع المواد المنتجة أو المستخدمة أو المخزونة داخل الدولة. وللإطلاع على مزيد من المناقشة حول تكوين مكتبة وطنية للتحليل الجنائي النووي، انظر الفقرات ٦-٧ إلى ٦-٩.

١٣-٢- ويتيح التعاون الدولي للدول أن تطلب المساعدة وتلقاها وتقدمها في مجال التحليل الجنائي النووي من أجل المساعدة على تطوير القدرات أو ضمن التحقيق في أحداث الأمن النووي. وقد لا تكون الأدوات التحليلية المتخصصة اللازمة لتحديد خصائص المواد النووية والمواد المشعة الأخرى متاحة إلا في عدد قليل من المختبرات على صعيد العالم، وقد لا تكون مطلوبة إلا للتحقيق في أقلية من أحداث الأمن النووي. ويمكن للدول التي ليست لديها القدرات الوطنية اللازمة لإجراء تحديد كامل لخصائص المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى أو الأدلة الملوثة بالنويدات المشعة أن تختار عقد اتفاقات أو ترتيبات ثنائية أو متعددة الأطراف مع المختبرات لتوفير المزيد من قدرات التحليل الجنائي النووي و/أو لتسهيل تقديم المساعدة إذا دعت الحاجة إلى ذلك (انظر الفقرات ٨-٧ إلى ٨-١٠).

التحليل الجنائي النووي فيما يتعلق بالصكوك القانونية الدولية والوطنية

١٤-٢- المسؤولية عن الأمن النووي، ومن ثم عن التحليل الجنائي النووي، تقع بالكامل على عاتق كل دولة على حدة. ولا يوجد حالياً صك قانوني دولي وحيد يعالج جميع جوانب البنية التحتية للأمن النووي معالجة كاملة. ويشمل الأساس القانوني للأمن النووي مجموعة من الصكوك القانونية الدولية الملزمة، مثل الاتفاقيات والمعاهدات (وهي ملزمة للدول الأطراف فيها)، وقرارات مجلس الأمن التابع للأمم المتحدة (وهي ملزمة للدول الأعضاء في الأمم المتحدة)، بما في ذلك الاتفاقيات والمعاهدات الواردة في المراجع [٤، ١٠-٢٠]، وكذلك المبادئ المعترف بها التي وضعت لترويج التكنولوجيا النووية واستخدامها الأمن والمأمون. وقد أنشأت هذه الصكوك القانونية الدولية التزامات تقتضي من الدول، في جملة أمور، إنشاء جرائم فيما يتعلق بأفعال متعمدة منصوص عليها تنطوي على إساءة استخدام المواد النووية والمواد المشعة الأخرى، وتنفيذ آليات لطلب المساعدة وتلقيها وتقديمها. كما تحتوي هذه الصكوك على أحكام بشأن إعادة هذه المواد في ظروف محددة وبموجب شروط معينة. وتتيح الصكوك القانونية الثنائية والمتعددة الأطراف التعاون ومشاركة المعلومات والقدرات، وتعزز الأمن الدولي.

١٥-٢- ويدعم التحليل الجنائي النووي تنفيذ التدابير التي يتطلبها ما يلي:

(أ) الإطار القانوني الدولي للأمن النووي والطريقة التي يحكم بها ذلك الإطار العلاقات بين الدول، لا سيما التعاون والمساعدة على التحقيق في أحداث الأمن النووي التي لها آثار عابرة للحدود؛

(ب) الإطار القانوني الوطني للأمن النووي، لا سيما الإطار الذي يدعم الإجراءات القانونية للدولة فيما يتعلق بأحداث الأمن النووي، بما في ذلك الملاحقة الجنائية المحتملة.

١٦-٢- وينبغي للدول أن تضمن إنشاء وصون إطار قانوني ورقابي شامل لدعم السلطات المختصة ومنحها الصلاحيات اللازمة. وتشمل المسؤوليات التي ينبغي تحديدها والوفاء بها وضع اللوائح التنظيمية، والجمارك وحماية الحدود، ونقل المواد، وأعمال الشرطة وإنفاذ القانون، والملاحقة القضائية والفصل في الجرائم المزعوم ارتكابها المتعلقة بالمواد النووية أو المواد المشعة الأخرى.

٣- وضع خطة فحوص التحليل الجنائي وخطة تحاليل التحليل الجنائي النووي المناظرة لها

٣-١- لأغراض التحقيق في أحداث الأمن النووي، ينبغي لسلطة التحقيق، بعد إجراء التقييم الأولي في ساحة الحدث، بما في ذلك تصنيف المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى، أن تعد خطة فحوص التحليل الجنائي بالتشاور مع مختبرات التحليل الجنائي ذات الصلة، بما فيها مختبرات التحليل الجنائي النووي المكلفة. ويُجرى التصنيف لتحديد الآثار الواقعة على الأمن النووي ومدى خطر المواد المضبوطة على المتصددين الأوائل ومسؤولي إنفاذ القانون والجمهور. وينبغي أن تبين خطة فحوص التحليل الجنائي متطلبات الفحوص التي يتعين إجراؤها لدعم الملاحقة الجنائية المحتملة. وفضلاً عن ذلك، ينبغي أن توضع في الاعتبار عند إعداد خطة فحوص التحليل الجنائي أي متطلبات للاحتفاظ بالعينات التي قد تطلبها المحكمة إذا استُخدمت نتائج التحقيق في الإجراءات القانونية.

٣-٢- وأحد التحديات التي تصادف في إجراء فحوص التحليل الجنائي هو تحديد التسلسل الذي يتعين أن تُجرى به هذه الفحوص. وينبغي أن يكفل تسلسل الفحوص التي تُجرى في تخصصات التحليل الجنائي التقليدية وفي التحليل الجنائي النووي، على حد سواء، الحصول على المعلومات ذات الأهمية الحاسمة دون تأخير لا ضرورة له، وأن تكون كمية ونوعية البيانات المستمدة من كل عينة على حدة متوافقة مع الطلب المقدم من سلطة التحقيق الرئيسية. ويزيد وجود النويدات المشعة من هذا التحدي، لأنه قد يقيّد أنواع الفحوص التي يمكن إجراؤها والأماكن التي يمكن إجراؤها فيها. وينبغي بيان تسلسل الفحوص في خطة فحوص التحليل الجنائي.

٣-٣- وينبغي أن توضع في الاعتبار في خطة فحوص التحليل الجنائي احتياجات التحقيق، والقيمة المتصورة لنتائج التحقيق المتوقعة، والفقدان المعروف أو المحتمل للخصائص الأساسية بمرور الزمن إذا تأخرت الفحوص، والإجراءات الوطنية لأداء الفحوص في تخصصات التحليل الجنائي التقليدية وفي التحليل الجنائي النووي. وبصفة عامة، ينبغي إعطاء الفحوص التي يمكن أن تحدد نتائجها هوية أحد الأفراد تحديداً دقيقاً (مثل تحليل الحمض النووي أو فحص بصمات الأصابع) أولوية أعلى من الأولوية التي تُعطى للفحوص التي من المرجح ألا تحدد فيها النتائج إلا مجموعة أو فئة (على سبيل المثال طبعات الأحذية أو الإطارات، أو وجود نوع معين من المتفجرات). غير أن وجود معلومات تحقيقية أو استخباراتية أخرى قد يعزز قيمة النتائج المتعلقة بالخصائص الفئوية، وخصوصاً عندما يكون تضيق نطاق الاحتمالات أمراً حاسماً للأهمية لتركيز التحقيق.

٣-٤- ودعماً لخطة فحوص التحليل الجنائي، ينبغي لكل من مختبرات التحليل الجنائي المعنية أن يعد خطة تحاليل بالتشاور مع سلطة التحقيق الرئيسية. وهذا التشاور مهم لضمان عدم إغفال المتطلبات الرئيسية لخطة الفحوص لدى إعداد خطط التحاليل لكل من مختبرات التحليل الجنائي.

وضع خطة لتحاليل التحليل الجنائي النووي

٣-٥- ينبغي وضع خطة لتحاليل التحليل الجنائي النووي لكي تبيّن على وجه التحديد أنواع التحاليل التي ستُجرى لتلبية متطلبات التحقيق ولكي تبيّن تسلسل التحاليل المتصلة بالمواد النووية أو المواد المشعة الأخرى والأدلة الملوثة بالنويدات المشعة. ويشمل أحد العناصر الأساسية لخطة تحاليل التحليل الجنائي النووي تحديد الخصائص، الذي يُجرى لتحديد طبيعة المواد المشعة والأدلة المرتبطة بها (بشأن الأدوات التحليلية والطرائق والتقنيات المختبرية المنطبقة على تحديد الخصائص، انظر الفقرات ٥-٧ إلى ٥-١٠ و ٥-١٣ إلى ٥-٢١، على التوالي). وينبغي أن يعد خطة تحاليل التحليل الجنائي النووي مختبر/مختبرات التحليل الجنائي النووي المكلف/المكلفة، مع مساهمة من سلطة التحقيق وبموافقة منها في نهاية المطاف، بحيث تلي خطة احتياجات خطة فحوص التحليل الجنائي واحتياجات التحقيق. وينبغي أن تكون خطة تحاليل التحليل الجنائي النووي مرنة وقابلة للتكيف بحيث يتسنى تنقيح احتياجات فحوص التحليل الجنائي لدى الحصول على معلومات جديدة من خلال التحقيق أو من خلال تحليل العينات. ويمكن تعديل خطة تحاليل التحليل الجنائي النووي حسب الحاجة، مع التشاور والتوثيق المناسبين.

أنواع العينات والتحاليل

٣-٦- ينبغي أن توضع في الاعتبار عند وضع خطة تحاليل التحليل الجنائي النووي أنواع العينات والتحاليل اللازمة للإجابة على الأسئلة التي تطرحها سلطة التحقيق. ويقدم الجدول ٢ بعض الأمثلة على أنواع العينات التي يمكن جمعها أثناء التحقيق في حدث الأمن النووي، وقيمتها المحتملة للتحليل الجنائي، ومتطلبات فحص هذه العينات. وبسبب تنوع طابع هذه الأنواع من العينات ومتطلباتها المحددة، قد لا يتسنى تحليل جميع العينات في نفس الموقع المادي (على سبيل المثال، في جزء من مرفق أو من مختبر)، وينبغي مراعاة ذلك عند وضع خطة تحاليل التحليل الجنائي النووي. فمثلاً إذا كان من المطلوب تحليل نويدات مشعة نزرّة فلن تُجرى هذه القياسات بنفس أجهزة التجارب التي تُجرى بها التحليل الإجمالي للمواد النووية والمواد المشعة الأخرى أو بأجهزة مشابهة لها.

الجدول ٢ - أنواع العينات التي يمكن أن تدعم خطة تحاليل التحليل الجنائي النووي

نوع العينة	قيمتها المحتملة للتحاليل الجنائية	متطلبات فحصها
المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى الإجمالية	تحديد الحيازة غير المأثون بها تحديد المناشئ المحتملة للمواد تحديد سيرة عمليات تجهيز المواد الربط بين الحالات التي اكتُشفت فيها نفس المواد	القدرات والبنى التحتية اللازمة للتعامل مع المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى الإجمالية وتحديد خصائصها الدراسة اللازمة في مجال تكنولوجيا دورة الوقود لتفسير النتائج
المفردات الملوثة بالنويدات المشعة	تحديد الأماكن التي تم فيها التعامل مع المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى أو تجهيزها تحديد المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى الإضافية التي ربما يكون قد تم سابقاً التعامل معها في موقع وُجدت فيه مواد إجمالية الربط بين من لهم صلة بالمواد أو يشتبه في أن لهم صلة بها	الخبرة في مجال تحليل الكميات النزرية من المواد النووية والمواد المشعة الأخرى وفهم المحدوديات المحتملة لهذه العينات والنتائج (مثلاً تأثير الخلفية البيئية) القدرة على عزل العينات الصغيرة وتحليلها الدراسة في مجال التحاليل الجنائية التقليدية والتحليل الجنائي التقليدي
العينات البيولوجية (أي البول والدم والشعر والأنسجة)	تحديد الأفراد الذين قاموا بالتعامل مع المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى تحديد الأفراد الذين تلقوا جرعة إشعاعية خارجية ربط الأفراد بالأحداث المتعلقة بالمواد النووية أو المواد المشعة الأخرى	الخبرة في مجال تحاليل المقاييس البيولوجية للمواد أو قياس الجرعات التي تصيب الدم الدراسة في مجال الفيزياء الصحية أو البيولوجيا الإشعاعية، اللازمة لتفسير النتائج
العينات البيئية أو الجيولوجية المرتبطة بالمواد النووية أو المواد المشعة الأخرى	تحديد دروب أو مسالك التهريب التي يحتمل أن تكون المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى قد نُقلت عبرها	الدراسة بالتحليل البيئي (أي المعادن والأغبرة وحبوب اللقاح) وتفسير البيانات الجيولوجية والجيوكيميائية

الاعتبارات المخبرية

٣-٧- ينبغي للمختبر الذي يقوم بتحليل التحليل الجنائي النووي أن يعمل بموجب خطة لضمان النوعية تشمل سلسلة عهدة العينات، والإجراءات التحليلية المصادق عليها، والموظفين ذوي الكفاءات المثبتة، والإجراءات الموثقة، ونماذج الإبلاغ القياسية، وإدارة السجلات. وينبغي أن تتضمن إجراءات تحليل التحليل الجنائي النووي بيانات عن مكافحة التلوث أو التلوث المنتقل تنطبق صراحة على التلوث بالنويدات المشعة. وعند وضع خطة تحليل التحليل الجنائي النووي، ينبغي أن يحدّد المختبر الإجراءات التي ينبغي اتباعها وكمية المواد اللازمة لكل تحليل، مع أي حيودات متوقعة عن الإجراءات الموثقة. كما ينبغي أن تتناول خطة التحليل الجنائي النووي أي تداخل لازم مع تحليل التحليل الجنائي التقليدي، وعلى سبيل المثال ما إن كان مختبر التحليل الجنائي النووي سيساعد في عملية جمع الأدلة التقليدية أو إزالة التلوث الإشعاعي من المواد قبل فحصها بواسطة مختبر التحليل الجنائي التقليدي (انظر القسم ٤). وعلاوة على ذلك فإن القيمة الإثباتية لنتائج التحليل الجنائي النووي، حتى عندما تكون تلك النتائج مستندة إلى تحليل ملتزمة بالبروتوكولات والمعايير ذات الصلة، قد تتضرر بشدة من خلال الحيود عما تنص عليه خطة فحوص التحليل الجنائي من بارامترات ومن فحوص مطلوبة. ولذلك يجب على خبراء إنفاذ القانون أن يُبلغوا المختبرات، بطريقة لا ليس فيها، بالأساليب والمعايير المقبولة للاستخدام لاحقاً في المحاكم، فضلاً عن الآثار المحتملة لأي حيود عن خطة تحليل التحليل الجنائي النووي.

أخذ العينات الفرعية

٣-٨- بالنسبة لعينات المواد النووية والمشعة الإجمالية، يمكن أن تكون العينة الكاملة أكبر من حجم العينة المحدد في خطة التحليل. وقد تكون هناك أيضاً قيود رقابية أو تقنية على ما يمكن تلقيه وتحليله في المختبر من كتلة أو نشاط. ولذا فقد يلزم تقسيم المادة قبل شحنها إلى مختبر التحليل — وهذا التقسيم هو عملية يشار إليها باسم أخذ العينات الفرعية. وبالنظر إلى احتمال عدم تجانس العينة، ينبغي اتباع البروتوكولات الخاصة بأخذ العينات الفرعية بغية ضمان أن تكون العينات الفرعية تمثيلية حقاً للمادة الإجمالية. وينبغي أن يتبين في خطة التحليل أي محدوديات لهذه الأساليب.

٣-٩- وينبغي استخدام تقنيات لأخذ العينات التمثيلية تقلل إلى الحد الأدنى من إمكانية التوصل إلى نتائج مضللة ترجع إلى عدم تجانس الأدلة. وفي الحالات القصوى، قد تتطلب الحاجة إلى العينات التمثيلية إجراء تحليل بشأن كل جسيم على حدة؛ لكن الحالة الأكثر شيوعاً هي أن يكون التحليل الإجمالي كافياً. وعندما تكون كمية المواد المتوفرة محدودة فقد لا يلزم أخذ العينات الفرعية، أو قد يتبين أنه صعب. بيد أن خطة تحليل التحليل الجنائي النووي

ينبغي، في مثل هذه الحالات، أن تحدد أولويات لتخصيص المواد. ومن المهم في حالات محدودية المواد إجراء جميع التحاليل غير الإلزامية قبل إجراء أي تحاليل من شأنها أن تستهلك العينة أو قد تغيّر خصائصها. فضلاً عن ذلك فبالنسبة للعينات الصغيرة يمكن أن تكون تقنيات تحليل الكميات النزرية والكميات الميكروبية أكثر ملاءمة من التقنيات المثلى للكميات الأكبر من المواد. ويمكن أن يُستَبَّ أخذ العينات الفرعية لتلوث الأدلة أو يلحق الضرر بها، ولذلك يجب اتخاذ الاحتياطات المناسبة بهذا الشأن.

توزيع الأدلة

٣-١٠- حالما يتم وضع خطة فحوص التحليل الجنائي وخطة تحاليل التحليل الجنائي النووي وأخذ أي عينات فرعية لازمة، ينبغي توزيع الأدلة على المعامل التي تُجرى التحاليل.

٣-١١- وينبغي نقل عينات التحليل الجنائي إلى المختبرات باستخدام أساليب تحافظ على سلسلة العهدة (على سبيل المثال، استخدام أجهزة الختم أو العلامات). ومن أجل تقليل خطر حدوث تغيّرات غير مقصودة في الأدلة أثناء النقل، ينبغي إيلاء الاعتبار للأثار المحتملة لظروف النقل (أي درجة الحرارة أو الرطوبة أو الاهتزاز)، وقد يتعين معالجة تلك الظروف. وينبغي أن يكون التخطيط لنقل المواد النووية والمواد المشعة الأخرى متسماً بالعناية، وأن يتوافر أفراد ذوو دراية في نقل المواد الخطرة، لا سيما المواد المشعة. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن يكون هناك اتصال موثوق ومستمر بين الشاحن والمتلقي بغية كفالة اتباع الإجراءات اللازمة لتسليم العينات النووية أو العينات المشعة الأخرى إلى المختبر.

٤- فحوص التحليل الجنائي للأدلة الملوثة

بالنويدات المشعة

٤-١- تمثل الفحوص التي تُجرى على الأدلة المادية والوثائقية في إطار تخصصات التحليل الجنائي التقليدي عنصراً روتينياً في التحقيقات التي تجريها سلطات التحقيق. ومن الأمثلة على هذه التخصصات دراسة بصمات الأصابع، والواسمات الجينية (أي الحمض النووي لنواة الخلية والحمض النووي للميتوكوندريا)، وطبوعات الأحذية والإطارات، والعلامات التي تخلفها الأدوات، ومخلفات المتفجرات، ومقذوفات الأسلحة النارية، والدهانات والمواد الكيميائية الأخرى، والسماط المعدنية، والوثائق، والأدلة النزرية (أي الألياف والشعر وحبوب اللقاح)، والطب الجنائي. وترد في المرفق الأول معلومات إضافية عن هذه التخصصات.

٤-٢- وينبغي أن يكون إجراء الفحوص في إطار تخصصات التحليل الجنائي التقليدي وفحوص التحليل الجنائي النووي مكملين أحدهما للآخر. فكلهما يؤدي إلى التوصل إلى نتائج يمكن أن تساعد على تحديد ما إن كانت هناك روابط بين الأشخاص والأماكن والأحداث والعمليات، وما إن كانت هذه الروابط تدل على الجهة التي فقد فيها التحكم الرقابي. ويمكن أن تكون هذه النتائج مفيدة بصفة خاصة عندما تسمح بالتوصل إلى تلك الارتباطات أو عندما تسمح باستبعاد مواد نووية أو مواد مشعة أخرى معينة من مواصلة النظر فيها. ويشكل احتمال وجود مادة مشعة كملوث على سطح دليل مادي أو داخله تحدياً خاصاً للفحوص التي تُجرى في إطار تخصصات التحليل الجنائي التقليدية.

الأدلة الملوثة

٤-٣- يجب فحص أي دليل مرتبط بحدث الأمن النووي لتحديد ما إن كان ملوثاً بالنويدات المشعة أم لا. ويمكن إخضاع الأدلة التي يتبين أنها خالية من النويدات المشعة لفحص التحليل الجنائي مباشرة فور إفراج السلطة المختصة عن تلك الأدلة، لأنه لا يوجد خطر إشعاعي على الناس الذين يتعاملون مع هذه الأدلة.

٤-٤- وينبغي تطبيق اعتبارات خاصة عندما يكون معروفاً أو مشتبهاً بأن الأدلة ملوثة بنويدات مشعة. ويشير مصطلح 'دليل ملوث' إلى معنى مختلف لدى عالم التحليل الجنائي عن معناه لدى عالم التحليل الجنائي النووي؛ ويستحق هذا المصطلح المناقشة.

٤-٥- ففي عرف علم التحليل الجنائي العام، يَنُتُج 'الدليل الملوّث' عن نقل مواد دخيلة نقلاً مباشراً أو غير مباشر إلى عينة خاصة بالتحليل الجنائي أو إلى ساحة الجريمة. وقد يشار إلى ذلك أيضاً باسم "التلوث المنتقل". وللدليل الملوّث بمادة دخيلة، وهو لذلك متضرر، قيمة محدودة لأغراض التحقيق، وينبغي تقييمه بعناية.

٤-٦- أما في التحليل الجنائي النووي فيمكن أن تشير عبارة 'دليل ملوث' إلى وجود نويدات مشعة على سطح الدليل المادي أو داخله. وهذا هو المعنى المقصود في هذا المنشور، ويُستخدم مصطلح 'دليل ملوث' بالنويدات المشعة' لتوضيح هذا المعنى. ويمكن أن يؤثر تلوث الأدلة بالنويدات المشعة على الطريقة والتوقيت الواجبين لفحص الأدلة. وقد يغيّر التلوث بالنويدات المشعة المنتقل بصمة النويدات المشعة المستهدفة بفحص التحليل الجنائي. ومن ثم ففي سياق التحليل الجنائي النووي يخضع فحص 'الأدلة الملوّثة بالنويدات المشعة' لتخطيط خاص وإجراءات خاصة.

التعامل مع الأدلة الملوثة بالنويدات المشعة

٧-٤- عند إجراء الفحوص باستخدام تخصصات التحليل الجنائي التقليدي على أدلة ملوثة بالنويدات المشعة، توجد طريقتان ممكنتان. فالنهج الأول ينطوي على إزالة النويدات المشعة أو فصلها من الأدلة قبل إجراء أي فحوص. وكثيراً ما يشار إلى ذلك بعبارة 'إزالة تلوث الأدلة'. أما النهج الثاني فهو فحص الدليل مباشرة بينما لا يزال ملوثاً بالنويدات المشعة. وقد يتطلب النهجان كلاهما مساهمات من وكالات مختلفة عديدة، ولا سيما من خارج أوساط إنفاذ القانون. ولهذا السبب، قد تكون هناك حاجة لتشاور واسع النطاق بين الخبراء المعنيين من أجل وضع خطة فحوص التحليل الجنائي وقبل التعامل مع الأدلة الملوثة بالنويدات المشعة. ويوفر كل من النهجين مزايا معينة ويعاني من عيوب معينة، وينبغي تقييم هذه المزايا والعيوب أثناء سير التحقيق، وهي مبينة في الفقرات ٤-٨ إلى ٤-١٣.

إزالة تلوث الأدلة الملوثة بالنويدات المشعة

٨-٤- يمكن إزالة النويدات المشعة من الأدلة بعمليات فيزيائية أو كيميائية في إطار خطوة إزالة التلوث. وتوجد تقنيات مختلفة لهذا الغرض، وسيعمد اختيار التقنية المثلى على عوامل من بينها شكل الدليل، وشكل النويدات المشعة الموجودة، ونوع الفحص الذي يتعين القيام به، والممارسات التي تملئها الاعتبارات الوطنية أو المحلية. وتوفّر إزالة تلوث الأدلة قبل إجراء الفحص في إطار أي من تخصصات التحليل الجنائي التقليدي عدة مزايا:

- (أ) قد تسمح إزالة تلوث الأدلة باتصال أوثق فيما بعد بين الفاحص والأدلة، لأن احتمال التعرض للإشعاعات يكون قد تم تقليله إلى الحد الأدنى.
- (ب) يمكن إجراء فحص الأدلة المزال تلوثها بطريقة مشابهة لطريقة فحص الأدلة التي لم تتلوث بالنويدات المشعة، بما يزيل أي حاجة إلى تدريب الأشخاص المشاركين على تقنيات التعامل مع النويدات المشعة، وإلى اعتمادهم عند الاقتضاء.
- (ج) تنتفي الحاجة إلى بنية تحتية متخصصة لدعم إجراء الفحص.

٩-٤- غير أن هناك بعض العيوب المرتبطة بإزالة تلوث الأدلة قبل إجراء الفحص في تخصصات التحليل الجنائي التقليدي، بما في ذلك ما يلي:

- (أ) أن النويدات المشعة التي تلوثت بها الأدلة قد تكون هي نفسها دليلاً.
- (ب) أن ما يلزم في العادة من الوقت وموارد الخبراء لإزالة النويدات المشعة قد يكون كبيراً.

(ج) يمكن أن تتغير الأدلة بطريقة قد تجعل أي استنباطات غير دقيقة، أو تقلل من السِّمة التي هي موضوع الفحص.

(د) كثيراً ما يتعذر تحقيق الإزالة الكاملة للنويدات المشعة، ويمكن أن تؤدي الإزالة غير الكاملة، إذا لم يتم التعرف عليها، إلى آثار إشعاعية على الأدلة لا يتم تصحيحها و/أو إلى تعرض الفاحصين للإشعاعات دون قصد. ويؤدي التقيد الصارم بالإجراءات التشغيلية للتحقق من إزالة تلوث الأدلة إلى التخفيف من احتمال حدوث الآثار غير المقصودة.

(هـ) يرجح أن تكون هناك حاجة إلى التصرف في النفايات المتولدة عن إزالة النويدات المشعة دون إحداث أضرار بالبيئة.

٤-١٠- وقد أجريت بالفعل بحوث بشأن ما لتقنيات إزالة التلوث المختلفة من آثار على كل من الفحوص الفيزيائية على حدة [٢١]. ويسلط هذا العمل الضوء على بعض الاستنتاجات المتعلقة بمتى يكون من الملائم محاولة إزالة تلوث أنواع معينة من الأدلة. وينبغي استخدام هذه الاستنتاجات، والبحوث الإضافية التي تُجرى، لوضع بروتوكولات للتعامل مع الأدلة الملوثة بالنويدات المشعة. وينبغي إيلاء الاعتبار لهذه البروتوكولات قبل إجراء فحص يتعلق بالتحقيق في حدث أمن نووي.

فحص الأدلة الملوثة بالنويدات المشعة

٤-١١- قد يُجرى فحص الأدلة الملوثة بالنويدات المشعة دون إزالة التلوث. ولهذا النهج عدة مزايا، بما في ذلك ما يلي:

(أ) التقليل إلى أدنى حد ممكن من احتمال فقدان السمات المهمة للفحص أو تدهورها، الذي قد تسببه العملية المستخدمة لإزالة تلوث الأدلة؛

(ب) سرعة الفحص، الذي يمكن أن يبدأ فور تسلم الأدلة (بافتراض توفر الموظفين المؤهلين، والمعدات والأجهزة المناسبة، وخطة تحليلية مكتوبة).

٤-١٢- بيد أن الفحص المباشر للأدلة المادية الملوثة بالنويدات المشعة ينطوي على عيوب معينة، بما في ذلك ما يلي:

(أ) تعرّض العاملين للإشعاعات، الذي يمكن تقليله بواسطة تدابير الأمان الإشعاعي المناسبة التي تضع في الاعتبار معايير الأمان الدولية [١]، ولكن من غير المرجح أن تتم إزالته تماماً؛

- (ب) الحاجة إلى مرافق متخصصة وموظفين مدربين على أداء الفحوص في إطار تخصصات التحليل الجنائي التقليدي على الأدلة الملوثة بالنويدات المشعة، بما في ذلك الحاجة إلى معدات وأدوات مخصصة في هذه المرافق؛
- (ج) الحاجة إلى التحقق من التطبيق الصحيح لتقنيات علم التحليل الجنائي التقليدي على الأدلة الملوثة بالنويدات المشعة في المرافق التي لا تُستخدم عادة لفحوص التحليل الجنائي؛
- (د) احتمال أن يؤدي التعرض الطويل الأمد للإشعاعات إلى تدهور نوعية الأدلة من حيث التحليل الجنائي أو التأثير عليها بطريقة أخرى. وقد استُهلّت بحوث لتحديد ما إن كانت لهذا التعرض أي آثار، وإذا كان الأمر كذلك، ما إن كانت هذه الآثار يمكن تخفيفها [٢٢]. وينبغي أن يتم ذلك قبل التحقيق.

تحديد النهج المناسب لإزالة التلوث

٤-١٣- ينبغي أن تتناول خطة فحوص التحليل الجنائي القرار بشأن ما إن كان ينبغي محاولة إزالة التلوث من الأدلة أم ينبغي إجراء الفحوص على الأدلة بينما لا تزال ملوثة بالنويدات المشعة، وسيعتمد القرار على عوامل مثل ما يلي:

- (أ) طبيعة الدليل والملوث والفحوص التي يتعين القيام بها؛
- (ب) توافر الموارد اللازمة لإجراء الفحوص؛
- (ج) المعلومات التي تم الحصول عليها حتى وقت اتخاذ القرار من خلال أساليب التحقيق أو الاستخبار ومن أي فحوص ذات صلة أُجريت؛
- (د) السياسات والإجراءات الوطنية للتصدي لأحداث الأمن النووي.

٥- التحليل في مختبر التحليل الجنائي النووي

٥-١- بناء على التصنيف الوارد في خطة فحوص التحليل الجنائي واحتياجات تلك الخطة، قد يلزم تحديد خصائص المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى. وينبغي أن يتم هذا التحديد للخصائص في مختبر مكلف للتحليل الجنائي النووي. وقبل الشروع في التحليل، ينبغي أن يضع المختبر خطة لتحليلات التحليل الجنائي النووي، وأن توافق عليها سلطة التحقيق، على النحو المبين في القسم ٣.

تحديد الخصائص

٢-٥- الهدف من تحديد الخصائص هو تحديد الخصائص الفيزيائية والتركيب الكيميائي والعنصري والنسب النظرية للمواد النووية أو المواد المشعة الأخرى، الذي يتحقق من خلال مجموعة من التحاليل ذات الصلة، وقد يشمل تحديد المكونات الرئيسية والثانوية والنزرة، حسب الضرورة. ولا يشمل تحديد الخصائص في العادة التحليل باستخدام تخصصات التحليل الجنائي التقليدي، كما لا يشمل الخطوات التفسيرية، مثل نمذجة عمليات المفاعلات النووية التي يحتمل أن تكون لها صلة بمنشأ المادة أو تحديد المناشئ المحتملة. ولذلك يستغرق تحديد الخصائص وقتاً أقل من التفسير الكامل.

مختبر التحليل الجنائي النووي المكلف

٣-٥- مختبرات التحليل الجنائي النووي المكلفة هي المختبرات التي حددتها الدولة بأنها قادرة على قبول عينات المواد النووية و/أو المواد المشعة الأخرى وتحليلها لغرض دعم فحوص التحليل الجنائي النووي. وتقع المسؤولية عن المعايير وعن عملية اتخاذ القرارات المتعلقة بتحديد مختبر التحليل الجنائي النووي ثم تكلفه على عاتق كل دولة على حدة. وحالما تقرر سلطة التحقيق ضرورة إجراء فحص التحليل الجنائي النووي، ينبغي أن تُرسل الأدلة إلى مختبر تم تحديده وتكلفه باعتباره مستعداً ومجهزاً لتلقي العينات (المواد النووية والمواد المشعة الأخرى، والأدلة الملوثة بالنويدات المشعة، أو مزيج من النوعين) وتحليلها باستخدام المجموعة اللازمة من التقنيات التحليلية. وينبغي أن يبدأ الاتصال بين سلطة التحقيق والمختبر في أقرب وقت ممكن بعد التصدي لحدث الأمن النووي، لكي يتسنى الإخطار باحتياجات المختبر وقدراته، ولكي يتسنى، من خلال وضع خطة فحوص التحليل الجنائي وخطة تحاليل التحليل الجنائي النووي، القيام بالتخطيط والتحضيرات اللازمة لتلقي العينات وتحليلها. وعند نقل الأدلة إلى مختبر التحليل الجنائي النووي المكلف وقبولها فيه، ينبغي إيلاء الاعتبار الواجب للتعامل مع الأدلة، بما في ذلك وجود ترتيبات سلسلة العهدة المناسبة للتعامل مع العينات (انظر الفقرة ٣-١١).

٤-٥- ومن المرجح أن يتباين مدى القدرات المتوفرة في مختبرات التحليل الجنائي النووي المكلفة من دولة إلى أخرى. وقد لا يكون لدى بعض الدول مختبر استدلال جنائي نووي مكلف خاص بها، وتعتمد على المساعدة الثنائية أو متعددة الأطراف لتحديد الخصائص. ويمكن أن تكون دول أخرى قد أنشأت مختبرات مكلفة للقيام ببعض جوانب تحديد الخصائص أو لبعض أنواع المواد، مع وجود خطط لطلب المساعدة فيما يتعلق بالتقنيات المتخصصة. ولدى عدد قليل من الدول وحسب في جميع أنحاء العالم مختبرات تمتلك كامل طاقم أدوات وتقنيات تحاليل

التحليل الجنائي النووي التي قد تدعو لها الحاجة. وينبغي أن يكون لدى كل دولة فهم دقيق وشامل لقدراتها، وينبغي أن تتأكد من أنها مستعدة لأي احتمال، بما في ذلك أن توجد لديها ترتيبات لطلب المساعدة أو تلقيها أو تقديمها (حسب الاقتضاء) لإجراء تحاليل التحليل الجنائي النووي دعماً للتحقيق في أحداث الأمن النووي.

٥-٥- وينبغي أن تضمن الدولة أن يكون أي مختبر استدلال جنائي نووي مكلف قادراً على إجراء فحوص التحليل الجنائي النووي وأن تكون لديه أساليب تحليلية مصدق عليها، وموظفون ذوو كفاءات مثبتة، وإجراءات موثقة. ومن المفيد اعتماد المختبر على أساس معيار دولي معترف به للنوعية (مثلاً المعايير ISO 9001:2008 [٢٣]، ISO 14001:2004 [٢٤]، ISO/IEC 17025:2005 [٢٥]، OHSAS 18001:2007 [٢٦]). وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن يكون لدى مختبر التحليل الجنائي النووي المكلف الإذن اللازم بتلقي المواد النووية والمواد المشعة الأخرى وأن تكون لديه، عند الإمكان، القدرة على التعامل مع كميات كبيرة من المواد (من حيث الكتلة والنشاط) إذا لزم الأمر، مع بقاء قدرته على تحليل المكونات النزرية. وقد تمتلك مختبرات التحليل الجنائي النووي المكلفة صناديق ففازية أو، بالنسبة للحالات التي يُتوقع فيها تلقي عينات شديدة النشاط الإشعاعي، خلايا ساخنة. وينبغي أيضاً أن تكون لدى مختبر التحليل الجنائي النووي المكلف مرافق مختبرات وإجراءات تشغيلية مناسبة لتقليل خطر انتقال التلوث بين العينات.

٦-٥- وينبغي أن يطبق مختبر التحليل الجنائي النووي المكلف تدابير الحماية المادية المناسبة، وعند الضرورة، إجراءات لحصر المواد النووية ومراقبتها. وينبغي أيضاً أن يكون المختبر ممثلاً تماماً للمتطلبات الخاصة بالمرافق التي تخزن المواد المشعة وتتعامل معها [١]، وإذا لزم الأمر، المتطلبات المقابلة الخاصة بتخزين المواد الخطرة والتعامل معها. وينبغي أن تكون لدى المختبر تدابير أمنية مناسبة قائمة لضمان سلامة سلسلة العهدة وحماية أي معلومات حساسة مرتبطة بفحوص التحليل الجنائي النووي.

أدوات التحليل

٧-٥- تتوفر لعلماء التحليل الجنائي النووي مجموعة واسعة من الأدوات لاستخدامها في قياس خصائص المواد النووية والمواد المشعة الأخرى. ويقدم المرفق الثاني وصفاً للعديد من الأساليب التحليلية المستخدمة في تحديد الخصائص. وتنقسم هذه الأدوات والتقنيات المنفردة إلى ثلاث فئات عريضة: التصوير، والتحليل الإجمالي، والتحليل الميكروي.

٨-٥- فأدوات التصوير تُنتج صوراً أو خرائط عالية التكبير لسطح المادة، وتوفّر معلومات عن مدى عدم تجانس العينة وعن بنيتها المجهرية. وتقييم درجة عدم تجانس العينة مهم. فإذا كانت المادة غير متجانسة فلن يسفر التحليل الإجمالي عن نتائج تمثّل النتائج التي من شأنها أن يُتَّحَصَل عليها من العينات الأصغر حجماً. ويمكن أن يكشف التصوير أيضاً عن السمات الحيزية وسمات البنية الميكروية للمادة (مثل الملمس والبنية الحبيبية)، التي قد توفر معلومات عن المعالجة الديناميكية الحرارية أو الميكانيكية للمادة.

٩-٥- وتتيح أدوات التحليل الإجمالي تحديد الخصائص إما لعينة كاملة أو لجزء من العينة بغية التعرف على متوسطات خصائص المادة. وقد يشمل تحديد خصائص المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى قياسات الخصائص الفيزيائية والتركيبي الكيميائي والعنصري والتّسبب النظرية (انظر الفقرات ٥-١٣ إلى ٥-٢٠). وإذا كان الهدف من التحليل الإجمالي هو توفير معلومات عن المكونات النزرة للمادة فيلزم وجود ما يكفي من المادة لإجراء قياسات مضبوطة ودقيقة. وكثيراً ما يكون وجود المكونات النزرة والتركّزات المقابلة لها أو عدم وجودها مهماً لتوفير معلومات عن عملية التصنيع.

١٠-٥- وإذا أكد تحليل الصور أن العينة غير متجانسة فإن أدوات التحليل الميكروي التي تستطيع أن تحدّد كيميائياً و/أو تحلّل كمياً عينات صغيرة جداً (بصفة عامة > ١ مغم) يمكن أن تحدّد خصائص المكونات المنفردة للمادة. وتتضمن أدوات التحليل الميكروي أيضاً قياسات السطح، التي يمكن أن تحدد ملوّثات السطح النزرة أو يمكن أن تقيس تركيبة الطبقات الرقيقة أو الطلاءات الرقيقة، التي يمكن أن توفر معلومات مهمة للتفسير.

تحديد تسلسل التقنيات والأساليب

١١-٥- العديد من أدوات التحليل المستخدمة في تحليل المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى هي تقنيات إتلافية (أي أن العينة تُستهلك أثناء التحضير والتحليل). لذلك يتسم اختيار وتحديد التسلسل الصحيحين للتقنيات التحليلية بأهمية حاسمة، وينبغي تحديدهما بالتفصيل في خطة تحاليل التحليل الجنائي النووي. وينبغي أن يستند تحديد تسلسل التقنيات التحليلية إلى الأسئلة التي يتعين الرد عليها الواردة من سلطة التحقيق وفقاً لخطة فحوص التحليل الجنائي، مع مراعاة كمية العينة المتاحة للتحليل، والمعلومات المتاحة قبل التحليل، والبصمات المحتملة (الفيزيائية والكيميائية والعنصرية والنظرية)، التي قد تدعم التفسير الدقيق.

١٢-٥- وقد وضع الفريق العامل التقني الدولي المعني بالتحليل الجنائي النووي (الفريق العامل) — وهو رابطة لممارسي التحليل الجنائي النووي — توصيات بشأن تحديد تسلسل التقنيات

ترمي إلى توفير أقيم المعلومات في أقرب وقت ممكن في عملية التحليل. وتستند التوصيات إلى آراء الخبراء وإلى الخبرة التي جُمعت من ثلاثة تمارين تحليلية تعاونية أجرتها المختبرات الأعضاء في الفريق العامل؛ ويرد مزيد من مناقشة هذه التمارين في المرفق الثالث. ويعرض الجدول ٣ تسلسل التحاليل الذي أوصى به الفريق العامل، مرتباً حسب التقنيات التي يمكن أدائها في غضون ٢٤ ساعة أو أسبوع واحد أو شهرين من وصول العينة إلى مختبر التحليل الجنائي النووي المكلف (انظر المرفق الثاني للاطلاع على أوصاف التقنيات المتواترة الاستخدام). ويمكن أيضاً استخدام بعض التقنيات في وقت لاحق لتحقيق نتائج تحليلية أكثر دقة باستخدام أوقات قياس أطول. ويمكن أيضاً استخدام هذه الجداول الزمنية الخاصة بإنجاز تحاليل المواد لتوفير الإرشاد بشأن تحديد الفواصل الزمنية المتوقعة للإبلاغ بالنتائج، والتي تقابل الفواصل الزمنية للتحاليل البالغة ٢٤ ساعة وأسبوعاً واحداً وشهرين، تبعاً للحالة. وستعتمد المدة التي تستغرقها عملية تحديد الخصائص على عبء العمل في المختبر، وطبيعة العينة، ومتطلبات التحقيق المبينة في خطة فحوص التحليل الجنائي، ولكن ينبغي أن يكون الهدف هو إنجاز العملية في غضون شهرين من تلقّي العينة.

تحليل العينات

١٣-٥- بعد وصول العينة إلى مختبر التحليل الجنائي النووي، ينبغي تحليل المواد أولاً في ظل ظروف متحكم فيها وباستخدام مطيافية أشعة غاما العالية الدقة. وقد يؤكد التحليل نتائج التحليل الذي أجري في ساحة الحدث أو قد يعدّلها، وقد يوفر أيضاً معلومات جديدة، مثل الكمية الإجمالية الموجودة من المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى.

١٤-٥- وقد يشمل تحديد خصائص المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى قياس الخصائص الفيزيائية والتركيب الكيميائي والعنصري والنسب النظيرية، كما هو موضح في الفقرات ١٥-٥ إلى ٢١-٥ وملخص في الجدول ٣.

الجدول ٣- الأساليب والتقنيات المختبرية مع الجداول الزمنية النمطية لإنجاز التحاليل

تنفذ/ينفذ في:		التقنية/الأسلوب
شهرين	أسبوع واحد	٢٤ ساعة
		إشعاعية/إشعاعي معدل الجرعة (أشعة ألفا، بيتا، غاما، الأشعة النيوترونية) التلوث السطحي التصوير الإشعاعي
البنية النانوية والمورفولوجيا والخصائص الفيزيائية الأخرى	البنية المجهرية والمورفولوجيا والخصائص الفيزيائية الأخرى المسح الإلكتروني	الفحص البصري التصوير الفوتوغرافي تحديد الوزن تحديد الأبعاد المجهرية البصرية الكثافة
المجهرية الإلكترونية بالبلت النافذ	حيود الأشعة السينية	
المطيافية الكتلية بالأيونات الثانوية تقنيات عد النشاط الإشعاعي	المطيافية الكتلية بالتأين الحراري	مطيافية أشعة غاما العالية الاستبانة
مطيافية أشعة غاما العالية الاستبانة (لليورانيوم)	المطيافية الكتلية بالبلازمية بالتقارن الحثي	مطيافية أشعة غاما العالية الاستبانة (للبوتونيوم)
مطيافية أشعة ألفا كروماتوغرافيا الغاز مع المطيافية الكتلية	المطيافية الكتلية بالبلازمية بالتقارن الحثي المقايسة الكيميائية مطيافية الأشعة تحت الحمراء باستخدام تحويل فورييه مطيافية المسح الإلكتروني المجهرية/الأشعة السينية المطيافية الكتلية بطريقة التخفيف النظيري	تألق الأشعة السينية
تحليل وتفسير الأدلة المرتبطة بتخصصات التحليل الجنائي التقليدي		جمع الأدلة المرتبطة بتخصصات التحليل الجنائي التقليدي
		تخصصات علم التحليل الجنائي التقليدي

القياسات الفيزيائية

٥-١٥- عادة ما تنطوي الخطوة الأولى في توصيف العينة على الفحص البصري للمادة، الذي قد يشمل توثيق أو تصوير العلامات الخاصة (مثل الأرقام المسلسلة أو شعارات المنتجات) واللون والحجم والشكل. وفي حالة المواد الصلبة الإجمالية، يمكن أن يكشف الوزن، والكثافة، والنشاط الإشعاعي، والخصائص الأساسية للبنية المجهرية (حجم الحبيبات والملمس والشوائب الدخيلة، حسب الانطباق)، إلى جانب نتائج الفحص البصري، عن معلومات على مستوى الرؤية بالعين المجردة تكفي لتحديد ماهية العينة. وعلى سبيل المثال، في حالة كريات وقود المفاعلات النووية، كثيراً ما تكون الأبعاد المضبوطة لحبيبة الوقود النووي الطازجة وشكلها الهندسي خاصة بمصنِّع معين. وبالنسبة للمصادر المشعة المختومة، كثيراً ما يوفر الحجم والنشاط الإشعاعي وشكل التغليف أفكاراً عن الجهة المصنِّعة للمصدر.

٥-١٦- وعلى المستوى المجهري، تتيح سمات البنية المجهرية إجراء مقارنات أكثر تفصيلاً بشأن المواد. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يوفر توزيع أحجام الحبيبات والبنية الحبيبية لكريات وقود أكسيد اليورانيوم معلومات عن عمليات إنتاجها. وفي حالة عينات المساحيق أو العينات المسحَّية، قد تُظهر مورفولوجيا الجسيمات سمات مميزة تنتج عن اختلاف عمليات الإنتاج.

القياسات الكيميائية والعنصرية

٥-١٧- يمثل الشكل الكيميائي للمادة النووية (على سبيل المثال، معدن، أو أكسيد، أو منتج وسيط مثل ثنائي يورانات الأمونيوم)، أو أي مادة مشعة أخرى، مؤشراً مهماً قد يكشف عن معلومات عن عملية إنتاج المادة، وقد يعطي فكرة عن الاستخدام الأصلي المقصود من المادة. وفي حالة أي منتج وسيط في عملية إنتاج اليورانيوم، يمكن أن يُعطي المركَّب دلالة على العملية المستخدمة لإنتاج المادة، ونتيجة لذلك، يقلل عدد مرافق الإنتاج المحتملة.

٥-١٨- وإلى جانب المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى محل الاهتمام، قد توجد عناصر أخرى كثيرة في المادة المتحقق منها، وفي بعض الأحيان بتركُّزات تزيد على تركُّزات أي نويدة مشعة. ويمكن أن تكون هذه العناصر قد أُضيفت عمداً لتحقيق خصائص معينة للمادة (مثلاً إضافة الإربيوم والغادولينيوم من أجل التحكم في تفاعلية الوقود النووي). وقد توجد أيضاً شوائب كيميائية غير مقصودة نتيجة لوجود عناصر متبقية من مواد التلقيم الأولية أو بقايا من المواد الكيميائية المضافة أثناء عملية الإنتاج (مثلاً مخلفات الأحماض)، وكذلك من تآكل الأوعية والأنابيب أو سحجها. وإذا كانت هذه العناصر موجودة بمستويات نزره، فيشار إليها باسم شوائب، ويمكن أن يكون نطاق هذه العناصر وتركُّزاتها سمة مميزة للغاية لعمليات أو مواد خام أو مرافق معينة. لذلك يمكن أن تكون قياسات هذه العناصر مهمة للفحص، لأنها

يمكن أن توفر معلومات لا عن الاستخدام المشروع المقصود وحسب بل أيضاً عن المادة المصدرية أو عن نوع مرفق الإنتاج.

القياسات النظرية

١٩-٥- تُجرى القياسات النظرية لتحديد مدى الوفرة النظرية للعناصر الموجودة في المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى. وتقدم الوفرة النظرية معلومات عن سيرة المادة والاستخدام المقصود منها، وعلى سبيل المثال ما إن كانت المادة النووية ذات تركيب نظيري طبيعي أم، إذا كانت قد أثريت بنظائر انشطارية أو أعيدت معالجتها، ما إن كان يحتمل أن تكون المادة قد استُخدمت كوقود نووي أو يمكن أن تكون قد استُخدمت في جهاز متفجر نووي. وإلى جانب النظيرين الانشطاريين الرئيسيين (البلوتونيوم^{٢٣٩} واليورانيوم^{٢٣٥})، يمكن أن تكشف التراكبات النسبية لنظائر البلوتونيوم واليورانيوم الثانوية (مثلاً البلوتونيوم^{٢٤٠} والبلوتونيوم^{٢٣٨} واليورانيوم^{٢٣٦}) عن أي سيرة تشعيع للمادة النووية حدثت سابقاً.

٢٠-٥- وفي قياس العمر بواسطة النظائر المشعة، تُستخدم القياسات النظرية لتحديد مقدار الزمن الذي انقضى منذ أن تمت آخر تنقية كيميائية للمواد النووية أو المواد المشعة الأخرى (أي الوقت الذي انفصلت فيه النويدات الوليدة، الناتجة عن اضمحلال النويدات المشعة الأم لتلك النويدات، عن نويداتها المشعة الأم). ويمكن قياس تركّز منتجات الاضمحلال الإشعاعي للبلوتونيوم واليورانيوم، التي يشار إليها باسم المنتجات الوليدة (مثلاً الأمريشيوم^{٢٤١} والثوريوم^{٢٣٠})، ومقارنته بتركّز النظير الأم لتحديد عمر المادة النووية المنفصلة. ويمكن تطبيق قياس العمر بواسطة النظائر المشعة أيضاً على مصادر النظائر المشعة، مثل المصادر التي تحتوي على السيزيوم^{١٣٧}، الذي يضمحل إلى الباريوم^{١٣٧} المستقر.

٢١-٥- وإلى جانب التركيبة النظرية للعناصر الانشطارية ونواتج اضمحلالها، يمكن أن يوفر وجود العناصر الأخرى وتركيباتها النظرية معلومات عن منشأ العينة، بناءً على الاختلافات النظرية الطبيعية المعروفة الموجودة على نطاق العالم. ويمكن أن تكون النسب النظرية لهذه العناصر الموجودة في العينة مؤشراً على عملية التجهيز أو على موقع الإنتاج (مثلاً النسبة أكسجين^{١٨}/أكسجين^{١٦}) أو على مادة التلقيم (مثلاً النسبة سترنشيوم^{٨٧}/سترنشيوم^{٨٦} والنسبة نيوديميوم^{١٤٣}/نيوديميوم^{١٤٤}).

٦- تفسير نتائج التحليل الجنائي النووي

٦-١ - حالما يتم إجراء التحاليل، قد يلزم استخدام المزيد الخبرة لتفسير نتائج التحاليل ولصيغة استنباطات التحليل الجنائي النووي عملاً بخطة فحوص التحليل الجنائي. وقد يتعين الحصول على هذه الخبرة من خارج المختبر الذي أجرى القياسات. وتفسير نتائج التحليل الجنائي النووي هو عملية مقارنة وربط خصائص العينة بالمعلومات الموجودة المتعلقة بأنواع المواد ومناشئ المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى وطرائق إنتاجها، أو بالحالات السابقة المتعلقة بمواد مماثلة. ويوفّر تفسير نتائج التحليل الجنائي النووي سياق وشرح نتائج التحاليل وأساس استنباطات التحليل الجنائي النووي.

عمليات التفسير

٦-٢ - بصمات التحليل الجنائي النووي هي مجموعة أو مجموعات من خصائص البيانات لعينة محددة من المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى يمكن أن تتيح تمييز العينة، إما عن طريق الاستبعاد أو عن طريق التضمنين، بأنها متوافقة أو غير متوافقة مع مادة نووية أو مادة مشعة أخرى محددة مستخدمة أو منتجة أو مخزونة في إحدى الدول. وقد تساعد هذه البصمات على التعرف على العمليات التي أُوجدت بها المادة وعلى سيرة المادة بعد ذلك.

٦-٣ - تُحدّد البصمات المرجعية للعمليات والمرافق على كامل نطاق دورة الوقود النووي كأساس لتفسير النتائج التحليلية المستمدة من العينات، وذلك باستخدام النهج التجريبية المتعلقة بنتائج التحاليل التي أُجريت سابقاً على المواد النووية والمواد المشعة الأخرى وباستخدام نهج النمذجة المستندة إلى كيمياء وفيزياء عمليات دورة الوقود النووي. ويمكن الاسترشاد بمعارف علم التحليل في اختيار الأساليب المناسبة للتحقق من وجود بصمات استدلال جنائي نووي محدّدة أو عدم وجودها.

٦-٤ - وينطوي تفسير نتائج التحليل الجنائي النووي على مقارنة النتائج المستمدة من تحاليل العينة قيد النظر بالمعلومات عمّا للمواد الموجودة أو المعروفة من خصائص مقابلة. وبصفة عامة، لا تكون بصمة واحدة من المادة (على سبيل المثال قياس نظيري واحد) كافية في العادة لتحديد ماهية عينة معيّنة تحديداً فريداً بالاستناد إلى الفئات المعروفة للمواد المماثلة. فعلى خلاف فحص بصمات الأصابع التقليدي مثلاً، قد يكون من غير العملي، في غياب أرشيف، الاعتماد على مقارنة تحليل عينة واحدة قيد النظر بتحليل مستمد من العينات الموجودة أو المعروفة. غير أن مجموعات البصمات، مثل القياسات النظرية والشوائب والبنية المجهرية، يمكن عند استخدامها معاً أن توفر مزيداً من الثقة في ربط عينة معيّنة بالبيانات التي تمثل فئة معروفة من المواد المماثلة. وقد يتيح استخدام مجموعات البصمات أيضاً الاستبعاد — أي التوصل إلى

استنتاج مفاده أن عينة معينة ليست مشابهة لفئات بيانات معروفة عن المواد — الأمر الذي يمكن أن يكون مفيداً أيضاً لتفسير نتائج التحليل الجنائي النووي.

٥-٦- وتشمل الموارد التي قد تساعد على المقارنات بالمعلومات عن فئات المواد المعروفة مكتبة التحليل الجنائي النووي الوطنية أو قواعد البيانات المرتبطة بها التي تحتوي على معلومات عن المواد النووية والمواد المشعة الأخرى المستخدمة أو المنتجة أو المخزونة داخل الدولة، مدعومة بالدراية في الموضوع للمساعدة في عملية التفسير. ويمكن إعادة تحليل العينات المؤرشفة للمقارنة.

٦-٦- وكمثال، ترد في الجدول ٤ بعض المعلومات التي قد تكون ضرورية للإجابة على الأسئلة عن عينة من البلوتونيوم، والبصمات المستخدمة للحصول على المعلومات.

الجدول ٤- أمثلة على بصمات النويدات المشعة ذات الصلة الموجودة في البلوتونيوم

المعلومات المطلوبة	البصمة
التاريخ الذي تمت فيه المعالجة الكيميائية	النمو الداخلي للنظائر الوليدة
تقنيات المعالجة الكيميائية	العناصر المتبقية (النسبة يورانيوم/بلوتونيوم)
الاستخدام كمصدر لطاقة الاضمحلال الإشعاعي	نشاط نظائر البلوتونيوم (البلوتونيوم ^{٢٣٨})
الطيف النيوتروني وحرق الوقود في المفاعل	نسب نظائر البلوتونيوم (مثلاً البلوتونيوم ^{٢٤٠} / البلوتونيوم ^{٢٣٩})

تكوين مكتبة وطنية للتحليل الجنائي النووي

٧-٦- المكتبة الوطنية للتحليل الجنائي النووي هي إحدى الأدوات المتاحة للاستخدام في تفسير نتائج التحليل الجنائي النووي. ويمكن أن تساهم هذه المكتبة وقواعد البيانات المرجعية في قدرة الدولة على تقييم ما إن كانت المواد التي تصادف خارج نطاق التحكم الرقابي متوافقة مع المواد النووية والمواد المشعة الأخرى المنتجة أو المستخدمة أو المخزونة داخل الدولة أم لا [٥]. والمكتبة الوطنية للتحليل الجنائي النووي هي مجموعة منظمة إدارياً من المعلومات عن المواد النووية والمواد المشعة الأخرى المنتجة أو المستخدمة أو المخزونة داخل الدولة؛ ويمكن أن تأتي تلك المعلومات من مصادر مختلفة ومتنوعة. ويمكن أن تسهل المكتبة مقارنة الخصائص المقاسة للمواد النووية والمواد المشعة الأخرى ببصمات فئات من المواد المعروفة (مثل الخصائص الفيزيائية، والتركيبية الكيميائية والعنصرية، والنسب النظرية).

٦-٨- وعند وجود مكتبة وطنية للتحليل الجنائي النووي لخدمة هذه الأغراض، ينبغي أن تتولى الدولة إنشاءها وصونها والسيطرة عليها، وأن تكون متناسبة مع حجم وتعقد ما لدى الدولة من مواد نووية ومواد مشعة أخرى.

٦-٩- ومن أجل تعزيز هذه المقارنات، ينبغي تكوين مكتبة التحليل الجنائي النووي الوطنية باستخدام إطار مفاهيمي وتنظيمي مشترك، حيثما يكون ذلك عملياً.

معرفة عمليات دورة الوقود النووي وتصنيع المصادر المشعة

٦-١٠- تكتسب المواد النووية والمواد المشعة الأخرى الخصائص التي تتجلى في بصمات التحليل الجنائي النووي في مراحل مختلفة من سيرة تلك المواد، بما في ذلك أثناء تصنيعها. ويمثل فهم كيفية تكوّن هذه البصمات وبقائها وتعديلها أثناء عمليات إنتاج المواد أمراً بالغ الأهمية لتفسير نتائج التحليل الجنائي النووي. ونتيجة لذلك تمثل معرفة عمليات دورة الوقود النووي وتصنيع المصادر المشعة أمرين أساسيين للتفسير الفعال للقياسات المخبرية. ويتم الحصول على هذه المعرفة من الدراية في الموضوع، التي توجد عادةً لدى مجموعة متنوعة من الكيانات الدولية والوطنية وغير الحكومية.

٦-١١- ويمكن من خلال نمذجة أو محاكاة دورة الوقود النووي أو عمليات إنتاج المواد النووية التنبؤ بالكيفية التي تكتسب بها المواد النووية والمواد المشعة الأخرى البصمات أثناء إنتاج تلك المواد. وقد تحسّن النمذجة أيضاً فهم الظواهر التي تنشئ البصمات أو تعديلها، وكذلك الظواهر التي تتيح بقاء البصمات. وتساعد المعارف التي تكتسب من خلال عملية النمذجة على توفير السياق للقياسات المخبرية اللاحقة، وقد تساعد أيضاً على الكشف عن بصمات جديدة.

٦-١٢- وتوفر مقارنة نتائج تحديد خصائص المواد بمجموعات البصمات المستمدة من المعلومات عن العمليات (مثلاً القياسات النظرية والشوائب وسمات البنية المجهرية) فهماً للكيفية التي ربما يكون قد تم بها تصنيع المادة وللاستخدام الأصلي المقصود من المادة. وفي المقابل، تتيح هذه المقارنات أيضاً استبعاد عمليات إنتاج واستخدامات مقصودة من النظر إذا لم يثبت وجود ارتباط بين نتائج تحديد الخصائص ومجموعات بصمات محددة.

المواد المؤشقة

٦-١٣- يمكن أن تسهم التحاليل المقارنة للمواد النووية والمواد المشعة الأخرى المؤشقة، بما فيها المواد المضبوطة، إسهاماً كبيراً في الثقة في استنباطات التحليل الجنائي النووي. ونتيجة هذه التحاليل لخبير التحليل الجنائي النووي الربط بين المادة والعمليات التي استخدمت في إنتاجها أو

تصنيعها. ومع اكتشاف بصمات جديدة من خلال استخدام أساليب تحليلية جديدة، يصبح من المهم بقدر متزايد أن تكون البيانات المؤرشفة مصحوبة بمواد مؤرشفة. وتبعاً لعمر النصف للنويدات المشعة ذات الأهمية في أي مادة معينة، يمكن إعادة تحليل المادة المؤرشفة باستخدام أساليب تحليلية جديدة، وتقييم البيانات الناتجة لإثبات وجود البصمات المكتشفة حديثاً أو عدم وجودها. وقد تشمل أراشيف العينات التي يحتفظ بها المشغلون والمنتجون والرقابيون والمختبرات البيئية والجهات الأخرى عينات من المواد تم تحليلها سابقاً، مثل وقود المفاعلات، وعينات مراقبة النوعية، والمصادر المشعة الصناعية.

الأدبيات المفتوحة

٦-١٤- العديد من العمليات النووية الأساسية موثَّق في الكتب المدرسية والتقارير والمقالات الصحفية ضمن الأدبيات المفتوحة. ولدى موقع المعلومات النووية للوكالة على الشبكة العالمية، على سبيل المثال، عدد من قواعد البيانات التي توثق المعلومات المتاحة للجمهور عن المرافق النووية في جميع أنحاء العالم.^٣

الأدبيات المغلقة

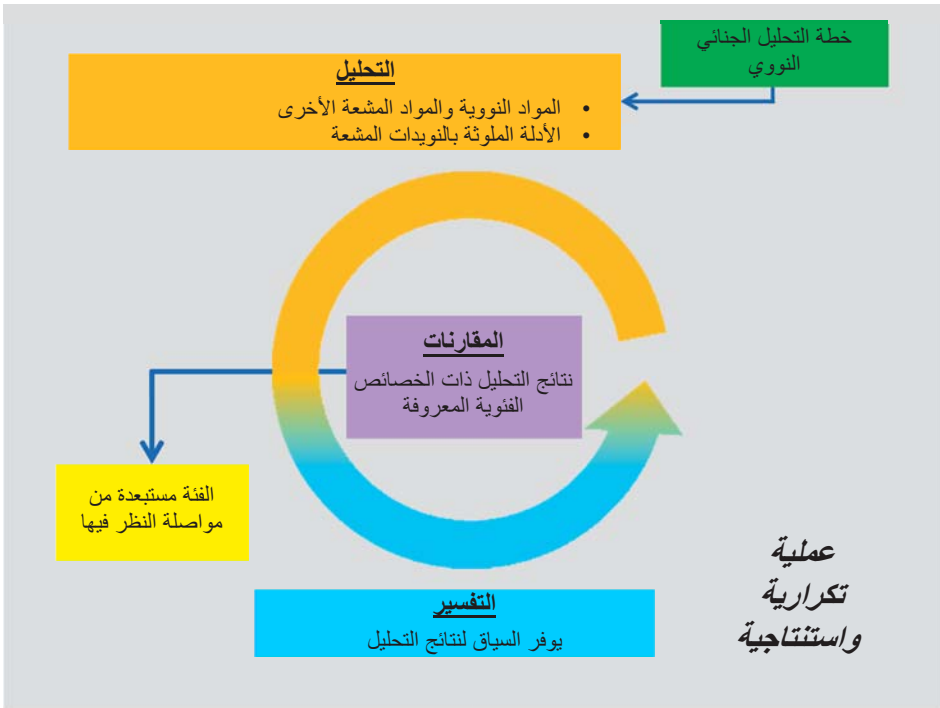
٦-١٥- لا يجوز توثيق المعلومات المسجلة ملكيتها أو المحظور إفشاؤها إلا في الأدبيات 'المغلقة'. وقد تكون الشركات على استعداد للتشارك في المعلومات المسجلة الملكية مع السلطات المختصة أو المختبرات الوطنية بعد تنفيذ اتفاقية عدم إفشاء مناسبة. وقد يكون بوسع المعاهد النووية والوزارات ذات الصلة والمختبرات الوطنية أن تصل إلى الأدبيات المحظور إفشاؤها الموجودة داخل دولتها، لكن من غير المحتمل أن تحصل على إذن للوصول إلى المستندات المحظور إفشاؤها الموجودة لدى دول أخرى.

العمليات الاستنباطية والتكرارية

٦-١٦- ينطوي التحليل والتفسير في مجال التحليل الجنائي النووي على عمليات استنباطية وعمليات تكرارية، كما هو موضح في الشكل ٢. وتنتج عن تنفيذ خطة التحاليل نتائج يمكن مقارنتها بالمعلومات عن المواد الموجودة أو المعروفة، وتؤدي هذه المقارنات إلى التفسير، الذي يضع نتائج التحاليل في سياقها المناسب. وعملية المقارنة التي تشتمل على نتائج التحاليل وعلى

^٣ انظر <http://nucleus.iaea.org>.

المعلومات عن المواد المعروفة هي عملية تكرارية، لأن كل مقارنة من المقارنات المتتالية قد توفر معلومات جديدة يمكن أن تحدّد المزيد من التحاليل أو المقارنات التي، بدورها، قد تكشف عن بصمات إضافية من شأنها أن تساعد على التعرف على المواد بدقة أكثر. وقد تكون عملية المقارنة هذه استنباطية أيضاً، لأنها يمكن أن تُستخدم للاستبعاد التدريجي لعمليات أو مواقع أو مناشئ معيّنة أخرى كمصادر محتملة للمادة. وعلى سبيل المثال فإن مقارنات نتائج التحاليل المتأتية من المواد النووية المضبوطة بعمليات الإنتاج المعروفة من شأنها أن تحدد عمليات الإنتاج المحتملة التي يمكن أن تكون قد صنّعت بها المواد المضبوطة، وكذلك العمليات التي لا يمكن أن تكون قد صنّعت بها. ومن شأن المقارنات الإضافية بسائر عمليات الإنتاج أو القياسات التحليلية الموجودة أن تقلل عدد عمليات الإنتاج التي يحتمل أن تكون مسؤولة عن إنتاج المواد المضبوطة.



الشكل ٢ - التحليل والمقارنات والتفسير في التحليل الجنائي النووي: عملية تكرارية واستنتاجية لتوفير سياق لنتائج التحليل.

٦-١٧- وعند تلقي نتائج التحاليل وتفسيرها، قد تسفر عن معلومات يمكن أن يستخدمها مسؤولو إنفاذ القانون لأغراض التحقيق. وقد تكون هناك حالات لا يتمكن فيها فحص التحليل الجنائي النووي من التوصل إلى استنتاج قطعي بشأن الكيفية التي صُنعت بها المادة أو المكان الذي ربما تكون قد نشأت فيه، ولكن قد يظل قادراً على استبعاد العمليات التي لا تتوافق مع الأدلة المتعلقة بسيرة إنتاج المادة. ويساعد الإجراءان كلاهما — أي توليد الدلائل التحقيقية واستبعاد سيناريوات معينة — على تضيق نطاق تركيز التحقيق. وأخيراً، يمكن أن تساعد نتائج أنشطة التحقيق التي تجريها أجهزة إنفاذ القانون على الكشف عن أدلة إضافية قد تحدد الروابط بين المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى والأشخاص والأماكن والأوقات والأحداث وعمليات الإنتاج موضع الاهتمام.

٧- استنباطات التحليل الجنائي النووي

٧-١- استنباطات التحليل الجنائي النووي هي نواتج التحليل والتفسير في مجال التحليل الجنائي النووي. وقد تدعم هذه الاستنباطات تحقيقات إنفاذ القانون والتحريات الرقابية وصنع السياسات، وتساعد أصحاب المصلحة الآخرين ذوي الصلة على تحسين الأمن النووي ومنع وقوع أحداث الأمن النووي في المستقبل. وعادة ما تكون الأسئلة الرئيسية التي تُطرح في جميع السيناريوات هي نفسها:

- ما هو نوع المادة المعنية؟
- ما هو منشأ المادة المحتمل؟
- ما هي طرائق الإنتاج المحتملة؟

الثقة في الاستنباطات

٧-٢- بصفة عامة، تعتمد الثقة في نتائج التحاليل على ثلاثة عوامل: '١' الأساليب المتحقق من صحتها؛ '٢' المواد المرجعية المصادق عليها؛ '٣' الكفاءات المبرهن عليها. ويضمن استخدام الأساليب المتحقق من صحتها أن يكون التحليل مناسباً للمادة وقادراً على قياس المادة (المواد) المستهدفة بالتحليل محل الاهتمام. ويضمن استخدام المواد المرجعية المصادق عليها مقارنة القياسات بالقيم المعروفة والمصادق عليها. وتوفّر الطرائق المتحقق من صحتها والمواد المرجعية المصادق عليها الثقة في النتائج من خلال إثبات قدر من الموثوقية في الإجراءات التي تم الحصول على النتائج من خلالها. ويوفّر استخدام الكفاءات المبرهن عليها الثقة بالأفراد الذين يقومون بالتحليل.

٣-٧- وتعتمد الثقة في التفسير على بيان أوجه عدم اليقين في نتائج كل من القياسات التحليلية على حدة، وفي نتائج المقارنات التكرارية للنتائج التحليلية بالمعلومات الموجودة عن الفئات، وفي النظر في التفسيرات البديلة لدى تفسير نتائج تلك المقارنات. وتتيح هذه العوامل الثلاثة مجتمعة الدفاع عن التفسير وعن مستوى الثقة المرتبط به، من خلال فهم مبرهن عليه للأساس الذي يستند إليه التفسير ومستوى الثقة.

٤-٧- ومن الضروري أن تكون أي تحاليل وتفسيرات في مجال التحليل الجنائي النووي قابلة للدفاع عنها، لأن نتائج التحليل الجنائي النووي قد تُستخدم في الإجراءات القانونية أو لتحديد نقاط الضعف في الأمن النووي. ويساهم التقيد الصارم بإجراءات سلسلة العهدة في جميع مراحل التحقيق، وتطبيق إجراءات ضمان النوعية ومراقبة النوعية في المختبرات، في الثقة في نتائج التحاليل. وعلاوة على ذلك فإن الخطة التحليلية التي تستخدم نتائج متعددة لكي تتوافق تلك النتائج على استنباطات محددة (على سبيل المثال ربط أو استبعاد فئات معينة من المواد) تزيد من الثقة في الاستنباطات والاستنتاجات.

الإبلاغ عن النتائج

٥-٧- ينبغي الإبلاغ عن جميع استنباطات التحليل الجنائي النووي في تقرير مكتوب وفي الوقت المناسب. ويمكن تقديم التقارير في شكل تقرير علمي، أو قد يتعين أن تكون في شكل قياسي محدد تشترطه السلطة الوطنية أو وكالة التحقيق الرئيسية. وسيتعين تحديد المعلومات الحساسة المدرجة في هذه التقارير وحمايتها وفقاً لذلك.

٦-٧- وينبغي الإبلاغ بطريقة واضحة عن مستوى الثقة المسند إلى النتائج وإلى تفسيرها، وفقاً للمتطلبات المنصوص عليها في خطة فحوص التحليل الجنائي. ومن أجل المضي قدماً في التحقيق النووي، تُدمج نتائج التحليل الجنائي النووي مع الاستنباطات والمعلومات المستمدة من التخصصات الأخرى، بما في ذلك تخصصات علم التحليل الجنائي الأخرى والمعلومات المقدمة من السلطات الأخرى، مثل أجهزة الأمن القومي. وينبغي الإبلاغ عن نتائج تحاليل التحليل الجنائي النووي ومستويات الثقة المرتبطة بالاستنباطات بطريقة تلبى احتياجات التحقيق.

٧-٧- وفي بيئة حدث الأمن النووي الحساسة من حيث الزمن، قد تكون هناك حاجة إلى الحصول على معلومات أولية موثوقة بأسرع ما يمكن. وسيطلب المحققون وكذلك صناع القرار وغيرهم من المسؤولين استنباطات التحليل الجنائي النووي قبل وقت طويل من إنجاز التحليل والتفسير الكاملين للقياسات. ومن الناحية المثالية، ينبغي أن تكون هناك طريقة قائمة لبيان مستويات الثقة المرتبطة بالتقارير الأولية. ومن أجل تلبية الطلبات الواردة من المحققين وصناع القرار للحصول على المعلومات، ينبغي وضع موجز أولي لاستنباطات التحليل

الجنائي النووي يُبلغ عن النتائج الرئيسية، إلى جانب الافتراضات الرئيسية ومستويات الثقة الخاصة بهذه الاستنباطات وأي تفسيرات بديلة تظل ذات مصداقية في ضوء المعلومات المتاحة حتى ذلك الحين.

٧-٨- للمساعدة على إدارة التوقعات المتعلقة بالإبلاغ عن النتائج، ينبغي أن تحدّد خطة فحوص التحليل الجنائي الشكل المعين الذي ينبغي الإبلاغ به عن النتائج والأطر الزمنية المعيّنة التي ينبغي الإبلاغ في غضونهما عن النتائج. وقد تُصدّر التقارير عن حالة واستنباطات فحوص التحليل الجنائي النووي دورياً، أثناء حدث الأمن النووي وبعده على حد سواء. وقد تُتبع في إعداد التقارير الجداول الزمنية البالغة ٢٤ ساعة وأسبوعاً وشهرين المعتادة لإنجاز التحاليل، على النحو المبين في الجدول ٣. وينبغي أيضاً إصدار تقرير نهائي بعد اختتام الفحص. وينبغي أن يحدّد التقرير النهائي جميع البيانات وغيرها من المعلومات المستخدمة في التقييم، وأن يبين الافتراضات الموضوعية والأساس المنطقي للاستنباطات المقدمة. وينبغي أن تحدّد أيضاً في التقرير أي بيانات أو معلومات لا تتفق مع الاستنباطات، إلى جانب الأساس المنطقي لاستبعاد تلك المعلومات أو التقليل من أهميتها أو إعطاء الأسبقية لمعلومات أخرى.

الاستعراض بعد اتخاذ الإجراءات

٧-٩- بعد اختتام فحص التحليل الجنائي النووي وإنجاز جميع الإجراءات القانونية ذات الصلة، قد يكون 'الاستعراض بعد اتخاذ الإجراءات' مفيداً لتحديد التحاليل والإجراءات المختلفة التي أنجزت أثناء مسار التحقيق ولتتبع التوقعات وتلك التي لم تلَبِّ التوقعات. وليس الغرض من الاستعراض بعد اتخاذ الإجراءات هو التركيز حصرياً على أوجه القصور، بل هو أيضاً فهم الأشياء التي ساهمت في نجاح الإجراءات التي لَبَّتِ التوقعات أو فاقتها. ويتيح الاضطلاع بالاستعراض بعد اتخاذ الإجراءات فرصة للتعلّم من التجربة ولتقديم تعقيبات تُدرج في العمليات المستخدمة للتخطيط لفحوص التحليل الجنائي النووي المقبلة وتنفيذها.

٧-١٠- وبالنظر إلى الحاجة العامة إلى تحسين كيفية إجراء تحاليل التحليل الجنائي النووي، يُشجّع الخبراء في مجال التحليل الجنائي النووي على إطلاع نظرائهم في الدول الأخرى على أي دروس مستفادة من أحداث الأمن النووي الفعلية أو من إجراء التمارين، حيثما تسمح بذلك اعتبارات السريّة.

٨- التعاون والمساعدة على الصعيد الدولي

٨-١ يمكن أن يقدّم التعاون والمساعدة على الصعيد الدولي مساهمة قبل حدث الأمن النووي أو أثناءه أو بعده. ويتضمن نطاق التعاون والمساعدة على الصعيد الدولي في مجال التحليل الجنائي النووي مجموعة من الأنشطة تشمل التوعية والبحث والتطوير وتقديم المساعدة الدولية وبناء القدرات.

التعاون الدولي

٨-٢ يضطلع عدد من المنظمات والأفرقة والمبادرات على الصعيد الدولي بالتوعية بأهمية التحليل الجنائي النووي ويقدم، عند الطلب، أشكالاً متنوعة من دعم التحليل الجنائي النووي. وتقدّم المبادرة العالمية لمكافحة الإرهاب النووي، والإنتربول، والفريق العامل التقني الدولي المعني بالأدلة الجنائية النووية، أشكالاً مختلفة من التدريب والمبادئ التوجيهية والمساعدة. وقد تختار الدول أيضاً التعاون الثنائي أو متعدد الأطراف في مجال التحليل الجنائي النووي. فضلاً عن ذلك، توجد لدى بعض الدول برامج وطنية يمكن أن تقدم الدعم للشركاء الدوليين.

المبادرة العالمية لمكافحة الإرهاب النووي

٨-٣ المبادرة العالمية لمكافحة الإرهاب النووي هي شراكة طوعية للدول تعمل على تعزيز القدرة العالمية على منع التهديد المشترك المتمثل في الإرهاب النووي وكشفه والتصدي له. وحالياً يقوم الفريق العامل المعني بالأدلة الجنائية النووية التابع للمبادرة بتقديم المساعدة إلى القيادات السياسية في الدول الشريكة من أجل بناء القدرات المحلية في مجال التحليل الجنائي النووي عن طريق تطوير أدوات التوعية بالتحليل الجنائي النووي، وتعزيز العلاقات الحكومية الدولية، وإجراء التمارين المشتركة، وترويج الممارسات الفضلى في مجال التحليل الجنائي النووي [٢٧].

الوكالة الدولية للطاقة الذرية

٨-٤ تقدم الوكالة الدعم للدول في جهودها الرامية إلى إنشاء وصون بنية تحتية فعالة للأمن النووي، بما في ذلك قدرات التحليل الجنائي النووي. ويتحقق ذلك من خلال الإرشادات الدولية التي تصدرها الوكالة في منشورات سلسلة الأمن النووي، بما فيها هذه الإرشادات بشأن تطبيق خطة العمل النموذجية، ومن خلال تدابير لمساعدة الدول، بناء على الطلب، على تطبيق تلك الإرشادات. وتشمل التدابير الأخرى التدريب على التوعية بالتحليل الجنائي النووي، وإدارة مسرح الجريمة الإشعاعية، ومنهجيات التحليل الجنائي النووي، والمشاريع البحثية المنسقة [٢٨].

الإنتربول

٥-٨- الإنتربول منظمة دولية تعمل على دعم أجهزة الشرطة الوطنية في مجال منع الجريمة ومكافحتها، بما في ذلك الإرهاب الإشعاعي والنووي. ونشاطها الأساسي هو تسهيل تبادل المعلومات، بما فيها المعلومات التحقيقية، بين عضويتها العالمية. وعلاوة على ذلك، تُجري الإنتربول التحليل الاستخباراتي وتقدم التدريب (على سبيل المثال، التدريب على إدارة مسرح الجريمة الإشعاعية)، وتستطيع تقديم الدعم التنفيذي أثناء أحداث الأمن النووي.

الفريق العامل التقني الدولي المعني بالأدلة الجنائية النووية

٦-٨- الفريق العامل التقني الدولي المعني بالأدلة الجنائية النووية (الفريق العامل) هو فريق عامل غير رسمي مؤلف من العلماء النوويين ومسؤولي إنفاذ القانون وأوائل المتصددين وخبراء الرقابة النووية، يشكلون معاً هيئة من ممارسي التحليل الجنائي النووي [٢٩]. وهدف الفريق العامل هو تعزيز تخصص التحليل الجنائي النووي من خلال وضع حلول تقنية فعالة وتقديم المشورة للسلطات الوطنية والدولية بشأن أفضل السبل للتصدي للأعمال الإجرامية والأعمال المتعمدة غير المأذون بها المتعلقة بالمواد النووية أو المواد المشعة الأخرى. ويضع الفريق العامل مبادئ توجيهية تقنية، وينظم تمارين تعاونية بشأن تحليل المواد وكذلك تمارين مكتبية، ويعزز التوعية على الصعيد الدولي. وتتوفر معلومات إضافية على موقع الفريق العامل على الشبكة العالمية.^٤

المساعدة في مجال التحليل الجنائي النووي أثناء التحقيق في أحداث الأمن النووي

٧-٨- يمكن تيسير المساعدة أثناء التحقيق في أحداث الأمن النووي من خلال المنظمات الدولية أو من خلال الاتفاقات والترتيبات الثنائية/المتعددة الأطراف. وقد تشمل المساعدة دعم جمع الأدلة، أو تحسين طرائق التحليل، أو إجراء تحاليل التحليل الجنائي النووي، أو تحسين الثقة في التحاليل، أو جمع البيانات للمساعدة على تفسير نتائج التحليل الجنائي النووي، أو تقديم أنواع أخرى من المعلومات بناء على الطلب.

٨-٨- وعند صياغة طلب المساعدة، ينبغي أن يضع الطرف الطالب النقاط التالية في اعتباره عند صياغة طلبه (غير مرتبة حسب الأولوية):

(أ) ما إن كان الطلب استجابة لحدث محدد عُثر فيه على مواد نووية أو مواد مشعة أخرى خارج نطاق التحكم الرقابي أم هو جزء من استراتيجية للاستعداد لوقوع مثل هذه الأحداث [٣٠، ٣١]؛

^٤ انظر <http://www.nf-itwg.org>.

- (ب) ما إن كان ينبغي اعتبار الطلب مسألة حساسة وبالتالي يستوجب حماية المعلومات الحساسة؛
- (ج) ما إن كانت الدولة الطالبة ستسمح بقيام الطرف الذي يقدم المساعدة بمشاركة النتائج مع أطراف ثالثة أو آخرين غير مشاركين مباشرة في تقديم المساعدة، وإذا كان الأمر كذلك، ففي أي ظروف وكيف ينبغي أن تتم هذه المشاركة؛
- (د) ما إن كان مطلوباً من الطرف الذي يقدم المساعدة أن يقوم بجمع المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى وتعبئتها ونقلها من إقليم الطرف الطالب إلى مرفق في إقليم الطرف الذي يقدم المساعدة بما يتوافق مع اعتبارات الأمان ومتطلبات النقل والإعلانات المتعلقة باستيراد المواد النووية والمواد المشعة الأخرى وتصديرها؛
- (هـ) ما إن كان يتعين على الطرف الذي يقدم المساعدة أن يتقيد بسلسلة العهدة وغير ذلك من المتطلبات ذات الصلة المتعلقة بالتعامل مع الأدلة والساندة في النظام القانوني للطرف الطالب؛
- (و) ما إن كان الطلب يقتضي موافقة على المستوى الوزاري من الطرف الطالب و/أو الطرف الذي يقدم المساعدة، وإذا كان الأمر كذلك فكيف سيتم الحصول على هذه الموافقات؛
- (ز) ما إن كان الطرف الذي يقدم المساعدة يمكن أن يتوقع استرداد التكاليف التي يتكبدها في تلبية الطلب أم سيُتوقع منه استيعاب هذه التكاليف؛
- (ح) ما إن كان يحتمل أن تكون هناك حاجة إلى تقديم شهادة خبراء من الطرف الذي يقدم المساعدة، وإذا كان الأمر كذلك، ففي ظل أي ظروف قد يتعين تقديم هذه الشهادة (على سبيل المثال، شخصياً أم كتابياً أم عبر رابط اتصالات عن بُعد)؛
- (ط) ما إن كان سينظر في إعادة المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى إلى الطرف الطالب. وفيما يتعلق بهذه النقطة، ينبغي لكل من الطرف الطالب والطرف الذي يقدم المساعدة مراعاة الالتزامات الناشئة عن الصكوك القانونية الدولية المتعلقة بالمواد النووية والمواد المشعة الأخرى، مثل الالتزامات الواردة في اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية [٤]، والاتفاقية الدولية لقمع أعمال الإرهاب النووي [١٢] وفي اتفاقات الضمانات ونظم مراقبة الصادرات ذات الصلة.

٨-٩- ويتمثل أحد النُهُج بشأن تسهيل طلب المساعدة في إعداد بيان عن العمل، أو وثيقة مماثلة، يتم الاتفاق عليها بين الطرف الطالب والطرف الذي يقدم المساعدة أو الأطراف التي تقدمها. ويمكن أن تعالج الوثيقة، حسب الاقتضاء، القضايا المذكورة أعلاه، وأن تحدد التوقعات المتعلقة بتوقيت تقديم التقارير ووسائل تقديمها، ووضع خطة للتحاليل (إذا كانت طبيعة الطلب تقتضي ذلك)، والطريقة التي ينبغي استخدامها للإبلاغ عن النتائج والتحاليل. وقد يكون من المناسب اتباع نهج أقل رسمية عندما لا يقتضي الطلب إجراء تحاليل معملية، وعل سبيل المثال

طلب لتبادل الممارسات الفضلى في مجال التحليل الجنائي النووي، أو لتقديم مشورة الخبراء بشأن إجراء تمارين تتصل بالتحليل الجنائي النووي، أو للمساعدة على وضع خطط لتعزيز القدرات الوطنية في مجال التحليل الجنائي النووي.

٨-١٠- وبما أن هذه الترتيبات تنطوي على قضايا متعددة ومعقدة، فمن المستصوب أن تحدد كل دولة وتدرج، ضمن خطة التصدي الوطنية الخاصة بها، الترتيبات التي قد يلزم اتخاذها في حالة وقوع حدث أمن نووي فعلي، فيما يتعلق بتقديم المساعدة الدولية أو طلبها.

٩- بناء قدرات التحليل الجنائي النووي

٩-١- تطوير قدرات التحليل الجنائي النووي واستدامتها هو من مسؤولية الدولة. وتتسم عناصر مثل البنية التحتية، والأطر القانونية والتنظيمية، والعمليات، ورأس المال البشري، والمعدات والمعارف المتخصصة، بأهمية حاسمة للقدرات الفعالة في مجال التحليل الجنائي النووي.

٩-٢- والاستراتيجيات الرامية إلى تطوير واختبار واستدامة إمكانات وقدرات التحليل الجنائي النووي ضرورية للمتكمين من التصدي المناسب لأحداث الأمن النووي. وتشمل هذه النهج بناء الوعي بالتحليل الجنائي النووي لدى أصحاب المصلحة على جميع المستويات، والتدريب المناسب للموظفين الحاليين والمقبلين، والتمرين على إجراءات التصدي، وتصميم برامج البحث والتطوير، والإدارة الفعالة للمعارف تحسباً لمتطلبات المستقبل، والتعليم الفعال في مجالات العلوم النووية من أجل تعزيز الإمكانات واستدامتها (انظر المرفق الثالث للاطلاع على أمثلة محددة).

الوعي

٩-٣- من العناصر الأساسية في تطوير إمكانات الدولة في مجال التحليل الجنائي النووي الوعي بمساهمة التحليل الجنائي النووي في البنية التحتية للأمن النووي في الدولة. ويمكن أن تساعد توعية جميع أصحاب المصلحة داخل الدولة بشأن التحليل الجنائي النووي على ما يلي:

- ترويج فهم التحليل الجنائي النووي لدى ميسري ومطوري إمكانات التحليل الجنائي النووي؛
- توضيح الأدوار والمسؤوليات؛
- زيادة معارف التحليل الجنائي النووي التي تطبق على تحقيقات إنفاذ القانون وتقييمات نقاط ضعف الأمن النووي؛
- التشجيع على استخدام مصطلحات مشتركة بين المنظمات والتخصصات المختلفة.

التدريب

٩-٤- الدولة مسؤولة عن ضمان أن تكون البنية التحتية لأمنها النووي الوطني مدعومة بموظفين مدربين تدريباً مناسباً. وينبغي أن يشمل التدريب التقني وتنمية رأس المال البشري تعقيدات التحليل الجنائي النووي كعنصر من التدابير الوقائية وكقدرة على التصدي. والتدريب عنصر أساسي في أي برنامج مستدام في مجال التحليل الجنائي النووي، من خلال توفير المعلومات الأساسية عن متطلبات التحقيق في أحداث الأمن النووي، وطرائق التحليل والتفسير الموصى بها، ودور التحليل الجنائي النووي في البنية التحتية للأمن النووي في الدولة. ويمكن أيضاً دعم التدريب من خلال شراكات التحليل الجنائي النووي الدولية.

٩-٥- وينبغي أن يصمّم التدريب وفقاً لأهداف التعلّم المطلوبة. فمن المهم، مثلاً، لكي يكون أخصائيو التحليل الجنائي النووي فعالين في إبلاغ النتائج العلمية إلى مسؤولي إنفاذ القانون وصانعي السياسات أو صناع القرار أثناء حدث الأمن النووي، أن يتم تدريب هؤلاء الأخصائيين على نقل هذه المعلومات إلى هؤلاء المتلقين نقلاً فعالاً. وبالمثل، أعدت الوكالة تدريباً تمهيدياً وكذلك تدريباً يركز على منهجيات تحليلية تقنية محددة مستخدمة في مختبرات التحليل الجنائي النووي.

التمارين

٩-٦- تعتمد إمكانات التحليل الجنائي النووي الفعالة على التعاون بين منظمات العلم والتكنولوجيا وأجهزة إنفاذ القانون وغيرها من الوكالات الحكومية، على الصعيد الوطني والدولي على حد سواء. وتطوير العمليات والآليات التعاونية والمشاركة ضروري للتطوير المستمر لإمكانات التحليل الجنائي النووي. والتخطيط لتمارين التحليل الجنائي النووي وتنفيذها واستعراضها عنصر أساسي في تعزيز هذه القدرات.

٩-٧- وتتيح تمارين التحليل الجنائي النووي للدول أن تختبر وتبني الثقة في تصديها لأحداث الأمن النووي، من خلال إتاحة الفرصة لصانعي القرار والعاملين للتمرين، قبل وقوع الحدث، على ممارسة أدوارهم في وضع واقعي ينطوي على مخاطر متحكم فيها. وكثيراً ما تكون تمارين التحليل الجنائي النووي قائمة على سيناريو أو تحليلية في نطاقها. ومن خلال التمارين، يمكن لأصحاب المصلحة تقييم إمكاناتهم وتحديد نوعية الأداء في ظل ظروف واقعية، في حين يجرون أيضاً تقييماً للأدوار والمسؤوليات ولمسارات وآليات تبادل المعلومات. وتتيح التمارين الفرصة لتحسين خطط التصدي والتعافي وتحسين التنسيق بين أصحاب المصلحة. وينبغي استخدام النتائج والاستنباطات المنبثقة من التمارين لتحديد الإجراءات التصحيحية وتحسين التقنيات وتقديم أفكار جديدة لتحسين التصدي الشامل. وبالإضافة إلى ذلك يمكن للدول، عن طريق مشاركة

الاستنباطات مع الشركاء الموثوق بهم، تعزيز قدراتها الجماعية على مواجهة التهديدات المستجدة.

تطوير التعليم والدراية

٩-٨- تطوير التعليم والدراية عنصر أساسي في إمكانات التحليل الجنائي النووي الفعالة المستدامة. وينبغي أن تكون الدولة قادرة على الاستعانة بموظفين تقنيين يمتلكون دراية تشمل التخصصات النووية والحيوكيميائية الأوثق صلة بالتحليل الجنائي النووي. ولضمان وجود قوة عمل كافية في مجال التحليل الجنائي النووي، ستكون هناك أهمية حاسمة لتكوين الجيل القادم من العلماء من خلال إيجاد مسار أكاديمي يمتد من الدراسة الجامعية إلى ما بعد الدكتوراه في مجالات مثل الكيمياء الإشعاعية، والهندسة والفيزياء النوويتين، والكيمياء الجيولوجية النظرية، وعلم المواد، والكيمياء التحليلية. وقد تشمل الإجراءات العملية ما يلي:

- (أ) التشجيع على التعاون والتبادل بين الأوساط الأكاديمية والعلمية وأوساط صنع السياسات داخل الدولة، ليشمل ذلك الطلاب وأساتذة الجامعات والخبراء التقنيين العاملين في مختبرات الدولة والمسؤولين الحكوميين؛
- (ب) توفير الموارد، مثل المنح الدراسية والزمالات والتدريب الداخلي، للطلاب في المجالات المذكورة أعلاه على مستويات الدراسات الجامعية وفوق الجامعية والعليا، بما في ذلك فرص البحث العملي في مرافق المختبرات؛
- (ج) تقديم المساعدة للجامعات لدعم تطوير البرامج التعليمية المتصلة بالتحليل الجنائي النووي، بما في ذلك ترويج نهج متعدد التخصصات (من قبيل الجمع بين أقسام الكيمياء والفيزياء لتدريس منهج مشترك بشأن التحليل الجنائي النووي)؛
- (د) تيسير الحصول على المعارف التقنية الفريدة ونقلها من الخبراء الحاليين عن طريق قيامهم بتوجيه علماء التحليل الجنائي النووي الشباب.

البحث والتطوير

٩-٩- التحليل الجنائي النووي مجال نامٍ من مجالات علم التحليل الجنائي. والبحث والتطوير ضروري لبناء الثقة في استنباطات التحليل الجنائي النووي وتقييم موثوقية بصمات التحليل الجنائي النووي كأساس لتحديد منشأ المواد وسيرتها. وعلى وجه الخصوص، ينبغي أن يركز البحث على مجالات مثل تحسين الإجراءات وتحسين التقنيات التحليلية الخاصة بتصنيف المواد النووية والمواد المشعة الأخرى وتحديد خصائصها، وتحديد بصمات التحليل الجنائي النووي

لإدراجها في مكتبة وطنية للتحليل الجنائي النووي، وفهم كيفية تكوّن البصمات واستمرارها وتعديلها على كامل نطاق دورة الوقود النووي، وكيف يمكن قياس البصمات بدقة [٢٨].

٩-١٠- ويمكن أن تدعم ممارسة البحث والتطوير اللذين يعززان علم تحليل المواد النووية والمواد المشعة الأخرى إمكانات التحليل الجنائي النووي الوطنية. وعلاوة على ذلك، تعزز استعراضات الأقران، من خلال العملية العلمية، تقبل تقنيات هذا النوع من التحليل والتفسير والثقة فيها. ويتيح تقبل هذه الأدوات من جانب المجتمع العلمي اعتمادها للاستخدام أثناء فحوص التحليل الجنائي النووي الفعلية.

المراجع

- [١] المفوضية الأوروبية، والفاو، والوكالة الدولية للطاقة الذرية، ومنظمة العمل الدولية، ووكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، ومنظمة الصحة للبلدان الأمريكية، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، ومنظمة الصحة العالمية، الوقاية من الإشعاعات وأمان المصادر الإشعاعية: معايير الأمان الأساسية الدولية، سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، العدد GSR Part 3، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠١٥).
- [٢] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، إرساء البنية الأساسية للأمن النووي من أجل برامج القوى النووية، العدد ١٩ من سلسلة الوكالة للأمن النووي، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠١٥).
- [٣] KRISTO, M.J., SMITH, D.K., NIEMEYER, S., DUDDER, G.B., Model Action Plan for Nuclear Forensics and Nuclear Attribution, Rep. UCRL-TR-202675, Lawrence Livermore Natl Lab., Livermore, CA (2004).
- [٤] اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية، INFCIRC/274/Rev.1، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠٢١).
- [٥] مكتب الشرطة الأوروبي (اليوروبول)، والوكالة الدولية للطاقة الذرية، ومنظمة الطيران المدني الدولي (إيكافو)، والمنظمة الدولية للشرطة الجنائية (الإنتربول)، ومعهد الأمم المتحدة الأقليمي لبحوث الجريمة والعدالة، ومكتب الأمم المتحدة المعني بالمخدرات والجريمة، ومنظمة الجمارك العالمية، توصيات الأمن النووي بشأن المواد النووية والمواد المشعة الأخرى الخارجة عن التحكم الرقابي، العدد ١٥ من سلسلة الأمن النووي الصادرة عن الوكالة، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠١٢).
- [٦] EUROPEAN POLICE OFFICE, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL POLICE ORGANIZATION, WORLD CUSTOMS ORGANIZATION, Combating Illicit Trafficking in Nuclear and other Radioactive Material, IAEA Nuclear Security Series No. 6, IAEA, Vienna (2007).
- [٧] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، توصيات الأمن النووي بشأن الحماية المادية للمواد النووية والمرافق النووية (INFCIRC/225/Revision 5)، العدد ١٣ من سلسلة الأمن النووي الصادرة عن الوكالة، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠١١).
- [٨] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Identification of Radioactive Sources and Devices, IAEA Nuclear Security Series No. 5, IAEA, Vienna (2007).
- [٩] الوكالة الدولية للطاقة الذرية، والمنظمة الدولية للشرطة الجنائية (الإنتربول)، ومعهد الأمم المتحدة الأقليمي لبحوث الجريمة والعدالة، إدارة مسرح الجريمة الإشعاعية، العدد رقم 22-G من سلسلة الأمن النووي الصادرة عن الوكالة، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠١٧).
- [١٠] معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية، INFCIRC/140، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (١٩٧٠).

- [١١] تعديل اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية، GOV/INF/2005/10-GC(49)/INF/6، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠٠٥).
- [١٢] الاتفاقية الدولية لقمع أعمال الإرهاب النووي، القرار A/59/766، الأمم المتحدة، نيويورك (٢٠٠٥).
- [١٣] الاتفاقية الدولية لقمع الهجمات الإرهابية بالقنابل، A/52/653، الأمم المتحدة، نيويورك (١٩٩٧).
- [١٤] الاتفاقية الدولية لقمع تمويل الإرهاب، A/RES/54/109، الأمم المتحدة، نيويورك (٢٠٠٠).
- [١٥] بروتوكول عام ٢٠٠٥ الملحق باتفاقية قمع الأعمال غير المشروعة الموجهة ضد سلامة الملاحة البحرية، المنظمة البحرية الدولية، لندن (٢٠٠٥)
- [١٦] بروتوكول قمع الأعمال غير المشروعة الموجهة ضد سلامة المنصات الثابتة القائمة في الجرف القاري، المنظمة البحرية الدولية، لندن (٢٠٠٥).
- [١٧] اتفاقية قمع الأفعال غير المشروعة المتعلقة بالطيران المدني الدولي، منظمة الطيران المدني، بيجين (٢٠١٠).
- [١٨] البروتوكول المكمل لاتفاقية قمع الاستيلاء غير المشروع على الطائرات، منظمة الطيران المدني، بيجين (٢٠١٠).
- [١٩] القرار ١٣٧٣ (٢٠٠١)، S/RES/1373 (2001)، الذي اتخذته مجلس الأمن التابع للأمم المتحدة، الأمم المتحدة، نيويورك (٢٠٠١).
- [٢٠] القرار ١٥٤٠ (٢٠٠٤)، S/RES/1540 (2004)، الذي اتخذته مجلس الأمن التابع للأمم المتحدة، الأمم المتحدة، نيويورك (٢٠٠٤).
- [٢١] PARKINSON, A., COLELLA, M., EVANS, T., The development and evaluation of radiological decontamination procedures for documents, document inks, and latent fingerprints on porous surfaces, *J. Forensic Sci.* **55** (2010) 728–734.
- [٢٢] COLELLA, M., PARKINSON, A., EVANS, T., LENNARD, C., ROUX C., The recovery of latent fingerprints from evidence exposed to ionizing radiation, *J. Forensic Sci.* **54** (2009) 583–590.
- [٢٣] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Quality Management Systems: Requirements, ISO 9001:2008, ISO, Geneva (2008).
- [٢٤] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Environmental Management Systems: Requirements with Guidance for Use, ISO 14001:2004, ISO, Geneva (2004).
- [٢٥] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories, ISO/IEC 17025:2005, ISO, Geneva (2005).

BRITISH STANDARDS INSTITUTION, Occupational Health and Safety Management Systems: Requirements, OHSAS 18001:2007, BSI, London (2007). [٢٦]

HILL, D., "Emerging themes from the Global Initiative to Combat Nuclear Terrorism Nuclear Forensics Working Group", Nuclear Security: Enhancing Global Efforts (Proc. Int. Conf. Vienna, 2013), IAEA, Vienna (2014). [٢٧]

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of Nuclear Forensics in Combating Illicit Trafficking of Nuclear and Other Radioactive Material, IAEA-TECDOC-1730, IAEA, Vienna (2014). [٢٨]

GARRETT, B., MAYER K., THOMPSON, P., BÍRÓ, T., LASOU, G., "The Nuclear Forensics International Technical Working Group (ITWG): An Overview", Nuclear Security: Enhancing Global Efforts (Proc. Int. Conf. Vienna, 2013), IAEA, Vienna (2014). [٢٩]

اللجنة التحضيرية لمنظمة معاهدة الحظر الشامل للتجارب النووية، ومنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، والوكالة الدولية للطاقة الذرية، ومنظمة الطيران المدني الدولي، ومنظمة العمل الدولية، والمنظمة البحرية الدولية، والمنظمة الدولية للشرطة الجنائية (الانتربول)، ووكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، ومنظمة الصحة للبلدان الأمريكية، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة، ومكتب الأمم المتحدة لتنسيق الشؤون الإنسانية، ومنظمة الصحة العالمية، والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية، التأهب للطوارئ النووية أو الإشعاعية والتصدي لها، سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، العدد GSR Part 7، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠١٦).

الوكالة الدولية للطاقة الذرية، التصرف في النفايات المشعة تمهيدا للتخلص منها، سلسلة معايير الأمان الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية، العدد GSR Part 5، الوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا (٢٠٠٩). [٣١]

المرفق الأول

تخصصات علم التحليل الجنائي

أولاً-1- يقدم هذا المرفق أوصافاً لبعض تخصصات علم التحليل الجنائي الرئيسية، مع التركيز على التخصصات التي يُعتبر أن من المرجح أن توفر معلومات مفيدة لتلبية احتياجات التحقيق في أحداث الأمن النووي .

أولاً-2- ولغالبية هذه التخصصات تاريخ طويل ضمن علوم التحليل الجنائي؛ ومن ثم يشار إليها باسم 'تخصصات التحليل الجنائي التقليدية'. وقد سُلم منذ عقود من الزمن بالقيمة التحقيقية لبيانات الشكل الثنائي ('الأدلة الرقمية')، ولكن النمو في أعداد وأنواع الأجهزة التي تلتقط الأدلة الرقمية زاد من أهمية هذه البيانات لأغراض التحقيق. ونظراً لأن أدوات وتقنيات تحليل الأدلة الرقمية وتفسير نتائج التحليل تُواصل تطورها وأنها مهمة لفحوص التحليل الجنائي فسيتم تناولها في قسم لاحق بشأن تخصص ناشئ في مجال علم التحليل الجنائي .

تخصصات التحليل الجنائي التقليدي

تحليل الأدلة البيولوجية

أولاً-3- تشمل العينات ذات الأصل البيولوجي التي يمكن استردادها كأدلة في مسرح الجريمة أو من شخص أو مكان أو شيء مهم للتحقيق في حدث أمن نووي الدم والسائل المنوي واللعاب. ويمكن أن تكون الأدلة البيولوجية البشرية المحتوية على الحمض النووي للنواة (nDNA) ذات قيمة خاصة، لأنه يمكن ربط نتائج الاختبار بفرد واحد بدرجة من الموثوقية مقبولة لأغراض العدالة الجنائية (أي أن نتائج الاختبار قابلة للتفريد).

أولاً-4- ويتم توريث الحمض النووي للميتوكوندريا (mtDNA) من خلال الخط الوراثي للأم، ويتشارك فيه جميع الأفراد المرتبطين بالأم (مثل الإخوان والأخوات والأم وأم الأم). ونتيجة لذلك، تكون النتائج المستمدة من الحمض النووي للميتوكوندريا أقل فائدة لأغراض تحديد الأفراد، ولكنها قد تساعد على تضيق نطاق تركيز التحقيق. وفضلاً عن ذلك، يمكن استرداد الحمض النووي للميتوكوندريا من العينات البيولوجية التي تكون فيها تركُّزات الحمض النووي للنواة غير كافية لأي تحليل ذي جدوى. وتشمل هذه العينات الشعر المتساقط طبيعياً، وقطع الشعر، والعظام، والأسنان — وهذه كلها قد يستعاد أي منها في مكان حدث الأمن النووي.

أولاً-5- وتشمل فئة ثانية من العينات ذات الأصل البيولوجي المواد ذات الأصل الحيواني أو النباتي أو الفطري، مثل الريش والمواد النباتية (من قبيل الأوراق وحبوب اللقاح والبذور

والسيقان) والأبواغ. وقد يوفّر تحليل هذه المواد أدلة على أشياء من بينها، على سبيل المثال، المناطق الجغرافية المرتبطة بتعبئة المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى أو تخزينها أو نقلها .

تحليل الأنماط والطبغات

أولاً-6- يُعرّف تحليل الأنماط التي توجد في بصمات الأصابع (أي علامات الأصابع) وبصمات الكفين وبصمات العقبين باسم تحليل حواف الاحتكاك. وقد استُخدمت هذه التقنية لأكثر من قرن لتحديد هوية الأفراد. وتحليل حواف الاحتكاك وتحليل الحمض النووي الريبي للنواة هما التخصصان الأساسيان من تخصصات التحليل الجنائي اللذان يمكن اعتبار أن النتائج المنبثقة منهما تتيح تفريد النتائج (أي ربطها بمصدر واحد). وقد يؤدي استخدام تحليل حواف الاحتكاك إلى نتائج مماثلة لنتائج تحليل الحمض النووي الريبي للنواة، وينبغي وضعه في الاعتبار عند وضع خطة فحوص التحليل الجنائي، لا سيما إذا كان بالوسع استرداد بصمات الأصابع أو بصمات الكفين أو بصمات العقبين من مكان الحدث نفسه أو من المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى أو من الحاوية المستخدمة لتخزين المواد أو نقلها. وتتوفر قواعد بيانات مختلفة لبصمات الأصابع وبصمات الكفين كوسيلة للمساعدة على ربط هذه الأنماط بأحد الأفراد، والوصول إليها متاح لأجهزة إنفاذ القانون، وذلك مثلاً من خلال الطلبات التي تقدم إلى الإنترنت. وقاعدة البيانات، في سياق التحليل الجنائي، هي مجموعة من البيانات أو المعلومات قابلة للبحث، تكون عادة، ولكن ليس بالضرورة، في شكل إلكتروني أو رقمي. وأحد الأمثلة على ذلك هو 'النظام الآلي المتكامل للتعرف على بصمات الأصابع'، في الولايات المتحدة الأمريكية.¹

أولاً-7- بالإضافة إلى بصمات الأصابع وبصمات الكفين وبصمات العقبين، يمكن العثور على أنماط أخرى في مسرح الجريمة أو في أماكن أخرى مرتبطة بالتحقيق. وكثيراً ما يشار إلى هذه الأنماط باسم أدلة الطبغات، وتحدث عندما يترك شيء مثل الحذاء أو الإطار طبعة على سطح ما. وتشمل الأنماط الأخرى التي يمكن تحليلها العلامات الموجودة على طلاقات الرصاص وعلى علب الخراطيش، وبصمات الأذنين، وبصمات الشفتين، وبعض بقع الدم، وعلامات العض، وطبغات القفازات. غير أنه، على خلاف تحليل حواف الاحتكاك، من غير المرجح أن يتيح تحليل هذه الأنماط الأخرى تفريد النتائج. وبدلاً من ذلك، قد تمكن النتائج من ربط النمط بفئة من الأشخاص أو الأشياء — وعلى سبيل المثال، العلامة التجارية للحذاء أو الإطار ومقاسهما. يمكن أن تكون هذه النتائج مهمة لتضييق نطاق أي تحقيق في حدث الأمن النووي.

¹ انظر https://www.fbi.gov/about-us/cjis/fingerprints_biometrics/iafis/iafis

تحليل علامات الأدوات والأسلحة النارية

أولاً-8- يستغل تحليل علامات الأدوات والأسلحة النارية العلامات التي تنشأ عندما يتلامس جسم صلب، مثل أداة أو مثل إبرة إطلاق سلاح ناري، مع جسم ناعم نسبياً. ويمكن اعتبار مقارنات علامات الأدوات والعلامات الناتجة عن الأسلحة النارية شكلاً متخصصاً من أشكال تحليل الطبقات. ويمكن استخدام تحليل العلامات التي خلّفتها الأداة أو إبرة الإطلاق لتضييق نطاق التحقيق، من خلال الإشارة إلى جهات أو عمليات معينة لتصنيع الأدوات أو الأسلحة النارية، ومن خلال استبعاد الجهات والعمليات الأخرى. وقد يُعثر على هذه العلامات على المادة النووية أو المشعة نفسها أو على الحاوية المستخدمة لتخزين المادة أو نقلها أو على أشياء أخرى مسترّدة من مسرح الجريمة أو غيره من الأماكن ذات الأهمية للتحقيق.

تحليل الشعر

أولاً-9- يتساقط شعر البشر والحيوانات بانتظام. وقد تُترك هذه الشُعيرات في مسرح الجريمة، أو قد تُنقل إلى شخص آخر في مسرح الجريمة أو في مكان آخر مهم لأغراض التحقيق. لذلك ينبغي أن يضع التحقيق في حدث الأمن النووي في الاعتبار احتمال أن يكون الشعر قد تساقط على المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى الخارجة عن التحكم الرقابي أو بالقرب من تلك المواد. والتحليل المجهرى للشعر مفيد فيما يتعلق بخصائص الفئات، وليس الخصائص الفردية. أي أن النتائج يمكن أن تربط الشعر بنوع من الأشخاص (على أساس لون الشعر أو استخدام صبغة، على سبيل المثال) وليس بفرد وحيد. ويمكن أن تكون هذه النتائج مفيدة عند استبعاد أشخاص معينين من مجموعة المصادر المحتملة للشعر، وبالتالي تضييق نطاق البحث.

تحليل الألياف

أولاً-10- لتحليل الألياف عن طريق الفحص المجهرى تاريخ طويل من الاستخدام في علم التحليل الجنائي. وقد تشتمل الألياف على مواد تركيبية، مثل الأكريليك والنايلون والبوليستر، وكذلك على ألياف نباتية، مثل تلك المستخدمة في العديد من الحبال والجدائل. وتشبه هذه الفحوصات تلك التي تجرى على الشعر، وتخضع لمحدوديات مماثلة — أي أنه يمكن تحديد خصائص فئة ولكن التفريد (ربط النتائج بمصدر واحد) مستحيل. وفي أونة أقرب، استُخدمت على الألياف الأساليب الحديثة للتحليل بواسطة الأجهزة، مثل مطيافية الأشعة تحت الحمراء باستخدام تحويل فورييه. وتنتج الأساليب التي تُستخدم فيها الأجهزة معلومات إضافية ذات قيمة محتملة للتحقيق. وبصفة عامة، قد تؤكد النتائج المتأتية من تحليل الألياف أن نقل الألياف حدث عندما لامس شيء ما شيئاً آخر، وبذلك يُثبت ارتباط أشخاص أو أماكن أو أشياء بالمواد النووية أو المواد المشعة الأخرى الخارجة عن التحكم الرقابي.

فحص المستندات المشكوك فيها

أولاً-١١- ينطوي فحص المستندات المشكوك فيها على مقارنة وتحليل المستندات وما يرتبط بها من أدوات الطباعة والكتابة. وتشمل أهداف هذه الفحوص ما يلي:

- تحديد أو استبعاد أفراد كمصدر لخط اليد؛
- تحديد ما إن كانت الوثيقة ناتجة عن أجهزة تصوير ميكانيكية أو إلكترونية، مثل الطابعات وآلات النسخ وأجهزة الفاكس؛
- تحديد أو استبعاد ماكينات معينة كمصدر للطباعة أو الكتابة على الآلة الكاتبة؛
- الكشف عن حالات التعديل أو الإضافة أو الحذف؛
- فك رموز الأجزاء التالفة أو المحذوفة أو المحجوبة من المستند واستعادتها؛
- تقدير عمر الوثيقة؛
- التعرف على الأدلة المادية الأخرى التي قد تكون موجودة في المستند، مثل بصمات الأصابع والشعر والألياف والمواد البيولوجية الأخرى، وحفظها.

أولاً-١٢- لذلك ينبغي أخذ هذه الفحوص في الاعتبار عند وضع خطة فحص التحليل الجنائي كلما استُردت وثائق مرتبطة بالمواد النووية أو المواد المشعة الأخرى الخارجة عن التحكم الرقابي.

تحليل الدهانات والطلاءات والمواد السطحية الأخرى

أولاً-١٣- يمكن أن يكون تحليل الدهانات والطلاءات والمواد البوليمرية الأخرى ذا قيمة في التحقيق في حدث الأمن النووي، لا سيما في الأحوال التي تُستعاد فيها حاويات تتعلق بالمواد النووية أو غيرها من المواد المشعة. وقد تحتوي هذه الحاويات على كتابة أو علامات أخرى عليها أو داخلها. وبالمثل، قد تحتوي الحاويات على مواد بوليمرية مستخدمة، على سبيل المثال، كوسائد للمادة أو كختم. وقد يؤدي تحليل مكونات أي دهانات وطلاءات ومواد بوليمرية أخرى إلى نتائج تساعد على تحديد مناطق العالم التي نشأت منها.

تحليل المتفجرات

أولاً-١٤- يُجرى تحليل المتفجرات على مجموعة من المواد. وبالنسبة للجهاز المتفجر المهيأ الذي لم ينفجر، تكون للمادة المتفجرة وكذلك المكونات الأخرى للجهاز قيمة كأدلة. وفي حالة انفجار الجهاز، تشمل الأدلة المهمة ما يلي: المساحيق أو السوائل أو العجائن غير المحترقة أو غير المستهلكة؛ وشظايا الجهاز، بما في ذلك المواد المتفجرة غير المنفجرة أو غير المحترقة؛

والأشياء الموجودة في المنطقة المجاورة مباشرة للانفجار، التي قد تحتوي على بقايا من المادة المتفجرة أو شظايا من الجهاز. وقد يشير تفسير النتائج التحليلية إلى مجموعة معينة أو فرد معين، بناءً على التصميم ومواد الإنشاء وسجلات شراء هذه المواد. ونتيجة لذلك، ستتأثر جميع خطط الفحص الجنائي بوجود أي متفجرات في مسرح الجريمة.

الطب الجنائي

أولاً-١٥- يمكن لأطباء التحليل الجنائي، من خلال الفرعين الرئيسيين للطب الجنائي، وهما الطب الجنائي السريري والطب الجنائي المرضي، تقديم الدراية في القضايا المتعلقة بالتحليل الجنائي النووي .

أولاً-١٦- وينطوي الطب الجنائي السريري على الفحص السريري للأحياء الخاضعين للفحص في حالات الإصابات والحروق والتعرض والمضاعفات التي تحدث المتصلة بآثار حدث الأمن النووي وعواقبه. وتُعدّ دراية التحليل الجنائي السريري بنوع وطبيعة الإصابات (أو الحروق)، وما إن كانت ناجمة عن التعرض لمواد نووية أو مواد مشعة أخرى أم لا، والتاريخ الذي حدثت فيه الإصابات، وفترة العلاج والمضاعفات الناتجة، وما إن كانت هناك أي إعاقة (مؤقتة أو دائمة).

أولاً-١٧- وينطوي التحليل الجنائي المرضي على تطبيق المعارف الطبية على فحص الرفات البشرية. والأداة الأساسية المستخدمة لهذا الغرض هي تشريح الجثة. وتشمل الأهداف النمطية للتحليل الجنائي المرضي تحديد سبب الوفاة وطريقتها، وتحديد طبيعة الإصابات ومداهما، وتحديد هوية صاحب الرفات.

أولاً-١٨- ويمكن استخدام أساليب مختبرية عديدة للمساعدة في الطب الجنائي، بما في ذلك الأساليب المرتبطة بفحوص الحمض النووي الريبي للنواة والحمض النووي الريبي للميتوكوندريا (انظر الفقرة أولاً-٤)، وأساليب فحص البشر (مثل التصوير بالأشعة السينية والتصوير بالرنين المغناطيسي والتصوير المقطعي المحوري الحاسوبي)، وأساليب التحليل الحديثة بواسطة الأجهزة (مثل كروماتوغرافيا الغاز مع المطيافية الكتلية، وكروماتوغرافيا السوائل، والمطيافية الكتلية للبلازما بالتقارن الحثي).

أولاً-١٩- وفي حالة ضحية حدث الأمن النووي، يمكن أن يكون التحليل الجنائي المرضي مفيداً لتحديد ما إن كان الضحية قد سقط نتيجة لآثار التعرض للإشعاعات أم لسبب آخر. وبالنسبة لحدث الأمن النووي الذي يوجد فيه تشنيت لمواد نووية أو مواد مشعة أخرى، قد تكون استنباطات الفحوصات التي يجريها أخصائيو التحليل الجنائي المرضي مفيدة في تقدير بُعد كل ضحية عن نقطة التشنيت.

تخصص ناشئ في مجال علم التحليل الجنائي

تحليل الأدلة الرقمية

أولاً-٢٠- ازدادت أهمية تحليل الأدلة الرقمية — وهي في أغلب الأحيان بيانات في الشكل الثنائي — مع التوسع في أنواع الأجهزة التي تسجل هذه البيانات وفي أعداد هذه الأجهزة التي يستخدمها الأفراد والشركات والمؤسسات الحكومية. ويمكن استخدام أساليب التحليل الجنائي لتحديد أماكن البيانات التي تحتوي عليها الوسائط والموجودة داخل نظام التشغيل أو داخل التطبيقات. وتشمل المصادر المحتملة للأدلة الرقمية، على سبيل المثال لا الحصر، ما يلي:

- الحواسيب المنضدية والمحمولة واللوحية، بالإضافة إلى محركات الأقراص الصلبة وبطاقات الذاكرة ومحركات ذاكرة فلاش لمنافذ الناقل التسلسلي العام (USB flash drives)؛
- الهواتف المحمولة؛
- كاميرات الأمن والمراقبة، مثل تلك التي تستخدمها المصارف في ماكينات الصرف الآلي ويستخدمها العديد من الشركات وبعض المباني السكنية أو المجتمعات المحلية؛
- كاميرات حركة المرور، التي تُستخدم لرصد المخالفات المرورية أو لمراقبة تدفق حركة المرور؛
- مشغلات الوسائط المحمولة؛
- الكاميرات الرقمية.

وقد توفّر الأجهزة الرقمية ونظم التحكم الموجودة داخل أي مرفق أدلة رقمية أيضاً. وفي سياق التحقيق في حدث الأمن النووي، يمكن استعادة هذه الأجهزة، أو الأدلة المستمدة منها، في مكان ضبط المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى أو بالقرب منه، على المسارات التي ربما تكون المواد قد سلكتها، ومن الأفراد الذين يشتبه في ارتباطهم بالأحداث التي تُوجت بضبط المواد. وقد يتيح انتشار أجهزة التسجيل الرقمية رسم المسار الزمني والجغرافي لحركة المواد النووية والمواد المشعة الأخرى.

المرفق الثاني تقنيات تحديد الخصائص

التقنيات الشائعة الاستخدام في تحليلات التحليل الجنائي النووي

ثانياً-١- يستند هذا المرفق إلى الفصل ٢١ من المرجع [II-1]، ويصف بعضاً من أكثر التقنيات استخداماً في التحليل الجنائي النووي، كما هو معروض في الجدول ٣ في القسم ٥. وهذه القائمة من التقنيات تمثيلية وليست شاملة. ولاستكمال هذه المعلومات، يُبلغ في المرجع [II-2] عن نتائج مشروع بحثي منسّق حول تطبيق التحليل الجنائي النووي في مجال الاتجار غير المشروع بالمواد النووية والمواد المشعة الأخرى.

تحديد الخصائص الفيزيائية، بما في ذلك الفحص البصري والتصوير الفوتوغرافي

ثانياً-٢- قد يوفر الفحص البصري للعينة معلومات تتعلق بهويتها، لا سيما في حالة وجود أرقام تسلسلية أو علامات تعريف أخرى. وبدلاً من ذلك، يمكن أن يكون الحجم والشكل كافيين لتحديد بعض المفردات. ويمكن استخدام مجموعة من قياسات الأبعاد ووزن العينة لحساب الكثافة. وبالنسبة لبعض المركّبات الكيميائية، يمكن أن يكون لون المادة مؤشراً مهماً. ويسهّل استخدام مقياس معايير للطول واللون توثيق هذه القياسات الفيزيائية.

المجهرية البصرية

ثانياً-٣- الفحص المجهر البصري هو الطريقة الأولى لفحص العينة باستخدام التكبير. ويستخدم المجهر الضوئي وسائل بصرية ضوئية مكبرة وطرائق لانعكاس أو نقل الضوء لإضاءة العينة من أجل عرض صور مكبرة للعينة على عيني المستخدم. ويمكن أيضاً أن يكشف عرض العينات تحت الضوء المستقطب المنقول معلومات عن تكوين العينة ومدى تجانسها. وتستطيع المجاهر الضوئية تكبير الصورة بسهولة حتى ١٠٠٠ مرة.

المسح المجهر الإلكتروني ومطيافية الأشعة السينية

ثانياً-٤- يوفر المسح المجهر الإلكتروني تكبيراً للصور يصل إلى ١٠٠٠٠ مرة بمصدر فتيل حراري تقليدي، أو يصل إلى ٥٠٠٠٠٠ مرة بمصدر انبعاث مجالي. وفي المسح المجهر الإلكتروني، تقوم حزمة إلكترونية مركزة بدقة بمسح العينة. ويُنتج تفاعل الشعاع الإلكتروني الساقط النشط مع العينة إلكترونات مبعثرة مرتدة، وإلكترونات ثانوية، وأشعة سينية. وقياس

الإشارة الناتجة كدالة لموضع المسح، يمكن عرض صورة، أو خريطة، للعينة. وينقل كل نوع من أنواع الإشارات معلومات مختلفة بشأن العينة. فمثلاً تنقل الإلكترونات الثانوية معلومات عالية الاستبانة عن مورفولوجيا العينة. وتُظهر خريطة الكثافة النسبية للإلكترونات المبعثرة المرتدة التوزيع المكاني لتكوين المادة بناءً على متوسط العدد الذري للعينة المصورة.

ثانياً-٥- وتمثل الأشعة السينية التي تتولد أثناء المسح المجهر الإلكتروني أو أثناء التحليل بالمسبار الإلكتروني المجهر طريقة لقياس التركيب العنصري للعينات. ويمكن تحليل حزم الأشعة السينية كميًا بأي من طريقتين. فأولاً، يستخدم مطياف الأشعة السينية بتشتت الطاقة كاشف حالة صلبة ليقاس في أن واحد طاقة ومعدّل حزم الأشعة السينية الساقطة. وثانياً، في تشكيلة مسبار إلكتروني مجهر، يستخدم مطياف أشعة سينية بتشتت أطوال الموجات بلورة تحليلية ليحرف بالتتابع حزم أشعة سينية مختارة إلى عداد تناسبي للغازات. ويقتصر تحليل الأشعة السينية على استبانة مكانية قدرها حوالي ١ ميكرومتر. ويبلغ حد الكشف لتحليل الأشعة السينية حوالي ٠,١٪، وهذا يتوقف على العنصر. ويمكن استخدام المسح المجهر الإلكتروني مقترناً بمطياف أشعة سينية بتشتت الطاقة، أو مقترناً بمطياف أشعة سينية بتشتت أطوال الموجات، لرسم خريطة لوفرة العناصر وتوزيعها المكاني في العينة.

تحليل تألق الأشعة السينية

ثانياً-٦- تحليل تألق الأشعة السينية مفيد في قياس العناصر الكمي غير المتلف لمجموعة واسعة التنوع من العينات. وفي هذا التحليل، تثير حزمة أشعة سينية ساقطة أشعة سينية ثانوية متميزة في عينة صلبة، وتُحسب هذه الأشعة السينية الثانوية بواسطة عداد حالة صلبة أو عداد تناسبي. وحدود الكشف بالنسبة لتألق الأشعة السينية هي في نطاق ١٠ أجزاء في المليون. وعلى الرغم من أن طاقات الأشعة السينية المنبعثة منخفضة فإن تحليل العناصر الخفيفة (مثل البورون والكربون والأكسجين) ممكن باستخدام تصحيحات امتصاص الكتلة وبلورة تحليل.

تحليل حيود الأشعة السينية

ثانياً-٧- تحليل حيود الأشعة السينية هو طريقة لتحديد التركيب الكيميائي لمادة بلورية. وفي هذا التحليل، تخضع حزمة أشعة سينية، تصطدم بشبكات بلورية مرتبة، لتداخل بناءً وتداخل مدمر، يتوقفان على تباعد أجزاء الشبكة وطول موجة الأشعة السينية وزاوية سقوط حزمة الأشعة السينية. وبتدوير العينة بالنسبة إلى مصدر أشعة سينية ثابت، تحدث تباينات في التداخل تؤدي إلى أنماط حيود متميزة. ويمكن مقارنة أنماط الحيود هذه بالأطياف المرجعية من أجل تحديد الطور البلوري المحدد. ولا يمكن أن يوّد تحليل حيود الأشعة السينية أنماط حيود من مادة غير متبلورة (غير بلورية).

مطيافية الأشعة تحت الحمراء باستخدام تحويل فورييه

ثانياً-8- مطيافية الأشعة تحت الحمراء باستخدام تحويل فورييه مفيدة في تحديد المركبات الكيميائية. وفي هذه المطيافية، تُعرض العينة لنطاق عريض من ترددات الأشعة تحت الحمراء، وتقاس شدة الأشعة تحت الحمراء المنعكسة أو المرسلّة كدالة للتردد. ويتكون من هذا القياس طيف لامتناص الأشعة تحت الحمراء. ويمثل الامتصاص عند ترددات محددة سمة مميزة لروابط معينة. ولذلك يحدّد طيف الأشعة تحت الحمراء الروابط والمجموعات الوظيفية المختلفة داخل الجزيء. وهناك أيضاً تجميعات لأطياف الأشعة تحت الحمراء تساعد على تحديد المركبات غير المعروفة أو، على الأقل، إدراجها في فئات جزيئية معينة.

تقنيات العد الإشعاعي

ثانياً-9- يُصدر كل نظير مشع إشعاعاً ذا أنواع وطاقات معروفة وبمعدل معروف يحدده نشاطه الإشعاعي. وبقياس الإشعاع المنبعث من العينة، يمكن تحديد كمية كل نظير مقيس موجود. وهناك أربعة أنواع من الإشعاعات يمكن النظر في قياسها، وهي إشعاعات ألفا وبيتا وغاما والإشعاع النيوتروني. ولكل نوع من الإشعاعات خصائصه وطرائق الكشف عنه. وأهم نوعين من المطيافية للتحليل الجنائي النووي هما مطيافية أشعة غاما ومطيافية أشعة ألفا، ويرد وصفهما بمزيد من التفصيل في الفقرات من ثانياً-10 إلى ثانياً-13.

ثانياً-10- مطيافية أشعة غاما هي أول تقنية تُستخدم في إطار فحوص التحليل الجنائي النووي عند التصنيف البدئي للمواد النووية أو المواد المشعة الأخرى المضبوطة، وذلك نظراً لسهولة إجراء القياسات في هذه التقنية ولكونها تقنية غير إتلافية ولا تتطلب تحضير العينة. وفي هذه المطيافية تقاس أشعة غاما (أي الفوتونات ذات الطاقات التي تتراوح بين 10 كيلو إلكترون فولت وأكثر من 500 كيلو إلكترون فولت)، على الرغم من أنها تخفّف بمواد تعبئة أو تدريع، لا سيما الرصاص. وتُجرى قياسات التصنيف البدئي في مسرح الحدث باستخدام أجهزة مطيافية غاما محمولة، من قبيل أدوات يوديد الصوديوم المحمولة باليد لتحديد الهوية أو أدوات الجرمانيوم العالي النقاء المحمولة باليد لتحديد الهوية. وتُستخدم في المختبرات نظم أكثر تعقّداً لقياس طيف أشعة غاما بحساسية ودقة أكبر. ولذلك يمكن قياس أشعة غاما الأقل وفرة باستبانة أعلى. ويمكن التمييز في الطيف بين الطاقات القريبة من بعضها البعض. وتُستخدم برامج متاحة تجارياً لتمييز أطياف الطاقة المنخفضة التي تُلاحظ للبلوتونيوم واليورانيوم، وتتيح حساب التركيب النظيري للمادة. بيد أنه ينبغي ملاحظة أن بعض النويدات، مثل البلوتونيوم²⁴² أو اليورانيوم²³⁶، لا يمكن كشفها بواسطة مطيافية أشعة غاما؛ وتُستخدم مطيافية الكتلة بدلاً من ذلك.

ثانياً-11- وتؤدي مطيافية أشعة غاما أيضاً دوراً رئيسياً في التحليل بالتنشيط النيوتروني، الذي تُستخدم فيه لقياس النويدات الناتجة عن تنشيط العينات في مفاعل أو في مولّد نيوترونات.

ثانياً-١٢- وتكشف مطيافية أشعة ألفا جسيمات ألفا، التي هي أيونات الهيليوم^{٢+} التي تتراوح طاقاتها بين ٣ و٨ ميغا إلكترون فولت. ومطيافية أشعة ألفا هي أسلوب إتلافي. وتتسم جسيمات ألفا بأنه يمكن إيقافها بسهولة بسبب تفاعلها القوي مع المادة، ولذلك يلزم تحضير كيميائي إشعاعي للعينات من أجل العد بواسطة مطيافية أشعة ألفا.

ثانياً-١٣- وعمليات الكيمياء الإشعاعية، متبوعة بمطيافية أشعة ألفا، مهمة لقياس نشاط البلوتونيوم^{٢٣٨} والبلوتونيوم^{٢٣٩+٢٤٠}. والفصل الكيميائي الإشعاعي للبلوتونيوم والأمريشيوم مهم بصفة خاصة لأن جسيمات ألفا المنبعثة من الأمريشيوم^{٢٤١} والبلوتونيوم^{٢٣٨} ذات طاقات متماثلة، ولذلك تتداخل في طيف الإشعاعات. وبالمثل فإن طاقات جسيمات ألفا الصادرة عن البلوتونيوم^{٢٣٩} والبلوتونيوم^{٢٤٠} متقاربة جداً ولا يمكن التمييز بينها في الطيف؛ ومن ثم فهي تقاس كمجموع (أي بلوتونيوم^{٢٣٩+٢٤٠}). ويتم الحصول على النسبة الذرية بلوتونيوم^{٢٤٠}/بلوتونيوم^{٢٣٩} باستخدام المطيافية الكتلية.

المقايسة الكيميائية

ثانياً-١٤- المعايرة الكيميائية وقياس الشحنة تحت جهد محكوم هما طريقتان معياريتان لتحديد التركزز العنصري للبلوتونيوم أو البلوتونيوم أو اليورانيوم أو المكونات الرئيسية الأخرى لمواد الوقود النووي من أجل القياسات الخاصة بالحصص أو بالتحقق. وفي المعايرة الكيميائية، تُجعل العينة تتفاعل مع كمية مقاسة قياساً مضبوطاً من مادة كاشفة انتقائية ذات تركيبة معروفة، فيؤدي ذلك إلى الوصول إلى نقطة اكتمال أو نقطة نهاية متميزة لتفاعل تكافؤي معروف جيداً. وتُسمى أساليب المعايرة وفقاً لجملة أمور، من بينها طريقة الكشف عن نقطة النهاية (مثلاً المعايرة الجهدية والمعايرة المطيافية الضوئية). وباستخدام قياس الشحنة تحت جهد محكوم، يؤكد العنصر المراد تحليله أو يُختزل بطريقة انتقائية عند قطب كهربائي معدني يحافظ عليه عند جهد مختار. ويمثل عدد الإلكترونات المفقودة من خلال الأكسدة أو المكتسبة من خلال الاختزال مقياساً لكمية العنصر الموجود في العينة.

ثانياً-١٥- ومضبوطية هذه الأساليب ودقتها أفضل من ٠,١٪ عند استخدام حجم عينة نمطي قدره بضع مئات من المليغرامات. وهذه الأساليب راسخة جيداً وتُستخدم بطريقة روتينية في مختبرات الحصر والضمانات النووية. ولذلك يمكن أن تكون فعالة جداً لتحديد خصائص المواد النووية، بشرط ألا يقل وزن العينة عن بضعة أعشار الغرام.

الكيمياء الإشعاعية

ثانياً-١٦- تكون عينات عديدة شديدة التعقّد بحيث لا يمكن قياس جميع النظائر المشعة الموجودة فيها دون فصل وتنقية في البداية. وبلاستفادة من الاختلافات في الخصائص الكيميائية للعناصر، يمكن وضع مخططات لفصل العناصر، أو مجموعات من العناصر، لإتاحة قياس النظائر الموجودة فيها بواسطة أساليب العد الإشعاعي أو المطيافية الكتلية. وترتبط النظائر المقيسة ارتباطاً كمياً بالعينة الأصلية من خلال الرجوع إلى معيار نظيري داخلي يسمى 'سبايك' (spike). وتزيد خطوات الفصل والتنقية الكيميائية من حساسية التقنية وانتقائيتها. والكيمياء الإشعاعية مهمة بصفة خاصة لإتاحة قياس النظائر التي توجد في حالة نشاط منخفض، وأفضل طريقة لقياس هذه النظائر هي عن طريق انبعاثات أشعة ألفا الصادرة عنها أو عن طريق المطيافية الكتلية. وتمتلك الكيمياء الإشعاعية، مقترنة بتقنيات العد الإشعاعي والمطيافية الكتلية، القدرة على قياس مستويات تصل إلى الفيمتوغرام (١٠-١٥ غم) لبعض النظائر.

التصوير الإشعاعي

ثانياً-١٧- يمكن أن تكون تقنيات التصوير الشعاعي مفيدة في تحديد التوزيع المكاني للنويدات المشعة الموجودة في العينة وأنشطة تلك النويدات. فمثلاً يمكن، بواسطة تحليل مسار الانشطارات وتحليل مسار أشعة ألفا، تحديد موقع وكمية الأكتينيدات داخل العينة باستخدام كاشفات المسار النووي ذات الحالة الصلبة، وتستطيع الأساليب التي تستخدم الأفلام الفوتوغرافية أو التقنيات الحديثة القائمة على الأجهزة المتقارنة بواسطة الشحنات تحديد موقع بواعث أشعة ألفا وبيتا والتعرف عليها.

المطيافية الكتلية

ثانياً-١٨- تُستخدم المطيافية الكتلية لتحديد التركيب النظيري للعناصر في أي مادة معينة. ويمكن أن توفر المطيافية الكتلية أيضاً تحديداً كمياً (يُطلق عليه غالباً 'المقايسة' عند تطبيقه على المكونات الرئيسية للعينة) لهذه العناصر عن طريق إضافة كمية معروفة من نظير معين إليها. ويُعرف ذلك باسم المطيافية الكتلية بالتخفيف بالنظائر. وتستطيع أساليب المطيافية الكتلية تحليل النظائر المشعة والنظائر المستقرة على حد سواء. ويتم في المطيافية الكتلية تحويل الذرات والجزيئات إلى أيونات موجبة الشحنة أو سالبة الشحنة. ثم تُفصل الأيونات وفقاً لنسبة كتلتها إلى شحنتها، وتقاس شدة الحزم الأيونية الناتجة المفصولة الكتلة. وعموماً تتسم تقنيات المطيافية الكتلية للعناصر بانتقائية عالية بسبب خطوة تحليل الكتلة، إلا في حالات محددة تسببها التداخلات الناتجة عن تساوي كتل النظائر. وتوفر المطيافية الكتلية دقة ومضبوطية عاليتين للغاية في التحليل، وكذلك حساسية عالية إزاء وفرة النظائر.

المطيافية الكتلية بالتأين الحراري

ثانياً-١٩- في المطيافية الكتلية بالتأين الحراري، توضع عينة على فتيل معدني يسخن بمرور تيار كهربائي يُحافظ عليه في فراغ عالي النوعية. فإذا كان جهد التأين لعنصر معين منخفضاً بدرجة كافية، مقارنةً بدالة عمل الفتيل، يتأين جزء من ذرات ذلك العنصر عبر التفاعل مع سطح الفتيل عند درجة حرارة عالية. وبعد ذلك تُحلل الكتل في مطياف كتلي في فراغ عالي النوعية باستخدام قطاع مغناطيسي. وتعتمد القدرة التحديدية للتحليل بواسطة المطيافية الكتلية بالتأين الحراري على خطوات الفصل الكيميائي وعلى درجة حرارة التأين. وتستطيع المطيافية الكتلية بالتأين الحراري أن تقيس بصفة روتينية النسب النظرية لعينات بمستوى النانوغرام (١٠-٩ غم) أو البيكوغرام (١٠-١٢ غم) أو، بالنسبة للعينات النزرية، حتى مستوى عشرات الفيمتوغرامات (١٠-١٥ غم)، باستخدام تقنيات تركيز مسبق خاصة. وتقيس المطيافية الكتلية بالتأين الحراري بصفة روتينية الاختلافات في نسب كتل النظائر بمستوى جزء واحد في المليون.

المطيافية الكتلية البلازمية بالتقارن الحثي

ثانياً-٢٠- يتطلب التحليل عن طريق المطيافية الكتلية البلازمية بالتقارن الحثي شطف العينة في شكل محلول إلى بلازما متقارنة بالحث، حيث تؤدي درجة الحرارة العالية للبلازما إلى تفتت العينة إلى الذرات التي تتكون منها وتأيّن هذه الأنواع الكيميائية. وبالإضافة إلى قياس النسب النظرية، تفيد المطيافية الكتلية البلازمية بالتقارن الحثي كأداة مسح عناصر حساسة وكطريقة للتقدير الكمي الدقيق للمكونات العنصرية النزرية للعينة. وتمتد حدود الكشف في هذه المطيافية من ٠,١ جزء في المليار إلى حوالي ١٠ أجزاء في المليار في المحلول. وتواجه هذه المطيافية مشكلة في قياس بعض العناصر ذات الأعداد الذرية المنخفضة، بسبب تداخلات الخلفية أو ضعف كفاءة التأين (كما في حالة الكربون والأكسجين والفسفور والبوتاسيوم والسيليكون والكبريت).

المطيافية الكتلية بالأيونات الثانوية

ثانياً-٢١- تُستخدم المطيافية الكتلية بالأيونات الثانوية للتحليل العناصر والتحليل النظيري للعينات، بما فيها الجسيمات الصغيرة. وتستخدم هذه المطيافية حزمة أيونية أولية مركزة بدقة (على سبيل المثال أيون السيزيوم أو أيون الغاليوم أو أيون الأكسجين) لتفتيل (نزع ذرات) سطح العينة. وتنتج عملية التفتيل أيونات ثانوية (مميّزة للعينة) يمكن تحليلها بواسطة مطياف كتلي. وفي الأسلوب 'المجهري'، يقوم شعاع أيوني أولي كبير نسبياً بقصف العينة، ويُحافظ على الموقع المكاني للأيونات الثانوية الناتجة ويُكبّر في جميع أنحاء المطياف الكتلي. ويقوم كاشف تصويري حساس للموقع بعرض الصورة النظرية وتسجيلها. وفي أسلوب 'الحزمة الإشعاعية الميكروية'، تقوم حزمة أيونية أولية مركزة بدقة بمسح العينة بطريقة مشابهة لطريقة المجهر الإلكتروني.

ثم تقاس إشارة الأيونات الثانوية الناتجة وتُربط بموضع الحزمة الأيونية الأولية لتوليد الصورة النظرية. وينتج عن تذبذبة سطح العينة بواسطة الحزمة الأيونية المركزة مخطط جانبي للعمق ذو قيمة عالية للغاية لتوثيق التدرجات التركيبية أو تغيير السطح.

كروماتوغرافيا الغاز مع المطيافية الكتلية

ثانياً-٢٢- تقنية كروماتوغرافيا الغاز مع المطيافية الكتلية هي تقنية مفيدة لكشف وقياس المكونات العضوية النزرة (أي بمستوى جزء في المليون) في عينة إجمالية. وفي هذه المطيافية، تُفصل المكونات المتطايرة للعينة في كروماتوغراف غازي، وتحدّد هويتها في المطياف الكتلي. ويقوم المطياف الكتلي بتأيين كل مكون وتجزئته لدى انشطافه من عمود الكروماتوغرافيا. ويمكن استخدام العديد من أساليب التأيين المختلفة، ولكن الأكثر شيوعاً بالنسبة لهذه المطيافية هو الصدمة الإلكترونية. ويقاس المطياف الكتلي شدة الأيونات ذات الكتل المختلفة، إما عن طريق الكشف المتزامن أو الكشف المتسلسل، تبعاً لنوع المطياف الكتلي. ويسمى الرسم التخطيطي الناتج للشدة النسبية مقابل نسبة الكتلة إلى الشحنة 'طيف الكتلة'. وتوجد مكتبات واسعة من أطيف الكتلة تساعد على تحديد المركبات غير المعروفة التي تُكشف باستخدام هذه الكروماتوغرافيا.

المجهرية الإلكترونية بالبيث النافذ

ثانياً-٢٣- في المجهرية الإلكترونية بالبيث النافذ، تُرسل حزمة إلكترونية نشطة عبر عينة فانقة الرقة (بسمك حوالي ١٠٠ نانومتر). وتستطيع هذه المجهرية التكبير بقدر أكبر من مطيافية المسح الإلكتروني المجهري، وتستطيع تصوير بنيات دقيقة للغاية للعينات. ويمكن أن تخضع الإلكترونات المرسلّة لتأثيرات الحيود، ويمكن استخدام هذه التأثيرات بمثل استخدام حيود الأشعة السينية لتحديد الأطوار البلورية في المادة.

المراجع

KRISTO, M.J., "Nuclear forensics", Handbook of Radioactivity Analysis, 3rd [II-1] edn (L'ANNUNZIATA, M.F., Ed.), Elsevier, Oxford (2012).

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of Nuclear [II-2] Forensics in Combating Illicit Trafficking of Nuclear and Other Radioactive Material, IAEA-TECDOC-1730, IAEA, Vienna (2014).

المرفق الثالث

أمثلة على أنشطة التعليم والتدريب والتمارين والبحت والتطوير

ثالثاً- ١- يصف هذا المرفق بعض أنشطة بناء القدرات التي تنفذ على الصعيد الدولي.

التعليم

ثالثاً- ٢- في عام ٢٠١٠، أنشأت الوكالة 'الشبكة الدولية للتعليم في ميدان الأمن النووي'، لضمان فعالية ممارسات الأمن النووي من خلال تطوير التفوق التعليمي ومشاركته وتعزيزه. وتضم الشبكة معاهد تعليمية وبحثية تشارك في التعليم في ميدان الأمن النووي أو تعتزم المشاركة فيه. ويتعاون أعضاء الشبكة على تطوير الكتب المدرسية، وأدوات التدريس، والمواد التعليمية، والتعليم المستمر لأعضاء هيئة التدريس، وتبادل الطلاب لتعزيز تبادل المعلومات، والبحث والتطوير لتعزيز الثقة التقنية، وتقييم الأطروحات والرسائل الأكاديمية، ووضع مقاييس الأداء بشأن فعالية التعليم في ميدان الأمن النووي.

التدريب

ثالثاً- ٣- صممت الوكالة سلسلة من الدورات التدريبية لتلبية متطلبات فئات المتلقين المختلفة تغطي مختلف جوانب التحليل الجنائي النووي من أجل دعم التحقيق في أحداث الأمن النووي. وتشمل هذه الدورات ما يلي: مقدمة للتحليل الجنائي النووي، ومنهجيات التحليل الجنائي النووي، ودورة ذات صلة هي إدارة مسرح الجريمة الإشعاعية. ويتوفر المزيد من المعلومات من دليل التدريب على الأمن النووي التابع للوكالة، ويمكن الوصول إليه على موقع الشبكة العالمية الخاص بشعبة الأمن النووي بالوكالة^١.

ثالثاً- ٤- ويوفر الإنترنت أيضاً التدريب لمجموعات متعددة الجنسيات من مسؤولي أجهزة إنفاذ القانون والموظفين العلميين حول أفضل الممارسات في مجال إدارة مسرح الجريمة الإشعاعية.

^١ انظر <http://www-ns.iaea.org>

ثالثاً-٥- وعلاوة على ذلك، تقدم الدول الأعضاء دورات تدريبية على الصعيدين الوطني والدولي.

التمارين

ثالثاً-٦- يُجري الفريق العامل التقني الدولي المعني بالتحليل الجنائي النووي (الفريق العامل) عدداً من التمارين التحليلية والقائمة على السيناريوات، التي تتيح فرصة للمختبرات لتقييم أدائها في مجال التحليل وكذلك إظهار قدراتها. وكان فريق العمل المعني بالتمارين والتابع للفريق العامل حاسم الأهمية في التخطيط والتنفيذ والإبلاغ بشأن التمارين التعاونية على تحليل المواد — التي يشار إليها أيضاً باسم 'round robins'، والتي تتلقى خلالها جميع المختبرات المشاركة عينات متطابقة من المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى، وكذلك، في بعض الحالات، أدلة غير نووية، وتكفّف بإجراء تحليلات. ويقوم المشاركون بإجراء التحليلات والإبلاغ عن النتائج في إطار جدول زمني مدته ٢٤ ساعة وأسبوع واحد وشهران. والمشاركة في التمارين التعاونية طوعية تماماً ومتاحة للمختبرات التي تعلن بنفسها عن قدراتها في مجال القياس. وترمّز النتائج بحيث يُبلغ عن النتائج الواردة من كل مختبر على حدة دون ذكر اسم المختبر ولا يعرفها إلا منسّق التمرين. وتوضح نتائج التمارين أداء كل مختبر على حدة مقارنةً بالقدرة التحليلية المعلنة، مع تحديد فائدة الأساليب التحليلية المختلفة المطبقة على عينة مشتركة. وتشارك في التمارين التعاونية مختبرات دولية وتتعلق بمواد متنوعة. وقد أنجزت ثلاثة تمارين تعاونية على تحليل المواد أجراها فريق العمل:

- (أ) شاركت في تمرين الفترة ١٩٩٨-٢٠٠٠ ستة مختبرات تحلّل أكسيد البلوتونيوم.
- (ب) شاركت في تمرين الفترة ٢٠٠٠-٢٠٠٢ عشرة مختبرات تحلّل أكسيد اليورانيوم الشديد الإثراء.
- (ج) شاركت في تمرين عام ٢٠١٠ تسعة مختبرات تحلّل معدن اليورانيوم الشديد الإثراء.

ثالثاً-٧- ويعقد فريق التنفيذ والتقييم التابع للمبادرة العالمية لمكافحة الإرهاب النووي تمارين وحلقات دراسية منضدية. وتهدف التمارين إلى ما يلي:

- (أ) تكوين وتعزيز فهم مشترك لقدرات ومبادئ التحليل الجنائي النووي؛
- (ب) التأكيد على أهمية التحليل الجنائي النووي لمقرري السياسات وصناع القرارات؛
- (ج) مناقشة العلاقات بين مختلف الأوساط (بما فيها أوساط إنفاذ القانون والأوساط القضائية والسياساتية والتقنية) التي تشارك في التحليل الجنائي النووي؛

- (د) استكشاف الجوانب السياساتية لمشاركة المعلومات من أجل دعم التحقيق في أحداث الأمن النووي؛
- (هـ) تحديد الشراكات التعاونية الممكنة في مجال مشاركة المعلومات، على الصعيدين الوطني والدولي.

البحث والتطوير

ثالثاً-٨- من أجل بناء الثقة في التحليل الجنائي النووي، وتعزيز دراسة بصمات التحليل الجنائي النووي، وتيسير تطوير مكتبات التحليل الجنائي النووي الوطنية، وتعزيز التعاون الدولي، استهدفت الوكالة المشروعين البحثيين المنسقين التاليين:

- (أ) ٢٠٠٨-٢٠١١: تطبيق التحليل الجنائي النووي في مكافحة الاتجار غير المشروع بالمواد النووية والمواد المشعة الأخرى [III-1].
- (ب) ٢٠١٣-٢٠١٦: تحديد بصمات التحليل الجنائي النووي العالية الثقة لتطوير مكتبات التحليل الجنائي النووي الوطنية.

ثالثاً-٩- ويتوفر المزيد من المعلومات عن جميع المشاريع البحثية المنسقة للوكالة في موقع الوكالة على الشبكة العالمية^٢.

المراجع

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of Nuclear Forensics in Combating Illicit Trafficking of Nuclear and Other Radioactive Material, IAEA-TECDOC-1730, IAEA, Vienna (2014). [III-1]

^٢ انظر <http://www-crp.iaea.org>.

مسرد المصطلحات

بصمة (signature). خاصية أو مجموعة خصائص لعينة معينة تمكّن من مقارنة تلك العينة بالمواد المرجعية.

تحديد الخصائص (characterization). تحديد طبيعة المادة المشعة والأدلة المرتبطة بها.

التحليل الإجمالي (bulk analysis). تحليل عينة كاملة أو جزء منها لتحديد متوسط خصائص الجزء المقاس.

التفريد (individualization). القدرة على ربط نتيجة استدلال جنائي أو مجموعة من نتائج ربطاً فريداً بمصدر واحد، مثل شخص أو مكان أو عملية إنتاج.

تفسير نتائج التحليل الجنائي النووي (nuclear forensic interpretation). عملية ربط خصائص العينة بالمعلومات الموجودة عن أنواع المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى ومناشئها وطرائق إنتاجها، أو بالحالات السابقة المتعلقة بمواد مماثلة.

خاصية فئوية (class characteristic). صفة أو سمة مشتركة بين جميع أعضاء فئة من الأشخاص أو العناصر.

سلسلة العهدة (chain of custody). الإجراءات والمستندات التي تؤكد سلامة الأدلة المادية من خلال تتبّع مناولتها وتخزينها من نقطة جمعها إلى التخلص النهائي منها. وتطلق على هذه العملية مصطلحات أخرى هي 'سلسلة الأدلة' و'سلسلة العهدة المادية' و'سلسلة الحياة'.

سلطة مختصة (competent authority). منظمة أو مؤسسة حكومية عينتها الدولة للاضطلاع بوحدة أو أكثر من وظائف الأمن النووي. وعلى سبيل المثال، قد تشمل السلطات المختصة الهيئات الرقابية، وأجهزة إنفاذ القانون والجمارك ومراقبة الحدود، ووكالات الاستخبارات والأمن، والهيئات الصحية، إلخ.

علم التحليل الجنائي النووي أو التحليل الجنائي النووي (nuclear forensic science or nuclear forensics). تخصص من تخصصات علم التحليل الجنائي يتعلق بفحص المواد النووية أو المواد المشعة الأخرى، أو الأدلة الأخرى الملوثة بالنويدات المشعة، في سياق الإجراءات القانونية.

عنصر نَزْر (trace element). عنصر في عينة يقل متوسط تركّزه عن ١٠٠٠ ميكروغرام/غم أو ٠,١٪ من تركيبة المادة الأساسية.

الفحص (examination). إجراء يُستخدم للحصول على معلومات من الأدلة من أجل الوصول إلى استنتاجات بشأن طبيعة الأدلة و/أو الارتباطات المتعلقة بها.

قياس العمر الإشعاعي (radiochronometry). استخدام قياسات نواتج الاضمحلال الإشعاعي في عينة من المادة لتحديد الزمن الذي انقضى منذ آخر مرة انفصل فيها النسل عن المادة الأم (ومن ثم 'عمر' المادة في العينة المقاسة).

مختبر التحليل الجنائي النووي المسمّى (designated nuclear forensic laboratory). مختبر حددته الدولة باعتباره قادراً على قبول أو تحليل عينات المواد النووية و/أو المواد المشعة الأخرى بغرض دعم فحوص التحليل الجنائي النووي.

مسرح الجريمة الإشعاعية (radiological crime scene). مسرح جريمة وقع فيه، أو يشتبه في أنه وقع فيه، عمل إجرامي أو عمل متعمد آخر غير مأذون به يتعلق بمواد نووية أو مواد مشعة أخرى.

مكتبة التحليل الجنائي النووي الوطنية (national nuclear forensics library). مجموعة منظمة إدارياً من المعلومات عن المواد النووية والمواد المشعة الأخرى المنتجة أو المستخدمة أو المخزنة داخل دولة ما.

الوكالة (IAEA). الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

طلب شراء المنشورات محلياً

يمكن شراء المنشورات المسعّرة الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية من المصادر المذكورة في القائمة أدناه أو من المكتبات المحلية الكبرى.

أمّا المنشورات غير المسعّرة فينبغي توجيه طلبات شرائها إلى الوكالة مباشرة. وترد تفاصيل الاتصال في آخر هذه القائمة.

أمريكا الشمالية

Bernan / Rowman & Littlefield

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, USA

Telephone: +1 800 462 6420 • Fax: +1 800 338 4550

Email: orders@rowman.com • Web site: www.rowman.com/bernan

سائر بلدان العالم

برجاء الاتصال بالموثّد المحلي المفضّل لديكم، أو بالموثّع الرئيسي الخاص بنا:

Eurospan Group

Gray's Inn House

127 Clerkenwell Road

London EC1R 5DB

United Kingdom

الطلبات التجارية والاستفسارات:

Telephone: +44 (0)176 760 4972 • Fax: +44 (0)176 760 1640

Email: eurospan@turpin-distribution.com

الطلبات الفردية:

www.eurospanbookstore.com/iaea

للحصول على مزيد من المعلومات:

Telephone: +44 (0)207 240 0856 • Fax: +44 (0)207 379 0609

Email: info@eurospangroup.com • Web site: www.eurospangroup.com

ويمكن توجيه طلبات شراء المنشورات، المسعّرة وغير المسعّرة على السواء، مباشرة إلى العنوان التالي:

Marketing and Sales Unit

International Atomic Energy Agency

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

Telephone: +43 1 2600 22529 or 22530 • Fax: +43 1 26007 22529

Email: sales.publications@iaea.org • Web site: https://www.iaea.org/ar/almanshurat

21-01137A

هذا المنشور هو تنقيح للعدد ٢ من سلسلة الأمن النووي الصادرة عن الوكالة المعنون 'دعم التحليل الجنائي النووي' والذي نُشر في عام ٢٠٠٦ واعتمده الدول على نطاق واسع من أجل تطوير قدرات على التحليل الجنائي النووي. ويقدم هذا المنشور معلومات حديثة عن التحقيق في أحداث الأمن النووي، والأساس القانوني للتحليل الجنائي النووي، والتحليل الجنائي النووي ضمن خطة التصدي الوطنية، واستهلاك الفحص، وتوافر مختبر للتحليل الجنائي النووي يستخدم القدرات الوطنية القائمة، والتحليل الجنائي للمواد النووية أو المواد المشعة الأخرى والأدلة الملوثة بالنويدات المشعة.