IAEA
تسخير الذرة من أجل السلام والتنمية

# نشـرة إعلاميــة

**INFCIRC/951/Add.1**
17 شباط/فبراير 2021

**توزيع عام**
عربي
الأصل: إنكليزي

# بروتوكول إضافي للاتفاق المعقود بين المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وآيرلندا الشمالية والوكالة الدولية للطاقة الذرية من أجل تطبيق الضمانات في المملكة المتحدة لبريطانيا العظمي وآيرلندا الشمالية في إطار معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية

1- يَرِدُ نصُّ البروتوكول الإضافي للاتفاق المعقود[1] بين المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وآيرلندا الشمالية والوكالة الدولية للطاقة الذرية من أجل تطبيق الضمانات في المملكة المتحدة لبريطانيا العظمي وآيرلندا الشمالية في إطار معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية (البروتوكول الإضافي) مُستنسخاً في هذه الوثيقة لكي يطلّع عليه جميع الأعضاء. وقد أقرّ مجلس المحافظين البروتوكول الإضافي في 6 حزيران/يونيه 2018. ثم تم التوقيع على البروتوكول في فيينا، النمسا، في 7 حزيران/يونيه 2018.

2- وبموجب المادة 17 من البروتوكول الإضافي، بدأ نفاذ هذا البروتوكول في 31 كانون الأول/ديسمبر 2020، في تمام الساعة 23:00 بتوقيت غرينتش.[2]

[1] يَرِدُ مستنسخاً في الوثيقة INFCIRC/951.

[2] البروتوكول الإضافي للاتفاق المعقود بين المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وآيرلندا الشمالية والجماعة الأوروبية للطاقة الذرية والوكالة الدولية للطاقة الذرية من أجل تطبيق الضمانات في المملكة المتحدة لبريطانيا العظمي وآيرلندا الشمالية في إطار معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية انتهى العمل به في 31 كانون الأول/ديسمبر 2020 في تمام الساعة 23:00 بتوقيت غرينتش. انظر الوثيقة INFCIRC/263/Add.1/Mod.1.

# بروتوكول إضافي للاتفاق المعقود بين المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وآيرلندا الشمالية والوكالة الدولية للطاقة الذرية من أجل تطبيق الضمانات في المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وآيرلندا الشمالية في إطار معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية

لما كانت المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وآيرلندا الشمالية (يُشار إليها فيما يلي باسم "المملكة المتحدة") هي طرف في اتفاقية بين المملكة المتحدة والوكالة الدولية للطاقة الذرية (يُشار إليها فيما يلي باسم "الوكالة") لتطبيق الضمانات في المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وآيرلندا الشمالية فيما يتعلق بمعاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية (يُشار إليه فيما يلي باسم "اتفاق الضمانات")، والذي دخل حيّز النفاذ في 31 كانون الأول/ديسمبر 2020 في تمام الساعة 23:00 بتوقيت غرينتش.

وإدراكاً منهما لرغبة المجتمع الدولي في المُضيّ في تعزيز عدم الانتشار النووي عن طريق توطيد فعالية نظام ضمانات الوكالة وتحسين كفاءته؛

وإذ يشيران إلى أنَّه يجب على الوكالة أن تراعي أثناء تنفيذ الضمانات الحاجة إلى ما يلي: تجنُّب إعاقة التنمية الاقتصادية والتكنولوجية للمملكة المتحدة أو التعاون الدولي في مجال الأنشطة النووية السلمية؛ واحترام الأحكام المتعلقة بالصحة والأمان والحماية المادية وغيرها من الأحكام الأمنية السارية وحقوق الأفراد؛ واتخاذ جميع الاحتياطات التي تكفل حماية الأسرار التجارية والتكنولوجية والصناعية وغير ذلك من المعلومات السرية التي تتنامى إلى علمها؛

ولما كان يتعين أن يظل تواتر وكثافة الأنشطة المبينة في هذا البروتوكول عند الحد الأدنى المتسق مع هدف توطيد فعالية ضمانات الوكالة وتحسين كفاءتها؛

فإنّ المملكة المتحدة والوكالة قد اتفقتا الآن على ما يلي:

## العلاقة بين البروتوكول واتفاق الضمانات

المادة 1

تنطبق أحكام اتفاق الضمانات على هذا البروتوكول بقدر ما تكون متصلة بأحكام هذا البروتوكول ومتوافقة معها. وفي حالة تنازع أحكام اتفاق الضمانات مع أحكام هذا البروتوكول، فإن أحكام هذا البروتوكول هي التي تنطبق.

## توفير المعلومات

المادة 2

(أ) تزود المملكة المتحدة الوكالة بإعلان يحتوي على ما يلي:

'1' وصف عام لأنشطة البحث والتطوير ذات الصلة بدورة الوقود النووي التي يتمّ تنفيذها أينما كان والتي يتمّ تمويلها من جانب، أو بالتحديد ترخيصها أو مراقبتها، أو المضطلع بها نيابة عن، المملكة المتحدة، لدولة غير حائزة لأسلحة نووية (يُشار إليه فيما يلي بـ "دولة غير نووية") أو بالتعاون معها، أو ذات صلة بتلك الدولة، ومعلومات تحدّد مكان تلك الأنشطة.

'2' معلومات تحددها الوكالة على أساس الفوائد المتوقعة فيما يتعلق بالفعالية أو الكفاءة، ويُتفق عليها مع المملكة المتحدة، بشأن الأنشطة التشغيلية ذات الصلة بالضمانات، المضطلع بها في مرافق أو أجزاء منها حُدِّدت بمقتضى الفقرة (أ) من المادة 76 من اتفاق الضمانات.

'3' وصف لحجم العمليات المنفذة في كل مكان يشارك في الأنشطة المحدَّدة في المرفق الأول بهذا البروتوكول، حيثما انطوت على صلة بعمليات دورة الوقود النووي في دولة غير نووية.

'4' معلومات تحدد مكان مناجم ومصانع تركيز اليورانيوم ومصانع تركيز الثوريوم في المملكة المتحدة، التي تشارك في الإنتاج فيما يخص دولة غير نووية، وحالتها التشغيلية والإنتاج السنوي الراهن لتلك المناجم ومصانع التركيز فيما يخص دولة غير نووية. وتقدِّم المملكة المتحدة، بناءً على طلب الوكالة، الإنتاج السنوي الراهن لدولة غير نووية لمنجم بعينه أو لمصنع تركيز بعينه. ولا يستلزم تقديم هذه المعلومات إجراء حصر مفصَّل للمواد النووية.

'5' معلومات بشأن المواد المصدرية التي لم تصِل إلى التركيب والنقاء المناسبين لصُنع الوقود أو لإثرائها إثراءً نظيرياً، وذلك على النحو التالي:

(أ) كميات كل عملية تصدير خارج المملكة المتحدة إلى دولة غير نووية، والتركيب الكيميائي لتلك المواد ووجهتها، عندما تكون بكميات تتجاوز ما يلي:

(1) عشرة أطنان مترية من اليورانيوم، أو ما مجموعه يتجاوز خلال العام عشرة أطنان مترية بالنسبة لعمليات التصدير المتتابعة خارج المملكة المتحدة من اليورانيوم المُصَدَّر إلى نفس الدولة غير النووية والتي تقلُّ كمية كلٍّ منها عن عشرة أطنان مترية؛

(2) عشـرين طناً متريـاً من الثوريوم، أو ما مجموعه يتجاوز خلال العام عشـرين طناً متريـاً بالنسـبة لعمليات التصـدير المتتابعة خارج المملكة المتحدة من الثوريوم المُصَـدَّر إلى نفس الدولة والتي تقل كمية كلٍّ منها عن عشـرين طناً متريـاً؛

(ب) كميات كل عملية اسـتيراد داخل المملكة المتحدة من دولة غير نووية، والتركيب الكيميائي لتلك المواد ومكانها الراهن وأوجه استخدامها الفعلي أو المزمع، عندما تكون بكميات تتجاوز ما يلي:

(1) عشرة أطنان مترية من اليورانيوم، أو ما مجموعه يتجاوز خلال العام عشرة أطنان مترية بالنسـبة لعمليات الاسـتيراد المتتابعة إلى المملكة المتحدة من اليورانيوم والتي تقل كمية كلٍّ منها عن عشرة أطنان مترية؛

(2) عشـرين طناً متريـاً من الثوريوم، أو ما مجموعه يتجاوز خلال العام عشـرين طنـا متريـاً بـالنسـبة لعمليات الاسـتيراد المتتابعة إلى المملكة المتحدة من الثوريوم والتي تقل كمية كلٍّ منها عن عشرين طناً متريـاً؛

علماً بأنه لا يُشـترَط تقديم معلومات عن مثل هذه المواد المعتزم اسـتخدامها اسـتخداماً غير نووي، بمجرد بلوغها شكل استخدامها النهائي غير النووي."

’6 (أ) معلومات بشـأن كميات المواد النووية المعفاة من الضـمانات بمقتضـى المادة 36 من اتفاق الضـمانات والتي تتمّ معالجتها أو اسـتخدامها لدولة غير نووية واسـتخدامات تلك المواد وأماكنها؛

(ب) معلومات (قد تأخذ شكل تقديرات) بشأن الكميات والاستخدامات في كلّ مكان بالنسبة للمواد النووية المعفاة من الضـمانات بمقتضـى المادة 35(ب) من اتفاق الضـمانات ولكنها لم تأخذ بعدُ شكل الاستخدام النهائي غير النووي، عندما تكون بكميات تتجاوز الكميات المذكورة في المادة 36 من اتفاق الضمانات والتي تتم معالجتها أو استخدامها لدولةٍ غير نووية. ولا يسـتلزم تقديم هذه المعلومات إجراء حصـر مفصَّـل للمواد النووية.

’7 معلومات بشأن المكان أو المعالجة الإضافية للنفايات المتوسطة أو القوية الإشعاع التي تحتوي على بلوتونيوم أو يورانيوم شـديد الإثراء أو يورانيوم-233 والتي رُفِعَت عنها الضـمانات بمقتضـى المادة 11 من اتفاق الضـمانات والتي تم استيرادها من أو يتم تصديرها إلى دولةٍ غير نووية. ولأغراض هذه الفقرة، فإنَّ عبارة "المعالجة الإضـافية" لا تشـمل عمليات إعادة تعبئة النفايات أو عمليات تكييفها الإضافي غير المنطوية على فصل العناصر، من أجل خزن النفايات أو التخلص منها.

’8 معلومات بشـأن الأنواع المحدّدة من المعدات والمواد غير النووية المسـرودة في المرفق الثاني، وذلك على النحو التالي:

(أ) لكل عملية تصـــدير لمثل هذه المعدات والمواد خارج المملكة المتحدة إلى دولة غير نووية: هويتها، وكميتها، ومكان اســـتخدامها المزمع في الدولة المتلقّية، وتاريخ التصدير أو تاريخ التصدير المتوقع، حسب الاقتضاء؛

(ب) بناءً على طلب محدَّد تقدّمه الوكالة، تأكيد تقدّمه المملكة المتحدة، بصـــفتها دولة مستوردة، للمعلومات التي تقدّمها دولة غير نووية إلى الوكالة بشأن تصدير مثل هذه المعدات والمواد إلى المملكة المتحدة.

’9‘ الخطط العامة لفترة السنوات العشر التالية فيما يخصّ تطوير دورة الوقود النووي المدنية (بما في ذلك أنشـــطة البحث والتطوير المزمعة المتعلقة بدورة الوقود النووي) عندما تعتمدها السلطات المختصة في المملكة المتحدة.

(ب) تبذل المملكة المتحدة كلّ جهد معقول لتزويد الوكالة بوصف عام لأنشطة البحث والتطوير ذات الصلة بدورة الوقود النووي والمتعلقة على وجه التحديد بالإثراء وإعادة معالجة الوقود النووي أو معالجة النفايات المتوسطة أو القوية الإشعاع التي تحتوي على بلوتونيوم أو يورانيوم شديد الإثراء أو يورانيوم-233، والمضـــطلع بها في أيّ بقعة داخل المملكة المتحدة غير أن المملكة المتحدة لا تتولى تمويلها، أو بالتحديد ترخيصها أو مراقبتها، أو المضطلع بها نيابة عنها، والتي هي بالتعاون مع دولة غير نووية أو ذات صـــلة بتلك الدولة؛ ومعلومات تحدِّد مكان تلك الأنشـــطة. ولأغراض هذه الفقرة فإن مصـــطلح "معالجة" النفايات المتوسطة أو القوية الإشعاع لا يشمل عمليات إعادة تعبئة النفايات أو عمليات تكييفها غير المنطوية على فصل العناصر، من أجل خزن النفايات أو التخلص منها.

(ج) بناءً على طلب الوكالة، تقدّم المملكة المتحدة شروحات أو توضيحات لأي معلومات قُدّمت بموجب هذه المادة، بقدر ما يكون ذلك ذا صلة بأغراض الضمانات.

المادة 3

(أ) تقدّم المملكة المتحدة للوكالة المعلومات المحددة في الفقرات الفرعية أ’1‘ و أ’3‘ و أ’4‘ و أ’6‘ وأ’9‘ من المادة 2 والفقرة ب من المادة 2 في غضون 180 يوماً من بدء نفاذ هذا البرتوكول.

(ب) تقدّم المملكة المتحدة للوكالة، بحلول 15 أيار/مايو من كل ســـنة، تحديثاً للمعلومات المشـــار إليها في الفقرة أ السالفة الذكر للفترة التي تشمل السنة التقويمية السابقة. واذا لم تكن هناك أي تغيرات قد طرأت على المعلومات المقدّمة سابقاً، تشير المملكة المتحدة إلى ذلك.

(ج) تقدّم المملكة المتحدة للوكالة، بحلول 15 أيار/مايو من كل ســـنة، المعلومات المحدَّدة في المادة 2 أ’5‘ للفترة التي تشمل السنة التقويمية السابقة.

(د) تقدّم المملكة المتحدة للوكالة كلّ ثلاثة أشـــهر المعلومات المحدَّدة في المادة 2 أ ’8‘ (أ). وتُقدَّم هذه المعلومات في غضون ستين يوماً من نهاية كلّ ثلاثة أشهر.

(هاء) تقدّم المملكة المتحدة للوكالة المعلومات المحدَّدة في الفقرة الفرعية أ'7' من المادة 2 قبل 180 يوماً من إجراء المزيد من المعالجة، بحلول 15 أيار/مايو من كل سنة معلومات عن التغييرات في الموقع للفترة التي تشمل السنة التقويمية السابقة.

(واو) تتفق المملكة المتحدة والوكالة على توقيت وتواتر تقديم المعلومات المحدَّدة في الفقرة الفرعية أ'2' من المادة 2.

(زاي) تقدّم المملكة المتحدة للوكالة المعلومات الواردة في الفقرة الفرعية أ'8'(ب) من المادة 2 في غضون ستين يوماً من طلب الوكالة لها.

## المعاينة التكميلية

المادة 4

تُطبَّق الإجراءات التالية في إطار تنفيذ المعاينة التكميلية بموجب المادة 5 من هذا البروتوكول:

(أ) لن تسعى الوكالة سعياً آلياً أو منهجياً للتحقُّق من المعلومات المُشار إليها في المادة 2؛ ولكن يكون للوكالة معاينة ما يلي:

'1' أي مكان مشار إليه في الفقرة الفرعية أ'1' أو الفقرة الفرعية أ'2' أو الفقرة ب من المادة 5 وذلك من أجل حسم أي تساؤل يتعلق بصحة واكتمال المعلومات المقدمة بموجب المادة 2 أو من أجل حسم أي تضارب يتعلق بتلك المعلومات أو من أجل زيادة فعالية الضمانات أو كفاءتها في مرافق أو في أجزاء منها داخل المملكة المتحدة حُدِّدت بمقتضى الفقرة (أ) من المادة 76 من اتفاق الضمانات؛

'2' أي مكان مشار إليه في الفقرة ج من المادة 5، حيثما أسهمت مثل هذه المعاينة في زيادة قدرة الوكالة على كشف المواد والأنشطة النووية غير المعلن عنها في دولة غير نووية؛

'3' أي مكان مشار إليه في الفقرة الفرعية أ'3' من المادة 5، وذلك بالقدر اللازم للوكالة من أجل أن تؤكد لأغراض الضمانات إعلان المملكة المتحدة، بشأن حالة إخراج مرفق أو جزء منه حُدِّد بمقتضى الفقرة (أ) من المادة 76 من اتفاق الضمانات من الخدمة.

(ب) '1' باستثناء ما هو منصوص عليه في الفقرة '2' أدناه، تقوم الوكالة بإعطاء إخطار مُسبق للمملكة المتحدة لمدة 24 ساعة على الأقلّ؛

'2' لمعاينة أيّ مكان محدّد بموجب المادة 2 على موقع مُراد بالاقتران بزيارات التحقّق من معلومات التصميم أو عمليات التفتيش المخصصة أو الروتينية على ذلك الموقع، تكون مدة الإخطار المسبق، إذا ما طلبت الوكالة ذلك، ساعتين على الأقلّ ولكن، في ظروف استثنائية، قد تكون أقلّ من ساعتين.

(ج) يكون الإخطار المُسبق مكتوباً ويحدِّد أسباب المعاينة والأنشطة اللازم تنفيذها أثناء تلك المعاينة.

(د) في حالة وجود تساؤل أو تضارب، تعطي الوكالة للملكة المتحدة فرصة توضيح وتيسير الوكالة المملكة المتحدة فرصة توضيح وتيسير حسم هذا التساؤل أو التضارب. وستعطى هذه الفرصة قبل تقديم طلب لإجراء معاينة، ما لم تر الوكالة أن تأخير إجراء المعاينة سيخل بالغرض الذي التُمِست من أجله. وعلى أي حال لا تستخلص الوكالة أي استنتاجات بشأن التساؤل أو التضارب لحين إعطاء المملكة المتحدة هذه الفرصة.

(هاء) لا تجرى المعاينة إلا أثناء ساعات العمل العادية ما لم توافق المملكة المتحدة على غير ذلك.

(واو) يحقّ للمملكة المتحدة أن تجعل ممثلين عن المملكة المتحدة يرافقون مفتشي الوكالة أثناء المعاينة التي يقومون بها، شريطة ألا يؤدي ذلك إلى تأخير عمل المفتشين أو إعاقتهم على نحو آخر عن ممارسة مهامّهم.

المادة 5

توفر المملكة المتحدة للوكالة معاينة ما يلي:

(أ) '1' أي موضع في مرفق أو جزء منه في المملكة المتحدة، حدد بمقتضى الفقرة (أ) من المادة 76 من اتفاق الضمانات؛

'2' أي مكان محدَّد بموجب الفقرات الفرعية من أ'4' إلى أ'7' من المادة 2؛

'3' أي مرفق أخرج من الخدمة، أو أي جزء منه، حدد بمقتضى الفقرة (أ) من المادة 76 من اتفاق الضمانات؛

(ب) أي مكان تحدِّده المملكة المتحدة بموجب الفقرة الفرعية أ'1' أو الفقرة الفرعية أ'3' أو الفقرة الفرعية أ'8'(ب) أو الفقرة ب من المادة 2، خلاف الأماكن المشار اليها في الفقرة الفرعية أ'1' أعلاه؛ شريطة أن تبذل المملكة المتحدة، إذا عجزت عن أن توفر مثل هذه المعاينة، كل جهد معقول لتلبية متطلبات الوكالة بوسائل أخرى ودون تأخير.

(ج) أي مكان آخر تحدِّده الوكالة، خلاف الأماكن المشار اليها في الفقرتين أ و ب أعلاه، من أجل أخذ عينات بيئية من أماكن بعينها؛ شريطة أن تبذل المملكة المتحدة، إذا عجزت عن أن توفر مثل هذه المعاينة، كل جهد معقول لتلبية متطلبات الوكالة في أماكن مجاورة أو بوسائل أخرى ودون تأخير.

المادة 6

يجوز للوكالة، عند تنفيذ المادة 5، أن تضطلع بالأنشطة التالية:

(أ) بالنسبة للمعاينة وفقا للفقرة الفرعية أ'1' أو أ'3' من المادة 5: إجراء مراقبة بصرية؛ وجمع عينات بيئية؛ واستخدام أجهزة الكشف عن الاشعاعات وقياسها؛ وتركيب أختام وغيرها – مما تنص عليه الترتيبات الفرعية – من أجهزة بيان وكشف حالات التلاعب؛ وتنفيذ تدابير موضوعية أخرى برهنت التجربة على جدواها من الناحية التقنية ووافق مجلس المحافظين (المُشار إليه فيما يلي باسم "المجلس") على استخدامها وأعقبت مشاورات بين الوكالة والمملكة المتحدة.

(ب) بالنسبة للمعاينة وفقا للفقرة الفرعية أ'2' من المادة 5: إجراء مراقبة بصرية؛ وعد مفردات المواد النووية؛ وإجراء قياسات غير متلفة وأخذ عينات على نحو غير متلف؛ واستخدام أجهزة الكشف عن الاشعاعات وقياسها؛ وفحص السجلات ذات الصلة بكميات المواد ومنشئها وترتيبها؛ وجمع عينات بيئية؛ وتنفيذ تدابير موضوعية أخرى برهنت التجربة على جدواها من الناحية التقنية ووافق المجلس على استخدامها وأعقبت مشاورات بين الوكالة والمملكة المتحدة.

(ج) بالنسبة للمعاينة وفقا للفقرة ب من المادة 5: إجراء مراقبة بصرية؛ وجمع عينات بيئية؛ واستخدام أجهزة الكشف عن الاشعاعات وقياسها؛ وفحص سجلات الإنتاج والشحن المتصلة بالضمانات؛ وتنفيذ تدابير موضوعية أخرى برهنت التجربة على جدواها من الناحية التقنية ووافق المجلس على استخدامها وأعقبت مشاورات بين الوكالة والمملكة المتحدة.

(د) بالنسبة للمعاينة وفقا للفقرة ج من المادة 5: جمع عينات بيئية؛ وفي حالة عجز النتائج عن حسم التساؤل أو التضارب في المكان الذي حددته الوكالة بموجب الفقرة ج من المادة 5 فإنه يجوز للوكالة أن تستخدم في هذا المكان أجهزة المراقبة البصرية وأجهزة الكشف عن الاشعاعات وقياسها، وأن تنفذ، حسب المتفق عليه بين المملكة المتحدة والوكالة، تدابير موضوعية أخرى.

المادة 7

(أ) بناء على طلب المملكة المتحدة، تتخذ المملكة المتحدة والوكالة ترتيبات تكفل إجراء معاينة محكومة بموجب هذا البروتوكول من أجل الحيلولة دون إفشاء معلومات حساسة تتعلق بالانتشار، أو من أجل الوفاء بمتطلبات تتعلق بالأمان أو الحماية المادية، أو من أجل حماية الممتلكات أو المعلومات الحساسة من الناحية التجارية. وهذه الترتيبات لا تمنع الوكالة من تنفيذ الأنشطة اللازمة لحسم أي تساؤل يتعلق بصحة واكتمال المعلومات المشار إليها في المادة 2، أو أي تضارب يتعلق بتلك المعلومات.

(ب) يجوز للمملكة المتحدة، عند تقديمها المعلومات المشار إليها في المادة 2، إبلاغ الوكالة بالمواضع القائمة في الموقع أو المكان الذي قد تنطبق فيه المعاينة المحكومة.

(ج) يجوز للمملكة المتحدة، لحين بدء نفاذ أي ترتيبات فرعية لازمة، أن تلجأ إلى المعاينة المحكومة اتساقاً مع أحكام الفقرة أ أعلاه.

المادة 8

ليس في هذا البروتوكول ما يمنع المملكة المتحدة من أن تعرض على الوكالة إجراء معاينة لأماكن أخرى بالإضافة إلى الأماكن المشار إليها في المادتين 5 و9، أو من أن تطلب من الوكالة الاضطلاع بأنشطة تحقق في مكان معين. وتبذل الوكالة كل جهد معقول للاستجابة، دون تأخير، لمثل هذا الطلب.

المادة 9

توفر المملكة المتحدة للوكالة معاينة الأماكن التي تحددها الوكالة من أجل أخذ عينات بيئية من مناطق شاسعة، حيثما أسهمت مثل هذه المعاينة في زيادة قدرة الوكالة على كشف الأنشطة النووية غير المعلنة في دولة غير نووية، شريطة أن تبذل المملكة المتحدة، إذا عجزت عن أن توفِّر مثل هذه المعاينة، كل جهد معقول لتلبية

متطلبات الوكالة في أماكن بديلـــــــة. ولا تلتمس الوكالة مثل هذه المعاينة إلا بعد ما يكون المجلس قد وافق على اسـتخدام أخذ العينات البيئية من مناطق شـاسـعة وعلى الترتيبات الإجرائية المتعلقة بذلك، وبعد مشـاورات بين الوكالة والمملكة المتحدة.

المادة 10

تقوم الوكالة بإبلاغ المملكة المتحدة بما يلي

(أ) الأنشـطة المنفَّذة بموجب هذا البروتوكول، بما في ذلك الأنشـطة المتعلقة بأي أوجه تسـاؤل أو تضـارب اسـترعت الوكالة انتباه المملكة المتحدة إليها، وذلك في غضـون سـتين يوماً من تاريخ تنفيذ الوكالة لتلك الأنشطة.

(ب) نتائج الأنشطة المتعلقة بأي أوجه تساؤل أو تضارب استرعت الوكالة انتباه المملكة المتحدة إليها، وذلك في أقرب وقت ممكن لكن على أي حال في غضون ثلاثين يوماً من تاريخ تَثَبُّت الوكالة من النتائج.

(ج) الاسـتنتاجات التي اسـتخلصـتها من أنشـطتها المنفَّذة بموجب هذا البروتوكول. وتُقدَّم هذه الاسـتنتاجات سنوياً.

## تسمية مفتشي الوكالة

المادة 11

(أ) ’1‘ يتولى المدير العام إخطار المملكة المتحدة بموافقة المجلس على الاســتعانة بأي موظف من موظفي الوكالة للعمل مفتشـاً للضـمانات. وما لم تقم المملكة المتحدة، في غضـون ثلاثة شـهور من اســتلامها الإخطار المتعلق بموافقة المجلس، بإعلام المدير العام برفضــها أن يكون هذا الموظف مفتشاً في المملكة المتحدة، فإن المفتش الذي تم إخطار المملكة المتحدة بشأنه على هذا النحو، يُعتبر مسمى للتفتيش في المملكة المتحدة؛

’2‘ يبادر المدير العام فوراً استجابة منه لطلب تقدّمه المملكة المتحدة أو بمبادرة منه، بإبلاغ المملكة المتحدة بسحب تسمية أي موظف مفتشاً في المملكة المتحدة.

(ب) يفترض بعد سبعة أيام من تاريخ إرسال الوكالة للإخطار المشار إليه في الفقرة أ أعلاه بالبريد المسجَّل إلى المملكة المتحدة أنَّ المملكة المتحدة قد تسلمت الإخطار.

## التأشيرات

المادة 12

تمنح المملكة المتحدة في غضون شهر واحد من تاريخ تلقي طلب الحصول على تأشيرة، المفتشَ المسمَّى المحدَّد في الطلب ما هو مناسب من تأشيرات متعددة مرات الدخول/الخروج و/أو العبور، عند الاقتضاء، لتمكين المفتش من دخول أراضي المملكة المتحدة والبقاء فيها لغرض الاضطلاع بمهامه. وتكون أي تأشيرات يتم طلبها صالحة لمدة سنة على الأقل ويتم تجديدها، حسب الاقتضاء، لتغطي مدة تسمية المفتش في المملكة المتحدة.

## الترتيبات الفرعية

المادة 13

(أ) حيثما تشـير المملكة المتحدة أو الوكالة إلى ضـرورة أن تحدَّد في ترتيبات فرعية كيفية تطبيق التدابير المنصـوص عليها في هذا البروتوكول، تتفق المملكة المتحدة والوكالة على هذه الترتيبات الفرعية في غضون تسعين يوماً من تاريخ بدء نفاذ هذا البروتوكول؛ أو في غضون تسعين يوماً من تاريخ الإشارة الى ضرورة هذه الترتيبات الفرعية إذا صدرت تلك الإشارة بعد تاريخ بدء نفاذ هذا البروتوكول.

(ب) يحق للوكالة، لحين بدء نفاذ أي ترتيبات فرعية لازمة، أن تطبق التدابير المنصـوص عليها في هذا البروتوكول.

## نظم الاتصالات

المادة 14

(أ) تسمح المملكة المتحدة للوكالة بإقامة اتصالات حرة للأغراض الرسمية وتكفل حماية هذه الاتصالات بين مفتشـي الوكالة في المملكة المتحدة ومقر الوكالة الرئيسـي و/أو مكاتبها الإقليمية، بما في ذلك إرسـال المعلومات التي تولدها أجهزة الاحتواء و/أو المراقبة أو أجهزة القياس، التابعة للوكالة، إرسالاً حضورياً وغيابياً. ويحق للوكالة أن تنتفـع، بالتشاور مع المملكة المتحدة، من نظم الاتصالات المباشرة المعمول بها دولياً، بما فيها نظم الأقمار الصـناعية وغيرها من أشـكال الاتصـال عن بعد، غير المسـتخدمة في المملكة المتحدة. وبناء على طلب المملكة المتحدة أو الوكالة تُحدد في الترتيبات الفرعية تفاصـيل تنفيذ هذه الفقرة فيما يخص إرسـال المعلومات التي تولدها أجهزة الاحتواء و/أو المراقبة أو أجهزة القياس، التابعة للوكالة، إرسالا حضورياً أو غيابيا.

(ب) تراعى حق المراعاة، عند توصـيل وإرسـال المعلومات على النحو المنصـوص عليه في الفقرة أ أعلاه، الحاجة الى حماية الممتلكات أو المعلومات الحساسـة من الناحية التجارية أو المعلومات التصـميمية التي تعتبرها المملكة المتحدة ذات حساسية خاصة.

## حماية المعلومات السرية

المادة 15

(أ) تُطبّق الوكالة نظاماً صـارماً يكفل الحماية الفعالة ضد إفشاء الأسرار التجارية والتكنولوجية والصـناعية وغير ذلك من المعلومات السـرية التي تتنامى إلى علمها، بما في ذلك ما يتنامى إلى علمها من مثل هذه المعلومات أثناء تنفيذ هذا البروتوكول.

(ب) يتضمن النظام المشار اليه في الفقرة أ أعلاه، فيما يتضمن، أحكاماً تتعلق بما يلي:

'1' المبادئ العامة والتدابير المرتبطة بها للتعامل مع المعلومات السرية؛

'2' شروط استخدام الموظفين فيما يتعلق بحماية المعلومات السرية؛

’3‘ الإجراءات التي تُتخذ في حالات انتهاك السرية أو ادعاءات انتهاكها.

(ج) يوافق المجلس على النظام المشار إليه في الفقرة أ أعلاه ويستعرضه بصفة دورية.

**المرفقات**

المادة 16

(أ) يشـكل المرفقان بهذا البروتوكول جزءاً لا يتجزّأ منه. وفيما عدا أغراض تعديل المرفقين الأول والثاني، فإن كلمة "بروتوكول" على النحو المستخدمة به في هذا الصك يعني البروتوكول والمرفقين معاً.

(ب) يجوز للمجلس، بناء على مشورة يسديها فريق خبراء عامل مفتوح العضوية ينشئه المجلس، تعديل قائمة الأنشطة المحددة في المرفق الأول وقائمة المعدات والمواد المحددة في المرفق الثاني. ويسري أي تعديل من هذا القبيل بعد أربعة شهور من اعتماد المجلس له.

**بدء النفاذ**

المادة 17

بعد توقيع الأطراف، يبدأ نفاذ هذا البروتوكول في تاريخ ووقت بدء نفاذ اتفاق ضمانات.

**التعاريف**

المادة 18

لغرض هذا البروتوكول:

(أ) أنشـطة البحث والتطوير ذات الصـلة بدورة الوقود النووي تعني تلك الأنشـطة التي ترتبط على وجه التحديد بأي جانب تطويري لعمليات أو نُظم ويتعلق ذلك بأيٍّ من البنود التالية:

- تحويل المواد النوويّة،
- إثراء المواد النوويّة،
- صُنع الوقود النووي،
- المفاعلات،
- المرافق الحرجة،
- إعادة معالجة الوقود النووي،

- معالجة النفايات المتوسطة أو القوية الإشعاع التي تحتوي على بلوتونيوم أو يورانيوم شديد الإثراء أو يورانيوم-233 (ولا تشمل إعادة التعبئة، أو التكييف الذي لا يتم فيه فصل العناصر، لأغراض التخزين أو التخلص)،

لكنها لا تشمل الأنشطة المتعلقة بالبحوث العلمية النظرية أو الأساسية أو البحوث التطويرية التي تتصل بتطبيقات النظائر المشعة في الصناعة والتطبيقات الطبية والهيدرولوجية والزراعية، والآثار الصحية والبيئية وتحسين الصيانة.

(ب) الموقع يعني المنطقة التي حدّدتها المملكة المتحدة في معلومات التصميم ذات الصلة من أجل احتواء مرفق أو جزء منه بما في ذلك المرفق المغلق أو جزء منه، المحدد بمقتضى الفقرة (أ) من المادة 76 من اتفاق الضمانات.

(ج) المرفق الذي أُخرج من الخدمة، يعني المنشأة أو جزءاً منها، المحددة بمقتضى الفقرة (أ) من المادة 76 من اتفاق الضمانات، التي أُزيل أو أُبطل فيها مفعول الهياكل المتبقية والمعدات اللازمة لاستخدامها بحيث يتعذر استعمالها في الخزن وبحيث لم يعد من الممكن استعمالها في مناولة المواد النووية أو معالجتها أو استخدامها.

(د) المرفق المغلق، يعني المنشأة أو جزءاً منها، المحددة بمقتضى الفقرة (أ) من المادة 76 من اتفاق الضمانات، التي أوقفت فيها العمليات وأزيلت منها المواد النووية لكن لم يتم إخراجها من الخدمة.

(هـ) اليورانيوم الشديد الإثراء يعني اليورانيوم الذي يحتوي على 20 في المائة أو أكثر من نظير اليورانيوم-235.

(و) أخذ العينات البيئية من مكان بعينه يعني جمع عينات بيئية (مثلا من الهواء والماء والنبات والتربة والمسحات) من مكان حددته الوكالة، ومن البقعة المجاورة له مباشرة، بغرض مساعدة الوكالة على الخروج باستنتاجات بشأن خلو دولة غير نووية من أي مواد نووية غير معلنة أو أنشطة نووية غير معلنة.

(ز) أخذ العينات البيئية من مناطق شاسعة يعني جمع عينات بيئية (مثلا من الهواء والماء والنبات والتربة والمسحات) من مجموعة أماكن حددتها الوكالة، بغرض مساعدة الوكالة على الخروج باستنتاجات بشأن خلو دولة غير حائزة لأسلحة نووية من أي مواد نووية غير معلنة أو أنشطة نووية غير معلنة.

(ح) المواد النووية تعني أي مادة مصدرية أو أي مادة انشطارية خاصة حسب التعريف الوارد في المادة العشرين من النظام الأساسي. ولا يفسَّر مصطلح المادة المصدرية على اعتبار أنه ينطبق على الخامات أو مخلفات الخامات. وأيّ قرار يتخذه المجلس بموجب المادة العشرين من النظام الأساسي للوكالة بعد بدء نفاذ هذا البروتوكول، بحيث يضيف مادة إلى المواد التي تُعتبَر مادة مصدرية أو مادة انشطارية خاصة، لا يسري بموجب هذا البروتوكول إلا عندما تقبله المملكة المتحدة.

(ط) المرفق يعني:

’1‘ مفاعلاً، أو مرفقاً حرجاً، أو مصـــنع تحويل، أو مصـــنع إنتاج، أو مصـــنعاً لإعادة معالجة، أو مصنعاً لفصل النظائر، أو منشأة خزن منفصلة؛

’2‘ أو أي مكان يشيع فيه استخدام مواد نووية بكميات تزيد عن كيلو جرام فعال.

**حُرِّر** في فيينا، في اليوم السابع من شهر حزيران/يونيه 2018، من نسختين باللغة الإنكليزية.

| | |
|---|---|
| عن المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وآيرلندا الشمالية | عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية |
| (توقيع) | (توقيع) |
| ديفيد هول<br>السفير | يوكيا أمانو<br>المدير العام |

## المرفق الأول

## قائمة الأنشطة المشار إليها في الفقرة الفرعية أ'3' من المادة 2 من البروتوكول

'1' تصنيع أنابيب الجزء الدَّوار من الطاردات المركزية أو تجميع الطاردات المركزية الغازية.

أنابيب الجزء الدَّوار من الطاردات المركزية تعني الاسطوانات الرقيقة الجدران الوارد وصفها في الفقرة الفرعية 5-1-1(ب) من المرفق الثاني.

الطاردات المركزية الغازية تعني الطاردات الوارد وصفها في الملحوظة التمهيدية بالفقرة الفرعية 5-1 من المرفق الثاني.

'2' تصنيع الحواجز الانتشارية.

الحواجز الانتشارية تعني المرشحات المسامية الرقيقة الوارد وصفها في الفقرة الفرعية 5-3-1(أ) من المرفق الثاني.

'3' تصنيع أو تجميع النظم المعتمدة على الليزر.

النظم المعتمدة على الليزر تعني النظم التي تشتمل على المفردات الوارد وصفها في الفقرة الفرعية 5-7 من المرفق الثاني.

'4' تصنيع أو تجميع أجهزة فصل النظائر الكهرمغنطيسية.

أجهزة فصل النظائر الكهرمغنطيسية تعني المفردات المشار إليها في الفقرة الفرعية 5-9-1 من المرفق الثاني والتي تحتوي على مصادر أيونية والتي ورد وصفها في الفقرة الفرعية 5-9-1(أ) من المرفق الثاني.

'5' تصنيع أو تجميع الأعمدة أو معدات الاستخراج.

الأعمدة أو معدات الاستخراج تعني المفردات الوارد وصفها في الفقرات الفرعية 5-6-1 و5-6-2 و5-6-3 و5-6-5 و5-6-6 و5-6-7 و5-6-8 من المرفق الثاني.

'6' تصنيع فوهات الفصل النفاثة أو أنابيب الفصل الدوامي.

فوهات الفصل النفاثة أو أنابيب الفصل الدوامي تعني فوهات الفصل النفاثة وأنابيب الفصل الدوامي الوارد وصفها في الفقرتين الفرعيتين 5-5-1 و5-5-2 من المرفق الثاني.

'7' تصنيع أو تجميع نظم توليد بلازما اليورانيوم.

نُظم توليد بلازما اليورانيوم تعني النظم القادرة على توليد بلازما اليورانيوم الوارد وصفها في الفقرة الفرعية 5-8-3 من المرفق الثاني.

'8' تصنيع أنابيب الزركونيوم.

أنابيب الزركونيوم تعني الأنابيب الوارد وصفها في الفقرة الفرعية 1-6 من المرفق الثاني.

'9' تصنيع أو تحسين الماء الثقيل أو الديوتريوم.

الماء الثقيل أو الديوتريوم يعني الديوتريوم والماء الثقيل (أكسيد الديوتريوم) وأيّ مركب ديوتريومي آخر تتجاوز فيه نسبة ذرات الديوتريوم إلى ذرات الهيدروجين 1 إلى 5000.

'10' تصنيع الجرافيت النووي الرتبة.

الجرافيت النووي الرتبة يعني الجرافيت الذي يكون مستوى نقائه أفضل من 5 أجزاء في المليون من مكافئ البورون والذي تكون كثافته أكبر من 1.50 جم/سم$^3$.

'11' تصنيع قوارير الوقود المشعع.

قارورة الوقود المشعع تعني وعاءً يُستخدَم في نقل و/أو خزن الوقود المشعع ويكفل له الوقاية الكيميائية والحرارية والإشعاعية ويبدد حرارة الاضمحلال أثناء عمليات المناولة والنقل والخزن.

'12' تصنيع قضبان التحكم في المفاعلات.

قضبان التحكم في المفاعلات تعني القضبان الوارد وصفها في الفقرة الفرعية 1-4 من المرفق الثاني.

'13' تصنيع الصهاريج والأوعية المأمونة ضد مخاطر الحرجية.

الصهاريج والأوعية المأمونة ضد مخاطر الحرجية تعني المفردات الوارد وصفها في الفقرتين الفرعيتين 3-2 و3-4 من المرفق الثاني.

'14' تصنيع آلات تقطيع عناصر الوقود المشعع.

آلات تقطيع عناصر الوقود المشعع تعني المعدات الوارد وصفها في الفقرة الفرعية 3-1 من المرفق الثاني.

'15' بناء الخلايا الساخنة.

الخلايا الساخنة تعني خلية أو خلايا مترابطة لا يقل حجمها الإجمالي عن 6 م$^3$، وتكون مزودة بتدريع يعادل أو يتجاوز ما يكافئ 0.5 م من الخرسانة، وتكون كثافتها 3.2 جم/سم$^3$ أو أكثر، وتكون مزودة بمعدات تصلح لعمليات التشغيل عن بُعد.

## المرفق الثاني

## قائمة الأنواع المحددة من المعدات والمواد غير النووية لأغراض التبليغ عن الصادرات والواردات وفقا للفقرة الفرعية أ'8' من المادة 2

**1- المفاعلات والمعدات اللازمة لها**

**1-1- المفاعلات النووية الكاملة**

هي مفاعلات نووية قادرة على العمل بحيث تحافظ على تفاعل متسلسل انشطاري محكوم ومتداوم، وذلك باستثناء مفاعلات الطاقة الصفرية التي هي حسب التعريف مفاعلات ذات معدل إنتاج تصميمي أقصى لا يتجاوز 100 غرام من البلوتونيوم سنوياً.

**ملحوظة إيضاحية**

يتضمَّن "المفاعل النووي" أساسًا المفردات الموجودة داخل وعاء المفاعل أو المتصلة به اتصالًا مباشرًا، والمعدات التي تتحكم في مستوى القدرة داخل قلب المفاعل، والمكوِّنات التي عادة ما تحتوي على المبرد الابتدائي لقلب المفاعل أو تتصل به اتصالا مباشرا أو تتحكم فيه.

ولا يُقصد استبعاد المفاعلات التي قد تكون لديها – على نحو معقول – قابلية التغير من أجل إنتاج كمية تزيد كثيراً على 100 غرام من البلوتونيوم سنوياً. ولا تندرج ضمن فئة "مفاعلات الطاقة الصفرية" المفاعلات المصممة لكي تعمل على نحو مستديم عند مستويات قدرة عالية، بغض النظر عن طاقتها الإنتاجية للبلوتونيوم.

**2-1- أوعية الضغط الخاصة بالمفاعلات**

هي أوعية معدنية، تكون على شكل وحدات كاملة أو على شكل أجزاء رئيسية منتجة داخل المصنع ومصممة أو معدة خصيصاً لاحتواء قلب المفاعل النووي، حسب تعريفه الوارد في الفقرة الفرعية 1-1 أعلاه، وتكون قادرة على تحمل الضغط التشغيلي للمبرد الابتدائي.

**ملحوظة إيضاحية**

يشمل البند 1-2 الألواح العلوية لأوعية ضغط المفاعلات باعتبار تلك الألواح أجزاءً رئيسية من أوعية الضغط منتجة داخل المصنع.

ويتولى مورّد المفاعل عادة توريد مكونات المفاعل الداخلية (مثل الأعمدة والألواح الارتكازية الخاصة بالقلب وغيرها من المكونات الداخلية للأوعية، وأنابيب توجيه قضبان التحكم، والدروع الحرارية، والعوارض، وألواح القلب الشبكية، وألواح الانتشار وغيرها). وفي بعض الحالات يتضمن صنع أوعية الضغط إنتاج بعض المكونات الحاملة الداخلية. وهذه الأصناف على قدر من الأهمية الحيوية بالنسبة لأمان وعولية تشغيل المفاعل (ومن ثم بالنسبة للضمانات التي يكفلها والمسؤولية التي يتحملها

مورد المفاعل)، وبالتالي ليس من الشائع توريدها خارج نطاق ترتيبات التوريد الأساسية الخاصة بالمفاعل نفسه. ولذا، على الرغم من أن التوريد المنفصل لهذه الأصناف المصممة والمعدة خصيصاً – وهي فريدة وكبيرة وباهظة التكلفة، وذات أهمية حيوية – لا يعتبر بالضرورة توريداً واقعاً خارج نطاق مجال الاهتمام، فإن هذا النمط من أنماط التوريد يعتبر غير مرجح.

**1-3- آلات تحميل وتفريغ وقود المفاعلات**

هي معدات المناولة المصممة أو المعدة خصيصاً لإدخال الوقود في المفاعل النووي حسب تعريفه الوارد في الفقرة الفرعية 1-1 أعلاه أو لإخراجه منه، وتكون قادرة على تحميل الوقود وتفريغه أثناء تشغيل المفاعل أو تستعمل أجهزة معقدة تقنياً تكفل ترتيب أو رص الوقود بما يتيح إجراء عمليات التحميل المعقدة أثناء إيقاف التشغيل مثل العمليات التي لا تتاح فيها عادة مراقبة الوقود أو معاينته مباشرة.

**1-4- قضبان التحكم في المفاعلات**

هي قضبان مصممة أو معدة خصيصاً للتحكم في معدل التفاعل داخل المفاعل النووي حسب تعريفه الوارد في الفقرة الفرعية 1-1 أعلاه.

**ملحوظة إيضاحية**

يتضمن هذا الصنف – علاوة على الجزء الخاص بامتصاص النيوترونات – الهياكل الارتكازية أو التعليقية اللازمة إذا تم توريدها بصورة منفصلة.

**1-5- أنابيب الضغط الخاصة بالمفاعلات**

هي أنابيب مصممة أو معدة خصيصاً لاحتواء عناصر الوقود والمبرد الابتدائي للمفاعل، حسب تعريفه الوارد في الفقرة الفرعية 1-1 أعلاه، عند ضغط تشغيل يتجاوز 5.1 ميجاباسكال (740 رطلاً/بوصة مربعة).

**1-6- أنابيب الزركونيوم**

هي أنابيب أو مجموعات أنابيب مصنوعة من فلز الزركونيوم وسبائكه بكميات تتجاوز 500 كيلو غرام يتلقاها أي بلد واحد خلال أي فترة مدتها 12 شهراً، وتكون مصممة أو معدَّة خصيصاً للاستخدام داخل المفاعل، حسب تعريفه الوارد في الفقرة الفرعية 1-1 أعلاه، وتقل فيها نسبة الهافنيوم إلى الزركونيوم عن 1 إلى 500 جزء من حيث الوزن.

**1-7- مضخات المبرِّد الابتدائي**

هي مضخات مصممة أو معدَّة خصيصاً لتمرير المبرِّد الابتدائي داخل المفاعل النووي حسب تعريفه الوارد في الفقرة الفرعية 1-1 أعلاه.

**ملحوظة إيضاحية**

يمكن أن تشتمل المضخات المصممة أو المعدَّة خصيصاً على نظم معقدة مغلفة بمانع تسرّب واحد أو أكثر لمنع تسرب المبرِّد الابتدائي، ومضخات محرّكة بموتور معلَّب، ومضخات ذات نظم كتلية بقصور ذاتي. ويشمل هذا التعريف المضخات المصدقة وفقاً للمعيار NC-1 أو المعايير المكافئة.

**2- المواد غير النووية اللازمة للمفاعلات**

**2-1- الديوتيريوم والماء الثقيل**

الديوتيريوم والماء الثقيل (أكسيد الديوتيريوم) وأي مركَّبات أخرى للديوتيريوم تزيد في أي منها نسبة ذرات الديوتيريوم إلى ذرات الهيدروجين على 1 إلى 5000، وذلك من أجل الاستخدام داخل المفاعل النووي حسب تعريفه الوارد في الفقرة الفرعية 1-1 أعلاه، بكميات تزيد على 200 كيلوغرام من ذرات الديوتيريوم، يتلقاها أي بلد خلال أي فترة مدتها 12 شهراً.

**2-2- الغرافيت الصالح للاستعمال في المفاعلات النووية**

هو الجرافيت الذي يكون مستوى نقائه أعلى من 5 أجزاء في المليون من المكافئ البوروني، وتكون كثافته أكبر من 1.50 جرام/سم$^3$، وذلك من أجل الاستخدام داخل المفاعل النووي حسب تعريفه الوارد في الفقرة الفرعية 1-1 أعلاه، بكميات تتجاوز 3 × 410 كيلوجرام (30 طناً متريا)، يتلقاها أي بلد، خلال أي فترة ممتدة إلى 12 شهراً.

**ملحوظة**

لأغراض التبليغ، تحدد الحكومة ما إذا كانت صادرات الجرافيت المستوفية للمواصفات المبينة أعلاه هي للاستخدام في مفاعلات نووية أم لا.

**3- محطات إعادة معالجة عناصر الوقود المشعّ والمعدات المصمَّمة أو المعدَّة خصيصاً لها**

**ملحوظة تمهيدية**

تؤدي إعادة معالجة الوقود النووي المشعع إلى فصل البلوتونيوم واليورانيوم عن النواتج الانشطارية الشديدة الإشعاع وغيرها من عناصر ما وراء اليورانيوم. ويمكن إجراء هذا الفصل بطرق تقنية مختلفة. إلا أن الطريقة Purex قد أصبحت على مر السنين أكثر هذه الطرق شيوعاً في الاستخدام وأوفرها حظاً من حيث القبول. وتنطوي هذه الطريقة على إذابة الوقود النووي المشعع في حمض النتريك، ثم فصل اليورانيوم والبلوتونيوم والنواتج الانشطارية عن طريق الاستخلاص بالمذيبات وذلك باستعمال مزيج من فوسفات ثلاثي البوتيل المخلوط بمخفِّف عضوي.

وتتشابه المرافق التي تستخدم الطريقة Purex فيما تؤديه من مهام تتضمن ما يلي: تقطيع عناصر الوقود المشعع، واذابة الوقود، والاستخلاص بالمذيبات، وخزن المحلول الناتج عن المعالجة. ويمكن أن تكون هناك أيضاً معدات لنزع النيترات من نيترات اليورانيوم، حرارياً، وتحويل نيترات البلوتونيوم إلى أكاسيد أو فلزات، ومعالجة محاليل نفايات النواتج الانشطارية لتحويلها إلى شكل يصلح للخزن الطويل

الأجل أو التخلص النهائي. إلا أن الأنواع المحددة للمعدات التي تؤدي تلك المهام، وأشكالها الهندسية، قد تتفاوت فيما بين المرافق التي تستخدم الطريقة Purex، وذلك لعدة أسباب منها نوع وكمية الوقود النووي المشعع اللازم إعادة معالجته، وأوجُه الاستعمال المزمعة للمواد المستخلصة، ومبادئ الأمان والصيانة المتوخاة عند تصميم تلك المرافق.

وتشمل عبارة "مصنع لإعادة معالجة عناصر الوقود المشعع" المعدات والمكونات التي تتصل عادة اتصالاً مباشراً بالوقود المشعع وتُستخدم في التحكم المباشر فيه، وكذلك أهم ما يحدث أثناء المعالجة من تدفقات للمواد النووية والنواتج الانشطارية.

ويمكن تحديد هذه العمليات، بما فيها النظم الكاملة المتعلقة بتحويل البلوتونيوم وإنتاج فلز البلوتونيوم، بواسطة التدابير التي تُتخذ لتجنب الحرجية (بفضل الشكل الهندسي مثلًا) والتعرض للاشعاعات (بفضل التدريع مثلًا) ومخاطر التسمم (بفضل الاحتواء مثلًا).

ويرد فيما يلي سرد لمفردات المعدات التي تُعتبر مندرجة ضمن المعنى المقصود بعبارة "المعدات المصممة أو المعدَّة خصيصاً لإعادة معالجة عناصر الوقود المشعع:

### 3-1- آلات تقطيع عناصر الوقود المشعع

**ملحوظة تمهيدية**

تقوم هذه الآلات بشق غلاف الوقود من أجل تعريض المادة النووية المشعّعة للإذابة. والأشيع جداً استعمالُ مقارض مصممة خصيصاً لتقطيع الفلزات، وإن كان من الجائز أيضاً استعمال معدات متقدمة مثل أجهزة الليزر.

معدات يجري تشغيلها عن بُعد، وتكون مصممة أو معدَّة خصيصاً لاستخدامها في محطات إعادة المعالجة بمعناها المحدد أعلاه، ويكون الغرض منها تقطيع أو فرم أو جزّ مجمعات الوقود النووي المشعّع أو حِزم هذا الوقود أو قضبانه.

### 3-2- أوعية الإذابة

**ملحوظة تمهيدية**

تتلقى أوعية الإذابة، عادة، أجزاء الوقود المستهلك المقطعة. وفي هذه الأوعية المأمونة ضد مخاطر الحرجية، تُذاب المواد النووية المشعّعة في حمض النتريك فلا تبقى منها إلا الأغلفة التي تُسحب من خطوط العمليات.

صهاريج مأمونة ضد مخاطر الحرجية (كأن تكون صهاريج ذات أقطار صغيرة أو صهاريج حلقية أو مسطحة)، ومصمَّمة أو معدَّة خصيصًا لاستخدامها في محطات إعادة المعالجة بمعناها المحدد أعلاه، وغرضها إذابة الوقود النووي المشعع، وهي قادرة على مقاومة السوائل الساخنة الأكّالة جدًا، ويمكن تحميلها وصيانتها عن بُعد.

### 3-3- أجهزة ومعدات الاستخلاص بالإذابة

**ملحوظة تمهيدية**

تتلقى أجهزة الاستخلاص بالإذابة كلاً من محلول الوقود المشعّ الوارد من أوعية الإذابة والمحلول العضوي الذي يفصل اليورانيوم، والبلوتونيوم، والنواتج الانشطارية. وعادة ما تُصمم معدات الاستخلاص بالإذابة بحيث تفي ببارامترات تشغيلية صارمة مثل امتداد عمرها التشغيلي دون حاجتها إلى متطلبات صيانة معيَّنة، أو سهولة إحلالها، وبساطة تشغيلها والتحكم فيها، ومرونتها إزاء تغيرات ظروف المعالجة.

أجهزة استخلاص بالمذيبات مصممة أو معدَّة خصيصاً مثل الأعمدة المبطنة أو النبضية، أو خلاطات التصفية أو الطاردات المركزية التلامسية لتستخدم في مصانع إعادة معالجة الوقود المشعّ. ويجب أن تكون أجهزة الاستخلاص بالإذابة ذات قدرة عالية على مقاومة التأثير الأكّال لحمض النتريك. وهي تُصنع عادة بناءً على مواصفات بالغة الصرامة (بما في ذلك تقنيات اللحام الخاصة، وتقنيات الفحص وتوكيد الجودة ومراقبة الجودة) من الفولاذ غير القابل للصدأ المحتوي على نسبة منخفضة من الكربون، أو من التيتانيوم أو الزركونيوم أو غير ذلك من المواد العالية الجودة.

### 3-4- أوعية تجميع أو خزن المحاليل الكيميائية

**ملحوظة تمهيدية**

تفضي مرحلة الاستخلاص بالإذابة إلى تدفق ثلاثة سوائل رئيسية ناتجة عن المعالجة. وللمضي في معالجة تلك السوائل الثلاثة تُستخدم أوعية التجميع أو الخزن على النحو التالي:

(أ) يُركَّز بالتبخير محلولُ نيترات اليورانيوم النقي ويخضع لعملية نزع ما به من نيترات فيتحوَّل إلى أكسيد يورانيوم. ويُعاد استخدام هذا الأكسيد في دورة الوقود النووي.

(ب) يُركَّز بالتبخير، عادة، محلولُ النواتج الانشطارية الشديدة الإشعاع، ويخزَّن كمركَّز سائل. ويمكن بعد ذلك تبخير هذا المركَّز وتحويله إلى شكل مناسب للخزن أو التخلص النهائي.

(ج) يُركَّز محلول نيترات البلوتونيوم النقي ويخزَّن لحين انتقاله إلى مراحل المعالجة اللاحقة. وبصفة خاصة، تصمَّم أوعية تجميع أو خزن محاليل البلوتونيوم بحيث يتم تجنب مشاكل الحرجية الناجمة عن حدوث تغيرات في درجة تركيز وشكل السائل المتدفق.

أوعية تجميع أو خزن مصممة أو معدَّة خصيصاً لاستخدامها في محطات إعادة معالجة الوقود المشعّ. ويجب أن تكون هذه الأوعية ذات قدرة عالية على مقاومة التأثير الأكّال لحمض النتريك. وهي تُصنَّع عادة من مواد معينة مثل الفولاذ غير القابل للصدأ المحتوي على نسبة منخفضة من الكربون، أو من التيتانيوم أو الزركونيوم أو غير ذلك من المواد العالية الجودة. ويمكن تصميمها بطريقة تسمح بتشغيلها وصيانتها عن بُعد، كما يمكن أن تتسم بالخصائص التالية للتحكم في الحرجية النووية:

(1) جدران أو هياكل داخلية ذات مكافئ بورون لا يقلُّ عن 2 في المائة،

(2) أو قُطر لا يتجاوز 175 مم (7 بوصات) بالنسبة للأوعية الأسطوانية،

(3) أو عرض لا يتجاوز 75 مم (3 بوصات) بالنسبة للأوعية المسطحة أو الحلقية.

**3-5- نظام تحويل نترات البلوتونيوم إلى أكسيد البلوتونيوم**

**ملحوظة تمهيدية**

في معظم مرافق إعادة المعالجة تنطوي هذه العملية النهائية على تحويل محلول نترات البلوتونيوم إلى ثاني أكسيد البلوتونيوم. وأهم المهام الداخلة في هذه العملية هي: خزن وضبط لقيم العملية، والترسيب وفصل السوائل عن الأجسام الصلبة، والتكليس، ومناولة النواتج، والتهوية، وتصريف النفايات، ومراقبة العمليات.

هي نظم كاملة مصممة أو معدة خصيصاً لتحويل نترات البلوتونيوم إلى أكسيد البلوتونيوم، وهي مطوعة بصفة خاصة لتجنب آثار الحرجية والإشعاعات ولتقليل مخاطر التسمم بقدر الإمكان.

**3-6- نظم إنتاج فلز البلوتونيوم من أكسيد البلوتونيوم**

**ملحوظة تمهيدية**

تنطوي هذه العملية، التي يمكن أن ترتبط بمرافق إعادة المعالجة، على فلورة ثاني أكسيد البلوتونيوم – عادة بواسطة فلوريد هيدروجين أكّال جداً – من أجل إنتاج فلوريد البلوتونيوم الذي يختزل بعد ذلك باستخدام فلز كالسيوم شديد النقاء من أجل إنتاج بلوتونيوم فلزي وخبث فلوريد الكالسيوم. وأهم المهام الداخلة في هذه العملية هي: الفلورة (باستخدام معدات مصنوعة من فلز نفيس أو مبطَّنة بفلز نفيس، على سبيل المثال)، واختزال الفلز (باستخدام بواتق خزفية مثلاً)، واستخلاص الخبث، ومناولة النواتج، والتهوية، والتصرف في النفايات، ومراقبة العمليات.

هي نظم كاملة مصممة أو معدة خصيصاً من أجل إنتاج فلز البلوتونيوم، وهي مطوعة بصفة خاصة لتجنب آثار الحرجية والإشعاعات ولتقليل مخاطر التسمم بقدر الإمكان.

**4- مصانع إنتاج عناصر الوقود**

تشمل عبارة "مصانع إنتاج عناصر الوقود" المعدات:

(أ) التي عادة ما تتصل اتصالاً مباشراً بتدفق إنتاج المواد النووية أو التي تعالج هذا التدفق معالجة مباشرة أو تكفل تنظيمه،

(ب) أو التي تختم المواد النووية داخل الكسوة.

## 5- مصانع فصل نظائر اليورانيوم والمعدات المصممة أو المعدَّة خصيصاً لها، بخلاف الأجهزة التحليلية

ويرد فيما يلي سرد لمفردات المعدات التي تُعتبر مندرجة ضمن المعنى المقصود بعبارة "المعدات، بخلاف الأجهزة التحليلية، المصممة أو المعدَّة خصيصاً" لفصل نظائر اليورانيوم:

### 5-1- الطاردات المركزية الغازية، والمجمعات والمكونات المصممة أو المعدَّة خصيصاً للاستخدام في الطاردات المركزية الغازية

**ملحوظة تمهيدية**

تتألف الطاردة المركزية الغازية عادة من أسطوانة واحدة (أو أكثر) رقيقة الجدران يتراوح قطرها بين 75 مم (3 بوصات) و400 مم (16 بوصة) موجودة داخل حيز مفرغ من الهواء وتدور بسرعة محيطية عالية تبلغ نحو 300 متر في الثانية أو أكثر مع بقاء محورها المركزي في الوضع الرأسي. ولبلوغ سرعة عالية يجب أن تكون نسبة المقاومة إلى الكثافة عالية في المواد الإنشائية للمكونات الدوارة، ويجب أن تكون مجمعة الجزء الدوار – ومن ثم مكوناتها المفردة – مصنوعة بدقة شديدة جداً من أجل تقليل الاختلال بقدر الإمكان. وبخلاف بعض الطاردات المركزية الأخرى، تتميز الطاردة المركزية الغازية المستخدمة في إثراء اليورانيوم بوجود عارضة دوارة – واحدة أو أكثر – قرصية الشكل داخل غرفة الجزء الدوار؛ ووجود مجموعة أنابيب ثابتة تُستخدم في إدخال واستخراج غاز سادس فلوريد اليورانيوم وتتألف من ثلاث قنوات منفصلة على الأقل، منها قناتان متصلتان بتجاويف تمتد من محور الجزء الدوار حتى محيط غرفة الجزء الدوار. ويوجد أيضاً داخل الحيّز المفرغ من الهواء عدد من المفردات الحرجة وغير الدوَّارة التي ليس من الصعب تصنيعها، على الرغم من أنها مصمَّمة خصيصًا لهذا الغرض، مثلما لا يحتاج تصنيعها إلى مواد فريدة من نوعها. إلا أن أي مرفق للطرد المركزي يحتاج إلى عدد ضخم من هذه المكونات، بحيث يمكن أن توفر كمياتها مؤشراً هاماً يدل على غرض الاستخدام النهائي.

#### 5-1-1- المكونات الدوارة

(أ) مجمَّعات الجزء الدوار الكاملة:

أسطوانات رقيقة الجدران، أو عدة أسطوانات رقيقة الجدران مترابطة فيما بينها، مصنوعة من مادة واحدة أو عدد من المواد التي تتميز بارتفاع نسبة صلابتها إلى كثافتها والتي يرد وصفها في الملحوظة الإيضاحية الخاصة بهذا القسم. وإذا كانت الأسطوانات مترابطة فإنها تُوصَّل فيما بينها بواسطة المنافخ أو الحلقات المرنة التي يرد وصفها في القسم التالي 5-1-1(ج). ويجهَّز الجزء الدوار بعارضة داخلية واحدة أو أكثر وبسدادات طرفية، حسب الوصف الوارد في القسمين التاليين 5-1-1(د) و (هـ)، وذلك إذا كان هذا الجزء معداً في صورته النهائية. ومع ذلك لا يمكن توريد المجمَّعة الكاملة إلا على شكل أجزاء مركَّبة كل على حدة.

(ب) أنابيب الجزء الدوار:

هي أسطوانات رقيقة الجدران، مصممة أو معدَّة خصيصاً، بسمك لا يتجاوز 12 مم (0.5 بوصة) وبقطر يتراوح بين 75 مم (3 بوصات) و400 مم (16 بوصة)، وتصنَّع من احدى المواد التي تتميز بارتفاع نسبة صلابتها إلى كثافتها والتي يرد وصفها في الملحوظة الإيضاحية الخاصة بهذا الجزء.

(ج) الحلقات أو المنافخ:

مكونات مصمَّمة أو معدَّة خصيصًا لتوفير ساندة موضعية لأنبوب الجزء الدوار أو لوصل عدد من أنابيب الجزء الدوار فيما بينها. والمنفاخ عبارة عن أسطوانة قصيرة لا يتجاوز سمك جدارها 3 مم (0.12 بوصة)، ويتراوح قطرها بين 75 مم (3 بوصات) و400 مم (16 بوصة)، وهي مزودة بلولب. وتصنَّع هذه المنافخ من إحدى المواد التي تتميز بارتفاع نسبة صلابتها إلى كثافتها والتي يرد وصفها في **الملحوظة الإيضاحية** الخاصة بهذا الجزء.

(د) العوارض:

هي مكونات قرصية الشكل، يتراوح قطرها بين 75 مم (3 بوصات) و400 مم (16 بوصة)، مصممة أو معدَّة خصيصاً لتركيبها داخل الأنبوبة الدوارة في الطاردة المركزية من أجل عزل غرفة الإقلاع عن غرفة الفصل الرئيسية، وفي بعض الحالات يكون الغرض منها مساعدة دورة غاز سادس فلوريد اليورانيوم داخل غرفة الفصل الرئيسية في الأنبوبة الدوارة. وتصنَّع من إحدى المواد التي تتميز بارتفاع نسبة صلابتها إلى كثافتها، والتي يرد وصفها في الملحوظة الإيضاحية الخاصة بهذا الجزء.

(هـ) السدادات العلوية/السدادات السفلية:

هي مكونات قرصية الشكل، يتراوح قطرها بين 75 مم (3 بوصات) و400 مم (16 بوصة)، مصممة أو معدَّة خصيصاً لكي تنطبق على طرفي الأنبوبة الدوارة، ويكون الغرض منها في بعض الحالات أن تدعم أو تحفظ أو تحتوي، كجزء متكامل، عنصراً من المحمل الأعلى (السدادة العلوية) أو أن تحمل العناصر الدوارة للمحرك والمحمل الأسفل (السدادة السفلية). وتُصنَّع من احدى المواد التي تتميز بارتفاع نسبة صلابتها إلى كثافتها، ويرد وصفها في الملحوظة الإيضاحية الخاصة بهذا الجزء.

**ملحوظة إيضاحية**

المواد المستخدمة في المكونات الدوارة للطاردة المركزية هي:

(أ) فولاذ تقوية Maraging يتسم بمقاومةِ شدٍّ قصوى لا تقلّ عن $2.05 \times 10^9$ نيوتن/متر مربع (300,000 رطل/بوصة مربعة)؛

(ب) أو سبائك ألومنيوم تتسم بمقاومة شدٍّ قصوى لا تقل عن $0.46 \times 10^9$ نيوتن/متر مربع (67,000 رطل/بوصة مربعة)؛

(ج) مواد خيطية مناسبة لاستخدامها في هياكل مركَّبة، بمعامل نوعي لا يقل عن $12.3 \times 10^6$ متر، ومقاومة شد قصوى نوعية لا تقل عن $0.3 \times 10^6$ متر ('المعامل النوعي' هو حاصل

قسمة معامل يونغ (نيوتن/متر مربع) على الوزن النوعي (نيوتن/متر مكعب)؛ في حين أن 'مقاومة الشد القصوى النوعية' هي حاصل قسمة مقاومة الشد القصوى (نيوتن/متر مربع) على الوزن النوعي (نيوتن/متر مكعب)).

**5-1-2- المكونات الساكنة**

(أ) محامل التعليق المغنطيسي:

مجمعات محمليّة مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً ومكونة من قطعة مغنطيسية حلقية مُعلَّقة داخل وعاء يحتوي على وسيط مخمِّد. ويُصنَّع الوعاء من مادة قادرة على مقاومة سادس فلوريد اليورانيوم (انظر **الملحوظة الإيضاحية** للقسم 5-2). وتقترن القطعة المغنطيسية بقطعة قطبية أو بمغنطيس ثانٍ مُركَّب على السدادة العلوية المذكورة في القسم 5-1-1(هـ). ويمكن أن تكون القطعة المغنطيسية على شكل حلقة لا تزيد نسبة قطرها الخارجي إلى قطرها الداخلي على 1.6 :1. كما يجوز أن يكون المغنطيس على شكل يتميز بنفاذية أولية لا تقل عن 0.15 هنري/متر (120.000 بنظام الوحدات المترية المطلق)، أو بمغنطيسية متبقية بنسبة لا تقل عن 98.5%، أو ناتج طاقة يزيد على 80 كيلوجول/متر مكعب ($10^7$ غاوس-أورستد). وبالإضافة إلى الخواص المادية العادية، يُشترَط أن يكون انحراف المحاور المغنطيسية عن المحاور الهندسية محدوداً بحدود تسامحية صغيرة جداً (أقل من 0.1 مم أو 0.004 بوصة)، أو يُشترَط بصورة خاصة أن تكون مادة المغنطيس متجانسة.

(ب) محامل/مخمِّدات

محامل مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً ومكونة من مجمعةِ محورٍ/فنجانٍ مُركَّبة على مُخمِّد. ويكون المحور عادة عبارة عن عمود دوار فولاذي مقوى على شكل نصف كروي في إحدى نهايتيه ومزود بوسيلة لإلحاقه بالسدادة السفلية المذكورة في الجزء 5-1-1(هـ) في نهايته الأخرى. ولكن يجوز أن يكون العمود الدوار مزوداً بمحمل هيدروديناميي ملحق به. ويكون الفنجان على شكل كُريّة بثُلمة نصف كروية في سطحه. وكثيراً ما يتم الإمداد بهذه المكونات بصورة منفصلة عن المخمّد.

(ج) المضخات الجزيئية:

أسطوانات مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً بأخاديد لولبية داخلية مفروزة بالمخرطة أو مبثوقة، وبثقوب داخلية مصنوعة على المخرطة. وتكون أبعادها النموذجية كما يلي: القطر الداخلي يتراوح بين 75 مم (3 بوصات) و 400 مم (16 بوصة)، ولا يقلّ سمك الجدار عن 10 مم (0.4 بوصة)، ولا يقلّ الطول عن القطر. كما يكون الشكل المقطعي للأخاديد مستطيلاً، ولا يقل عمقها عن 2 مم (0.08 بوصة).

(د) أجزاء المحرك الساكنة:

هي أجزاء ساكنة حلقية الشكل مصممة أو معدة خصيصاً لمحركات سريعة ببطائية مغنطيسية (أو ممانعة مغنطيسية) وتيار متناوب متعدد الأطوار من أجل عملية تزامنية داخل فراغ في نطاق تردد 600 - 2000 هرتز وفي نطاق قدرة 50 - 1000 فولط أمبير. وتتكون الأجزاء الساكنة من لفيفات متعددة الأطوار حول قلب حديدي رقائقي منخفض الفقد مكوَّن من طبقات رقيقة لا يزيد سمكها على مليمترين (0.08 بوصة).

(هـ) أغلفة/أوعية الطاردات المركزية:

مكونات مصـــمَّمة أو معدَّة خصـــيصـــاً لاحتواء مجمعة الأنابيب الدوارة في الطاردة المركزية الغازية. ويتكون الوعاء من اسـطوانة صـلبة يصـل سـمك جدارها إلى 30 مم (1.2 بوصـة)، مزودة بنهايات مضـبوطة آلياً لوضـع المحامل، ومزودة بشـفة واحدة أو أكثر لتركيب هذه المحامل. ويكون الطرفان المفروزان بالمخرطة متوازيين فيما بينهما ومتعامدين مع المحور الطولي للأســطوانة بما لا يزيد عن 0.05 درجة. كما يجوز أن يكون هيكل الغلاف على شكل خلايا النحل بحيث يتسع لعدة أنبوبات دوارة. وتُصـــنع الأوعية من مواد قادرة على مقاومة التآكل بســـادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بهذه المواد لحمايتها.

(و) المغرفات:

هي أنابيب يصل قطرها الداخلي إلى 12 مم (0.5 بوصة)، مصممة أو معدَّة خصيصاً لاستخلاص غاز سـادس فلوريد اليورانيوم من داخل الأنبوبة الدوارة بواسـطة الحركة المحورية للأنبوبة (أي أنها مزودة بفتحة مواجهة للتدفق المحيطي للغاز داخل الأنبوبة الدوارة، عن طريق حني طرف الأنبوب الميال إلى نصف القطر على سبيل المثال) ولديها قابلية لتثبيتها في النظام المركزي لاستخلاص الغازات. وتُصنع الأنابيب من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم، أو تُطلى بطبقة من هذه المواد.

## 5-2- النظم والمعدات والمكونات الإضـافية المصـممة أو المعدة خصـيصـاً للاسـتخدام في محطات الإثراء بالطرد المركزي الغازي

**ملحوظة تمهيدية**

النُّظم والمعدات والمكونات الإضافية المعدَّة للاستخدام في محطات الإثراء بالطرد المركزي الغازي هي نُظم المحطات المطلوبة لتلقيم سـادس فلوريد اليورانيوم داخل الطاردات المركزية، وتوصـيل الطاردات المركزية فيما بينها لتكوين سـلاسـل تعاقبية (أو مراحل) للتمكن من بلوغ معدلات إثراء أعلى بصـورة مطردة واسـتخراج 'نواتج' سـادس فلوريد اليورانيوم و'نفاياته' من الطاردات المركزية، بالإضـافة إلى المعدات المطلوبة لتشغيل الطاردات المركزية أو التحكم في المحطة.

ويتم عادة تبخير سادس فلوريد اليورانيوم من حالته الصلبة باستخدام مُحَمِّيات مسخنة، ويجري توزيعه بشـكله الغازي على الطاردات المركزية عن طريق أنابيب توصـيل تعاقبية. كما أن 'نواتج' و'نفايات' ســادس فلوريد اليورانيوم المتدفقة على هيئة تيارات غازية من الطاردات المركزية يتم تمريرها عن طريق أنابيب توصيل تعاقبية الى مصائد باردة تعمل بدرجة حرارة 203 كيلفن (70 درجة مئوية تحت الصـفر)، حيث يجري تكثيفها قبل الاسـتمرار في نقلها الى حاويات مناسـبة لترحيلها أو خزنها. ونظراً لأن محطة الإثراء تتكون من آلاف الطاردات المركزية المرتبة بطريقة تعاقبية، فإن طول الأنابيب يبلغ عدة كيلومترات تشمل آلاف اللحامات وعدداً كبيراً من الأنساق التصميمية المتكررة. وتُصنَّع المعدات والمكونات ونظم الأنابيب بمستويات عالية جداً من حيث التفريغ والنظافة.

### 5-2-1- نظم التلقيم/نظم سحب النواتج والمخلفات

هي نظم معالجة مصممة أو معدَّة خصيصاً، تشتمل على ما يلي:

مُحمِّمات (أو محطات) تغذية، تُستخدم في تمرير سادس فلوريد اليورانيوم الى سلسلة الطاردات المركزية التعاقبية بضغط يصل الى 100 كيلو باسكال (أو 15 رطلاً/بوصة مربعة)، وبمعدل لا يقلّ عن 1 كيلوغرام/ساعة؛

مُحوِّلات من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة (أو مصائد باردة) تُستخدم لسحب سادس فلوريد اليورانيوم من السلسلة التعاقبية بضغط يصل إلى 3 كيلوباسكال أو (0.5 رطل/بوصة مربعة). وتكون المحولات قابلة للتبريد إلى 203 درجة كيلفن (70 درجة مئوية تحت الصفر)، كما تكون قابلة للتسخين إلى 343 درجة كيلفن (70 درجة مئوية)؛

محطات 'نواتج' و'نفايات' تُستخدم لحبس سادس فلوريد اليورانيوم في حاويات.

وهذا المصنع، والمعدات والأنابيب، تُصنع كلها من مواد قادرة على مقاومة سادس فلوريد اليورانيوم أو تكون مبطَّنة بمثل هذه المواد (انظر الملحوظة الإيضاحية الخاصة بهذا الجزء)، كما تُصنَّع بمستويات عالية جداً من حيث الفراغ والنظافة.

**5-2-2- نظم أنابيب التوصيل الآلية**

هي نظم أنابيب ونظم توصيل مصممة أو معدَّة خصيصاً لمناولة سادس فلوريد اليورانيوم داخل سلاسل الطاردات المركزية التعاقبية. وتكون شبكة الأنابيب عادة من نوع نظام التوصيل 'الثلاثي'، حيث تكون كل طاردة مركزية موصَّلة بكل من الموصِّلات. وبالتالي تكون هناك كمية كبيرة من الأشكال المتكررة في الشبكة. وتُصنع كلها من مواد قادرة على مقاومة سادس فلوريد اليورانيوم (انظر **الملحوظة الإيضاحية** الخاصة بهذا الجزء)، كما تُصنَّع بمستويات عالية جداً من حيث التفريغ والنظافة.

**5-2-3- المطيافات الكتلية لسادس فلوريد اليورانيوم ومصادر أيوناته**

هي مطيافات كتلية مغنطيسية أو رباعية الأقطاب مصممة أو معدَّة خصيصاً، قادرة على أخذ عينات 'مباشرة' من مواد التلقيم أو 'النواتج' أو 'المخلفات' من المجاري الغازية لسادس فلوريد اليورانيوم. وتتميز بالخصائص التالية كلها:

1- دقة تبيان وحدة قياس الكتلة الذرية تزيد على 320؛

2- مصادر أيونية ذات هياكل أو بطانات مصنوعة من النيكروم أو المونل أو مطلية بالنيكل؛

3- مصادر تأيين بالرجم الإلكتروني؛

4- لها نظام تجميع مناسب للتحليل النظيري.

**5-2-4- مُغيِّرات التردد**

هي مُغيِّرات تردد (تُعرَف أيضاً بالمحولات أو المقومات العكسية) مصممة أو معدَّة خصيصاً من أجل أجزاء المحرك الثابتة المُعرَّفة في 5-1-2(د)، أو أجزاء أو مكونات أو مجمعات فرعية لمثل هذه المُغيِّرات، وتتميز بالخصائص التالية كلها:

1- نتاج متعدد الأطوار بذبذبة تتراوح بين 600 و2000 هرتز؛

2- واستقرار عالٍ (مع قدرة على التحكم في الذبذبة بنسبة أفضل من 0.1٪)؛

3- وتشوه توافقي منخفض (أقل من 2٪)؛

4- وكفاءة بنسبة أعلى من 80٪.

**ملحوظة إيضاحية**

البنود المذكورة أعلاه إما أنها تتصل اتصالاً مباشراً بغاز سادس فلوريد اليورانيوم المستخدم في المعالجة أو أنها تتحكم تحكماً مباشراً في الطاردات المركزية وفي مرور الغاز من طاردة مركزية إلى أخرى ومن سلسلة تعاقبية إلى أخرى.

والمواد القادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم تشمل الفولاذ غير القابل للصدأ، أو الألومينيوم، أو سبائك الألومنيوم، أو النيكل، أو السبائك التي تحتوي على نسبة من النيكل لا تقل عن 60٪.

**5-3- المجمعات والمكونات المصممة أو المعدَّة خصيصاً للاستخدام في الإثراء بالانتشار الغازي**

**ملحوظة تمهيدية**

المجمعة التكنولوجية الرئيسية في أسلوب الانتشار الغازي للفصل النظيري لليورانيوم هي عبارة عن حاجز مسامي خاص للانتشار الغازي، ومبادل حراري لتبريد الغاز (يتم تسخينه عن طريق عملية الضغط)، وصمامات ختم وصمامات تحكم وأنابيب. وبقدر ما تستخدم تكنولوجيا الانتشار الغازي سادس فلوريد اليورانيوم، فإن جميع أسطح المعدات والأنابيب والأجهزة (الملامسة للغاز) يجب أن تُصنع من مواد لا تتأثر بملامسة سادس فلوريد اليورانيوم. ويتطلب مرفق الانتشار الغازي عدداً من هذه المجمعات بحيث يمكن للكميات أن توفر مؤشراً هاماً للاستعمال النهائي.

**5-3-1- حواجز الانتشار الغازي**

(أ) مرشِّحات مسامية رقيقة، مصممة أو معدَّة خصيصاً، بحيث يتراوح القطر المسامي بين 100 و1.000 أنغستروم، ولا يزيد سمك المُرشِّح على 5 مم (0.2 بوصة)، ولا يزيد قطر الأشكال الأنبوبية على 25 مم (بوصة واحدة)، وتُصنع من مواد معدنية أو متبلمرة أو خزفية قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم،

(ب) مُركَّبات أو مساحيق معدَّة خصيصاً لصنع مثل هذه المُرشِّحات. وتشمل هذه المُركَّبات والمساحيق النيكل أو سبائكه المحتوية على نسبة منه لا تقل عن 60%، أو أكسيد الألومينيوم، أو البوليمرات الهيدروكربونية المفلورة فلورة كاملة، التي لا تقل نسبة نقائها عن 99.9%، ويقل حجم جزيئاتها عن 10 ميكرونات، وتتميز بدرجة تجانس عالية من حيث حجم الجزيئات، وتكون معدَّة خصيصاً لصنع حواجز الانتشار الغازي.

### 5-3-2- أوعية الانتشار

هي أوعية اسطوانية محكمة الختام مصممة أو معدَّة خصيصاً، يزيد قطرها على 300 مم (12 بوصة) ويزيد طولها على 900 مم (35 بوصة)، أو أوعية مستطيلة بأبعاد مماثلة، بتوصيلات مداخل وتوصيلات مخارج يزيد قطر كل منها على 50 مم (بوصتين)، وذلك لاحتواء حاجز الانتشار الغازي. وتُصنع من مواد قادرة على مقاومة سادس فلوريد اليورانيوم أو تكون مُبطَّنة بمثل هذه المواد، وتكون مصمَّمة لتركيبها أفقياً أو رأسياً.

### 5-3-3- الضاغطات ونفاخات الغاز

هي ضاغطات محورية أو نابذة بالطرد المركزي أو إزاحية إيجابية، أو نفاخات غاز بقدرة امتصاص لسادس فلوريد اليورانيوم لا تقل عن 1 متر مكعب/دقيقة، وبضغط تصريف يصل إلى عدة مئات كيلوباسكال (100 رطل/بوصة مربعة)، مصممة للتشغيل الطويل الأجل في بيئة سادس فلوريد اليورانيوم بمحرك كهربائي بقوة مناسبة أو بدونه، بالإضافة إلى مجمعات منفصلة من مثل هذه الضاغطات ونفاخات الغاز. كما أن نسبة ضغط هذه الضاغطات ونفاخات الغاز تتراوح بين 1:2 و1:6، وتصنع من مواد قادرة على مقاومة سادس فلوريد اليورانيوم أو تكون مبطنة بمثل هذه المواد.

### 5-3-4- سدادات العمود الدوار

هي سدادات مفرغة مصممة أو معدة خصيصاً، بتوصيلات تغذية وتوصيلات تصريف للسدادات، من أجل إغلاق العمود الذي يوصل الأعمدة الدوارة للضاغطات أو نفاخات الغاز بمحركات التشغيل لضمان عولية السدادات لمنع تسرب الهواء إلى داخل الغرفة الداخلية للضاغط أو نفاخة الغاز، المليئة بسادس فلوريد اليورانيوم. وتصمَّم مثل هذه الأختام عادة بحيث لا يتجاوز معدل تسرب الغاز إلى الداخل 1000 سنتيمتر مكعب/دقيقة (60 بوصة مكعبة/دقيقة).

### 5-3-5- مبادلات الحرارة لتبريد سادس فلوريد اليورانيوم

هي مبادلات حرارة مصممة أو معدَّة خصيصاً، مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة سادس فلوريد اليورانيوم أو مبطنة بمثل هذه المواد (باستثناء الفولاذ غير القابل للصدأ) أو مبطنة بالنحاس أو أي توليفة من هذه الفلزات، من أجل تغير الضغط التسربي بمعدل يقل عن 10 باسكال (0.0015 رطل/بوصة مربعة) في الساعة حيث يكون فرق الضغط 100 كيلوباسكال (15 رطلاً/بوصة مربعة).

## 5-4- النظم والمعدات والمكونات الإضافية المصممة أو المعدة خصيصاً للاستخدام في الإثراء بالانتشار الغازي

### ملحوظة تمهيدية

النُّظم والمعدات والمكونات الإضافية المعدَّة للاستخدام في محطات الإثراء بالانتشار الغازي هي نُظم المحطات المطلوبة لتلقيم سادس فلوريد اليورانيوم في مجمَّعة الانتشار الغازي، وتوصيل المجمَّعات فيما بينها لتكوين سلاسل تعاقبية (أو مراحل) للتمكن من بلوغ معدلات إثراء أعلى بصورة مطردة واستخراج "نواتج" و"نفايات" سادس فلوريد اليورانيوم من مجمَّعات الانتشار التعاقبية. ونظراً لخواص القصور

الذاتي العالية لمجمَّعات الانتشار التعاقبية، فإن أي انقطاع في تشغيلها، ولا سيما وقف تشغيلها، يؤدي إلى عواقب خطيرة. ولذا فمن المهم أن تتم في أي محطة للانتشار الغازي المحافظة بشكل صارم وبصورة دائمة على التفريغ التام في جميع النظم التكنولوجية، وضمان الحماية الآلية من الحوادث، وتنظيم تدفق الغاز بطريقة مؤتمتة دقيقة. ويؤدي هذا كله إلى الحاجة إلى تجهيز المحطة بعدد كبير من نظم خاصة للقياس والتنظيم والمراقبة.

ويتمُّ عادة تبخير سادس فلوريد اليورانيوم من أسطوانات موضوعة داخل محمِّيات، ويجري توزيعه بشكله الغازي إلى نقطة الدخول عن طريق أنابيب توصيل تعاقبية. أما "نواتج" و"نفايات" سادس فلوريد اليورانيوم المتدفقة على هيئة تيارات غازية من نقاط الخروج فيتمُّ تمريرها عن طريق أنابيب توصيل تعاقبية إمّا الى مصائد باردة أو الى محطات ضغط، حيث يجري تحويل غاز سادس فلوريد اليورانيوم الى سائل، وذلك قبل الاستمرار في نقله الى حاويات مناسبة لنقله أو خزنه. ونظراً لأن مصنع الإثراء بالانتشار الغازي يتكون من عدد كبير من مجمعات الانتشار الغازي المرتبة في سلسلة تعاقبية فإن طول أنابيب التوصيل التعاقبية يبلغ عدة كيلومترات تشمل آلاف اللحامات وكميات كبيرة من الأشكال التصميمية المتكررة. وتُصنَّع المعدات والمكونات ونظم الأنابيب بمستويات عالية جداً من حيث التفريغ والنظافة.

**5-4-1- نظم التلقيم/نظم سحب النواتج والمخلفات**

هي نظم معالجة مصممة أو معدَّة خصيصاً، قادرة على العمل في ظروف ضغط لا يتجاوز 300 كيلوباسكال (45 رطلاً/بوصة مربعة)، وتشتمل على ما يلي:

محمّيات (أو نظم) تغذية، تستخدم في تمرير سادس فلوريد اليورانيوم إلى سلسلة الانتشار الغازي التعاقبية؛

ومحولات لتحويل الغاز إلى الحالة الصلبة (أو مصائد باردة) تستخدم لإزاحة سادس فلوريد اليورانيوم من السلسلة التعاقبية؛

ومحطات لتحويل الغاز إلى سائل، حيث يجري ضغط وتبريد غاز سادس فلوريد اليورانيوم من السلسلة التعاقبية للحصول على سائل سادس فلوريد اليورانيوم؛

محطات 'نواتج' أو 'مخلفات' لنقل سادس فلوريد اليورانيوم إلى حاويات.

**5-4-2- نظم أنابيب التوصيل**

هي نظم أنابيب ونظم توصيل مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً لمناولة سادس فلوريد اليورانيوم داخل سلاسل الانتشار الغازي التعاقبية. عادة ما تكون شبكة الأنابيب من النظام التوصيلي "الثنائي"، حيث تكون كل خلية موصَّلة بكلٍّ من أنابيب التوصيل.

**5-4-3- النظم الفراغية**

(أ) هي متنوعات فراغية ونظم توصيل فراغية ومضخات فراغية مصممة أو معدة خصيصاً بقدرة شفط لا تقلّ عن 5 أمتار مكعبة/دقيقة (175 قدماً مكعباً/دقيقة).

(ب) ومضخات فراغية مصممة خصيصاً للعمل في أجواء تحتوي على سادس فلوريد اليورانيوم، تصنع من الألومينيوم أو النيكل أو السبائك المحتوية على النيكل بنسبة تزيد على 60%، أو تكون مبطنة بأي من هذه المواد. ويجوز لهذه المضخات أن تكون دوارة أو إيجابية، وأن تكون ذات سدادات إزاحية وفلوروكربونية وموائع عمل خاصة.

**5-4-4- صمامات الإغلاق والتحكم الخاصة**

هي صمامات إغلاق وتحكم منفاخية يدوية أو مؤتمتة مصممة أو معدَّة خصيصاً، مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة سادس فلوريد اليورانيوم، يتراوح قطر الصمام بين 40 و1500 مم (1.5 و59 بوصة)، لتركيبها في النظم الرئيسية والإضافية لمصانع الإثراء بالانتشار الغازي.

**5-4-5- المطيافات الكتلية لسادس فلوريد اليورانيوم ومصادر أيوناته**

هي مطيافات كتلية مغنطيسية أو رباعية الأقطاب مصممة أو معدة خصيصاً، قادرة على أخذ عينات "مباشرة" من التغذية أو النواتج أو المخلفات من المجاري الغازية لسادس فلوريد اليورانيوم، وتتميز بجميع الخواص التالية:

1- دقة تبيان وحدة قياس الكتلة الذرية تزيد على 320؛

2- مصادر أيونية ذات هياكل أو بطانات مصنوعة من النيكروم أو المونل أو مطلية بالنيكل؛

3- مصادر تأيين بالرجم الإلكتروني؛

4- نظام تجميع مناسب للتحليل النظيري.

**ملحوظة إيضاحية**

الأصناف المذكورة أعلاه إما أنها تتصل اتصالاً مباشراً بغاز معالجة سادس فلوريد اليورانيوم أو أنها تتحكم تحكماً مباشراً في التدفق داخل السلسلة التعاقبية. وجميع الأسطح التي تلامس غاز المعالجة تصنع كلها من مواد قادرة على مقاومة سادس فلوريد اليورانيوم أو تكون مبطنة بمثل هذه المواد. ولأغراض الأجزاء المتصلة بمفردات الانتشار الغازي، تشمل المواد القادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم الصلب غير القابل للصدأ والألومينيوم وسبائك الألومينيوم وأكسيد الألومينيوم والنيكل أو السبائك التي تحتوي على النيكل بنسبة لا تقلّ عن 60%، والبوليمرات الهيدروكربونية المفلورة فلورة كاملة القادرة على مقاومة سادس فلوريد اليورانيوم.

## 5-5- النظم والمعدات والمكونات المصمَّمة أو المعدَّة خصيصاً لاستخدامها في محطات الإثراء الأيروديناميي

ملحوظة تمهيدية

يتم في عمليات الإثراء الأيروديناميي ضغط مزيج من سادس فلوريد اليورانيوم الغازي والغاز الخفيف (الهيدروجين أو الهليوم)، ثم يمرر عبر عناصر فصل حيث يتم الفصل النظيري عن طريق توليد قوى طاردة مركزية عالية بواسطة شكل هندسي منحني الجدار. وقد استُحدثت بنجاح عمليتان من هذا النوع وهما: عملية الفصل بالفوهة النفاثة، وعملية الفصل الدوامي بالأنابيب. وفي كلتا العمليتين تشمل المكونات الرئيسية لمرحلة الفصل أوعية اسطوانية تحتوي على عناصر الفصل الخاصة (الفوهات النفاثة أو أنابيب الفصل الدوامي)، والضواغط الغازية ومبادلات الحرارة المستخدمة في سحب الحرارة الناجمة عن الضغط. وتحتاج أي محطة أيروديناميية لعدد من هذه المراحل، بحيث توفر الكميات مؤشراً هاماً للاستخدام النهائي. ولما كانت العمليات الأيروديناميية تستخدم سادس فلوريد اليورانيوم، يجب أن تُصنع جميع أسطح المواد والأنابيب والأجهزة (الملامسة للغاز) من مواد لا تتأثر بملامستها لسادس فلوريد اليورانيوم.

**ملحوظة إيضاحية**

الأصناف التي يَرِدُ بيانها في هذا الجزء إما أنها تتصل اتصالاً مباشراً بغاز سادس فلوريد اليورانيوم المستخدم في العملية، أو تتحكم تحكماً مباشراً في تدفقه داخل السلسلة التعاقبية. وتُصنع جميع الأسطح الملامسة للغاز المستخدم في المعالجة بالكامل من مواد مقاومة للتآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو محميّة بمثل هذه المواد. ولأغراض الجزء المتعلق بمفردات الإثراء الأيروديناميي، تشمل المواد القادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم النحاس، والصلب غير القابل للصدأ، والألومينيوم، وسبائك الألومينيوم، والنيكل أو سبائكه التي تحتوي على نسبة لا تقل عن 60% منه، والبوليمرات الهيدروكربونية المفلورة فلورة كاملة والقادرة على مقاومة سادس فلوريد اليورانيوم.

### 5-5-1- فوهات الفصل النفاثة

فوهات الفصل النفاثة ومجمّعاتها المصممة أو المعدَّة خصيصاً لها. هي فوهات نفاثة بمجمعاتها مصممة أو معدة خصيصاً. وتتألف فوهات الفصل النفاثة من قنوات منحنية على شكل شق طولي لا يزيد نصف قطر انحنائها على 1 مم (يتراوح عادة بين 0.1 إلى 0.05 مم)، قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم ولها حافة قاطعة داخل الفوهة النفاثة تفصل الغاز المتدفق عبر الفوهة إلى جزأين.

### 5-5-2- أنابيب الفصل الدوامي

أنابيب الفصل الدوامي ومجمعاتها المصمّمة أو المعدّة خصيصاً. وهي أنابيب اسطوانية الشكل أو مستدقة الطرف، مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بهذه المواد، يتراوح قطرها بين 0.5 سم و4 سم، ولا تزيد نسبة طولها إلى قطرها على 1:20 ولها مدخل مماس أو أكثر. ويجوز أن تجهز الأنابيب بملحقات على شكل فوهات نفاثة في إحدى نهايتيها أو كلتيهما.

**ملحوظة إيضاحية**

يدخل غاز التلقيم إلى أنبوبة الفصل الدوامي ماساً عبر أحد الطرفين أو عبر فتحات دوامية، أو في عدة مواضع مماسة على طول محيط الأنبوبة.

**5-5-3- الضاغطات ونفاخات الغاز**

هي ضاغطات محورية أو نابذة بالطرد المركزي أو إزاحية إيجابية، أو نفاخات غاز، مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بهذه المواد، بقدرة امتصاص لمزيج من سادس فلوريد اليورانيوم/الغازات الحاملة له (الهيدروجين أو الهليوم) لا تقل عن مترين مكعبين في الدقيقة.

**ملحوظة إيضاحية**

تتراوح نسبة الضغط النموذجية بالنسبة لهذه الضاغطات ونفاخات الغاز بين 1:1.2 و1:6.

**5-5-4- سدادات العمود الدوار**

هي سدادات للعمود الدوار مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً، بتوصيلات تلقيم وتوصيلات تصريف للسدادات، من أجل إغلاق العمود الذي يوصل الأعمدة الدوارة للضاغطات أو نفاخات الغاز بمحركات التشغيل، من أجل ضمان موثوقية السدادات لمنع تسرب الغاز المستخدم في المعالجة إلى الخارج، أو تسرب الهواء أو غاز الإغلاق إلى داخل الغرفة الداخلية للضاغط أو نفاخة الغاز، المليئة بمزيج من سادس فلوريد اليورانيوم/الغازات الحاملة له.

**5-5-5- مبادلات الحرارة لتبريد الغاز**

هي مبادلات حرارة مصممة أو معدَّة خصيصاً، مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بمثل هذه المواد.

**5-5-6- أوعية فصل العناصر**

هي أوعية مصممة أو معدة خصيصاً لفصل العناصر، مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بمثل هذه المواد بغرض احتواء أنابيب الفصل الدوامي أو فوهات الفصل النفاثة.

**ملحوظة إيضاحية**

يجوز أن تكون هذه الأوعية أسطوانية الشكل يتجاوز قطرها 300 مم ويزيد طولها على 900 مم، أو يمكن أن تكون أوعية مستطيلة الشكل ذات أبعاد متماثلة، وقد يتم تصميمها بحيث يمكن تركيبها أفقياً أو رأسياً.

**5-5-7- نظم التلقيم/نظم سحب النواتج والمخلفات**

نظم أو معدات معالجة مصممة أو معدَّة خصيصاً لمحطات الإثراء ومصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو محمية بهذه المواد، وتشمل ما يلي:

(أ) مُحَمِّيات تلقيم، أو أفران، أو نظم تُستخدم لتمرير سادس فلوريد اليورانيوم إلى عملية الإثراء؛

(ب) مُحوِّلات من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة (أو مصائد باردة) تُستخدم في سحب سادس فلوريد اليورانيوم من عملية الإثراء لنقله بعد ذلك عند تسخينه؛

(ج) محطات تصليد أو تسييل تُستخدم في سحب سادس فلوريد اليورانيوم من عملية الإثراء عن طريق ضغطه وتحويله الى الشكل السائل أو الصلب؛

(د) محطات 'نواتج' أو 'مخلفات' لنقل سادس فلوريد اليورانيوم إلى حاويات.

**5-5-8- نظم أنابيب التوصيل**

هي نظم أنابيب توصيل مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بمثل هذه المواد، مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً لمناولة سادس فلوريد اليورانيوم داخل السلاسل التعاقبية الأيروديناميةِ. وعادة ما تكون شبكة الأنابيب هذه ذات تصميم يتميز بالتوصيل 'الثنائي'، حيث تكون كل مرحلة أو مجموعة مراحل موصَّلة بكلٍّ من أنابيب التوصيل.

**5-5-9- النظم والمضخات الفراغية**

(أ) نظم فراغية مصممة أو معدة خصيصاً بقدرة شفط لا تقل عن 5 أمتار مكعبة/دقيقة، تتكون من متنوعات فراغية وموصلات فراغية ومضخات فراغية، ومصممة للعمل في أجواء تحتوي على سادس فلوريد اليورانيوم،

(ب) ومضخات فراغية مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً للعمل في أجواء تحتوي على سادس فلوريد اليورانيوم، تُصنع من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو تُحمى بمثل هذه المواد. ويجوز لهذه المضخات أن تستخدم سدادات فلوروكربونية وموائع عمل خاصة.

**5-5-10- صمامات الإغلاق والتحكم الخاصة**

هي صمامات إغلاق وتحكم منفاخية يدوية أو أوتوماتية، مصنوعة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو مطلية بمثل هذه المواد، يتراوح قطر الصمام من 40 إلى 1500 مم، وهي مصممة أو معدة خصيصاً لتركيبها في النظم الرئيسية والإضافية لمصانع الإثراء الأيروديناميِ.

**5-5-11- المطيافات الكتلية لسادس فلوريد اليورانيوم ومصادر أيوناته**

هي مطيافات كتلية مغنطيسية أو رباعية الأقطاب مصممة أو معدَّة خصيصاً، قادرة على أخذ عينات 'مباشرة' من مواد التلقيم أو 'النواتج' أو 'المخلفات' من المجاري الغازية لسادس فلوريد اليورانيوم. وتتميز بالخصائص التالية كلها:

1- دقة تبيان وحدة قياس الكتلة تزيد على 320؛

2- مصادر أيونية ذات هياكل أو بطانات مصنوعة من النيكروم أو المونل أو مطلية بالنيكل؛

3- مصادر تأيين بالرجم الإلكتروني؛

4- نظام تجميع مناسب للتحليل النظيري.

**5-5-12- نظم فصل سادس فلوريد اليورانيوم عن الغازات الحاملة له**

هي نظم معالجة مصممة أو معدة خصيصاً لفصل سادس فلوريد اليورانيوم عن الغازات الحاملة له (الهيدروجين أو الهليوم).

**ملحوظة إيضاحية**

صُممت هذه النظم لتخفيف محتوى سادس فلوريد اليورانيوم في الغازات الحاملة له إلى جزء واحد في المليون، ويجوز أن تشمل بعض المعدات مثل:

(أ) مبادِلات حرارة بالتبريد أو أجهزة فصل تعمل عند درجات حرارة منخفضة قادرة على العمل عند درجات حرارة تصل إلى 120 درجة مئوية تحت الصفر أو أقلّ،

(ب) أو وحدات تبريد تعمل عند درجات حرارة منخفضة قادرة على توليد درجات حرارة تصل إلى 120 درجة مئوية تحت الصفر أو أقلّ،

(ج) أو فوهات فصل نفاثة أو أنبوبات فصل دوّامي مستخدمة في فصل سادس فلوريد اليورانيوم عن الغازات الحاملة له،

(د) أو مصائد باردة لسادس فلوريد اليورانيوم قادرة على العمل عند درجات حرارة تصل إلى 20 درجة مئوية تحت الصفر أو أقلّ.

**5-6- النظم والمعدات والمكونات المصممة أو المعدَّة خصيصاً لاستخدامها في محطات الإثراء بالتبادل الكيميائي أو التبادل الأيوني**

**ملحوظة تمهيدية**

تؤدي الاختلافات البسيطة في الكتلة بين مختلف نظائر اليورانيوم إلى حدوث تغيرات طفيفة في توازنات التفاعلات الكيميائية وبالتالي يمكن استخدامها كأساس لفصل النظائر. وقد استُحدثت بنجاح عمليتان هما: التبادل الكيميائي بين سائلين، والتبادل الأيوني بين مادة صلبة وأخرى سائلة.

ففي عملية التبادل الكيميائي بين سائلين، يجري اتصال في الاتجاه المعاكس بين أطوار سائلين غير قابلين للامتزاج (مائي وعضوي) لإحداث الأثر التعاقبي لآلاف من مراحل الفصل. ويتألف الطور المائي من كلوريد اليورانيوم في محلول حامض الهيدروكلوريك؛ أما الطور العضوي فيتكون من مادة استخلاص تحتوي على كلوريد اليورانيوم في مذيب عضوي. ويجوز أن تكون الموصلات المستخدمة في سلسلة الفصل التعاقبية أعمدة تبادل بين سائلين (مثل الأعمدة النبضية المزودة بلوحات منخلية) أو موصلات نبذ السوائل بالطرد المركزي. ويلزم حدوث تحولات كيميائية (أكسدة واختزال) عند طرفي سلسلة الفصل التعاقبية من أجل الوفاء بمتطلبات إعادة الدفق في كل طرف. وأحد الاهتمامات الرئيسية بالنسبة للتصميم يتمثل في تجنب تلوث مجاري المعالجة ببعض الأيونات الفلزية. ولذا تُستخدم أعمدة وأنابيب مصنوعة من اللدائن و/أو مبطَّنة بالبلاستيك (بما يشمل استخدام البوليمرات الفلوروكربونية) و/أو مبطَّنة بالزجاج.

أما في عملية التبادل الأيوني بين المادتين الصلبة والسائلة، فيتم الإثراء عن طريق امتزاز/مج اليورانيوم داخل مادة راتينجية أو ممتزة خاصة للتبادل الأيوني تتميز بسرعة عمل فائقة. ويتم تمرير محلول من اليورانيوم في حامض الهيدروكلوريك ومواد كيميائية أخرى عبر أعمدة الإثراء الأسطوانية التي تحتوي على قيعان مبطنة للمواد الممتزة. ولضمان عدم انقطاع العملية، يلزم استخدام نظامٍ لإعادة الدفق لتحرير اليورانيوم من المادة الممتزة إلى التدفق السائل بحيث يمكن جمع 'النواتج' و'المخلفات'. ويتم ذلك باستخدام عوامل كيميائية مناسبة للاختزال/الأكسدة يعاد تنشيطها بالكامل في دوائر خارجية منفصلة، كما يمكن إعادة تنشيطها جزئياً داخل أعمدة الفصل النظيري ذاتها. ونظراً لاستخدام محاليل مركزة ساخنة من حامض الهيدروكلوريك في هذه العملية، يلزم أن تكون المعدات مصنوعة من مواد خاصة قادرة على مقاومة التآكل أو أن تكون محمية بهذه المواد.

### 5-6-1- أعمدة التبادل بين سائلين (التبادل الكيميائي)

هي أعمدة للتبادل بين سائلين يتدفقان في اتجاهين متعاكسين، وهي مزودة بمستلزمات للقوى الميكانيكية (أي أعمدة نبضية بلوحات منخلية، وأعمدة لوحات تبادلية، وأعمدة ذات خلاطات توربينية داخلية)، مصممة أو معدة خصيصاً لإثراء اليورانيوم باستخدام عملية التبادل الكيميائي. ولمقاومة التآكل بمحاليل مركزة لحامض الهيدروكلوريك، تُصنع هذه الأعمدة ومكوناتها الداخلية من مواد لدائنية مناسبة (مثل البوليمرات الفلوروكربونية) أو الزجاج أو تُحمى بمثل هذه المواد. وقد صُمم زمن البقاء المرحلي للأعمدة بحيث يكون قصيراً (لا يزيد على 30 ثانية).

### 5-6-2- موصلات نبذ السوائل بالطرد المركزي (التبادل الكيميائي)

موصلات لنبذ السوائل بالطرد المركزي مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً لإثراء اليورانيوم باستخدام عملية التبادل الكيميائي. وتستخدم مثل هذه الموصلات الدوران لتشتيت المجاري العضوية والمائية ثم تستخدم

قوة الطرد المركزي لفصـــل الأطوار. ومن أجل مقاومة التآكل بالمحاليل المركزة لحامض الهيدروكلوريك، تُصنع الموصلات من مواد لدائنية مناسبة (مثل البوليمرات الفلوروكربونية) أو تبطَّن بها أو بالزجاج. وقد روعي في تصميم زمن البقاء المرحلي لموصلات النبذ بالطرد المركزي أن يكون قصيراً (لا يتجاوز 30 ثانية).

**5-6-3- نظم ومعدات اختزال اليورانيوم (التبادل الكيميائي)**

(أ) خلايا اختزال كهروكيميائية مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً لاختزال اليورانيوم من حالةِ تكافؤٍ إلى أخرى من أجل إثراء اليورانيوم باستخدام عملية التبادل الكيميائي. ويجب أن تكون مواد الخلايا الملامســـة لمحاليل المعالجة قادرةً على مقاومة التآكل بالمحاليل المركزة لحامض الهيدروكلوريك.

**ملحوظة إيضاحية**

يراعى في تصـــميم حجيرة الخلايا الكاثودية أن تمنع إعادة أكســدة اليورانيوم إلى حالة التكافؤ الأعلى. ولإبقاء اليورانيوم داخل الحجيرة الكاثودية، يجوز أن تزوَّد الخلية بغشـــاء حاجز كتيم مكون من مواد خاصة لتبادل الكاتيونات. ويتألف الكاثود من موصِّل صلب ملائم كالغرافيت.

(ب) هي نظم مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً لاستخدامها في الطرف الختامي للسلسلة التعاقبية من أجل إخراج اليورانيوم4 من المجرى العضــوي، وضــبط التركيز الحمضــي وتلقيم خلايا الاختزال الكهروكيميائي.

**ملحوظة إيضاحية**

تتألف هذه النظم من معدات استخلاص للمذيبات من أجل سحب اليورانيوم4 من المجرى العضوي ونقله إلى محلول مائي، ومعدات تبخير و/أو معدات أخرى لضــبط ومراقبة نســبة تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول، ومضـــخات أو أجهزة أخرى لنقل مادة التلقيم إلى خلايا الاختزال الكهروكيميائي. ومن الاعتبارات الرئيسية التي يجب مراعاتها في التصميم تجنب تلوث المجرى المائي بأيونات فلزية معيّنة. وعلى ذلك يتم بناء النظام، بالنسبة للأجزاء الملامسة لمجرى المعالجة، من معدات مصنوعة من مواد مناسبة (مثل الزجاج وبوليمترات الفلوروكربون، وكبريتات البوليفينيل، وسلفون البولي إثير، والغرافيت المشرّب بالراتينج) أو محمية بهذه المواد.

**5-6-4- نظم تحضير مادة التلقيم (التبادل الكيميائي)**

نظم مصـــمَّمة أو معدَّة خصـــيصـــاً لإنتاج محاليل التلقيم المكوّنة من كلوريد اليورانيوم العالي النقاء لاستخدامها في محطات فصل نظائر اليورانيوم بالتبادل الكيميائي.

**ملحوظة إيضاحية**

تتكون هذه النظم من معدات للإذابة و/أو الاســتخلاص بالمذيبات و/أو التبادل الأيوني لأغراض التنقية، وخلايا التحليل الكهربائي لاختزال اليورانيوم$^{6+}$ أو اليورانيوم$^{4+}$ إلى اليورانيوم$^{3+}$. وتنتج هذه النظم

محاليل كلوريد اليورانيوم التي لا تحتوي إلا على بضـــعة أجزاء في المليون من الشـــوائب الفلزية مثل الكروم، والحديد، والفاناديوم، والموليبدينوم، والكاتيونات الأخرى الثنائية التكافؤ أو المتعددة التكافؤ الأعلى منها. والمواد المستخدمة في بناء أجزاء من النظام الذي يعالج اليورانيوم$^{3+}$ العالي النقاء تشمل الزجاج أو بوليمرات الفلوروكربون، أو كبريتات البوليفينيل، أو الغرافيت المبطَّن بلدائن سـلفون البولي إثير والمشرّب بالراتينج.

**5-6-5- نظم أكسدة اليورانيوم (التبادل الكيميائي)**

هي نظم مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً لأكسدة اليورانيوم$^{3+}$ إلى يورانيوم$^{4+}$ بغرض إعادته إلى السلسلة التعاقبية لفصل نظائر اليورانيوم في عملية الإثراء بالتبادل الكيميائي.

**ملحوظة إيضاحية**

يجوز أن تشمل هذه النظم معدات مثل:

(أ) معدات لإحداث التماس بين الكلور والأكسـجين من جهة والدفق المائي الخارج من معدات الفصل النظيري من جهة ثانية، واستخلاص اليورانيوم$^{4+}$ الناتج في المجرى العضوي النصيل العائد من الطرف الخاص بالنواتج في السلسلة التعاقبية،

(ب) معدات لفصـــل الماء عن حامض الهيدروكلوريك حتى يمكن إعادة إدخال الماء وحامض الهيدروكلوريك المركّز إلى العملية في المواقع الملائمة.

**6-6-5- راتينجات/ممتزات التبادل الأيوني السريعة التفاعل (التبادل الأيوني)**

هي راتينجات أو ممتزات سريعة التفاعل للتبادل الأيوني مصممة أو معدَّة خصيصاً لإثراء اليورانيوم باستخدام عملية التبادل الأيوني، بما في ذلك الراتينجات المسامية ذات الشبكات الكبيرة، و/أو الهياكل الغشائية التي تنحصر فيها مجموعات التبادل الكيميائي النشط في طبقة على سطح هيكل داعم مسامي خامل، والهياكل المركبة الأخرى بأي شكل مناسب، بما في ذلك الجسيمات أو الألياف. ولا يزيد قطر راتينجات/ممتزات التبادل الأيوني هذه على 0.2 مم، ويجب أن تكون قادرة كيميائياً على مقاومة محاليل حامض الهيدروكلوريك المركّز وأن تكون ذات قوة مادية تكفل عدم تحللها في أعمدة التبادل. والراتينجات/الممتزات مصممة خصيصاً لبلوغ حركة سريعة جداً في تبادل نظائر اليورانيوم (نصف وقت معدل التبادل لا يزيد على 10 ثوانٍ)، وقادرة على العمل في درجة حرارة تتراوح بين 100 و200 درجة مئوية.

**7-6-5- أعمدة التبادل الأيوني (التبادل الأيوني)**

أعمدة أسطوانية الشكل يزيد قطرها على 1000 مم لاحتواء ودعم القيعان المبطنة لراتينجات/ممتزات التبادل الأيوني، مصممة أو معدَّة خصيصاً لإثراء اليورانيوم باستخدام عملية التبادل الأيوني. وهذه الأعمدة مصنوعة من مواد (مثل التيتانيوم أو اللدائن الفلوروكربونية) قادرة على مقاومة التآكل بمحاليل حامض الهيدروكلوريك المركّز أو مطلية بمثل هذه المواد، وتكون قادرة على العمل في درجة حرارة

بين 100 و200 درجة مئوية، وبمستويات ضغط تتجاوز 0.7 ميجاباسكال (102 رطل/بوصة مربعة مطلقة).

**5-6-8- نظم إعادة دفق التبادل الأيوني (التبادل الأيوني)**

(أ) نظم اختزال كيميائي أو إلكتروكيميائي مصمَّمة أو معدَّة خصيصًا لإعادة توليد عامل الاختزال الكيميائي المستخدم في السلاسل التعاقبية لإثراء اليورانيوم بالتبادل الأيوني.

(ب) نظم أكسدة كيميائية أو إلكتروكيميائية مصممة أو معدَّة خصيصاً لإعادة توليد عامل (عوامل) الأكسدة الكيميائية المستخدم في السلاسل التعاقبية لإثراء اليورانيوم بالتبادل الأيوني.

**ملحوظة إيضاحية**

يجوز في عملية الإثراء بالتبادل الأيوني أن يُستخدم التيتانيوم الثلاثي التكافؤ (التيتانيوم$^{3+}$)، على سبيل المثال، باعتباره كاتيون اختزال، وفي هذه الحالة يعيد نظام الاختزال توليد التيتانيوم$^{3}$ عن طريق اختزال التيتانيوم$^{4+}$.

كما يجوز في هذه العملية استخدام الحديد الثلاثي التكافؤ (الحديد$^{3+}$) كمؤكسد، وفي هذه الحالة يعيد نظام الأكسدة توليد الحديد$^{3+}$ عن طريق أكسدة الحديد$^{2+}$.

**5-7- النظم والمعدات والمكونات المصممة أو المعدَّة خصيصاً لاستخدامها في محطات الإثراء بالليزر.**

**ملحوظة تمهيدية**

تندرج النظم الحالية لعمليات الاثراء باستخدام الليزر في فئتين وهما: النظم التي يكون فيها وسيط العملية هو بخار اليورانيوم الذري، والنظم التي يكون فيها وسيط العملية هو بخار مركب يورانيوم. وتشمل الرموز الشائعة لمثل هذه العمليات ما يلي: الفئة الأولى – فصل نظائر الليزر بالبخار الذري (AVLIS أو SILVA)؛ الفئة الثانية – الفصل النظيري بالليزر الجزيئي (MLIS أو MOLIS) والتفاعل الكيميائي عن طريق تنشيط الليزر الانتقائي النظيري (CRISLA). وتشمل النظم والمعدات والمكوّنات المستخدمة في محطات الإثراء باستخدام الليزر ما يلي: (أ) أجهزة لتلقيم بخار فلز اليورانيوم (للتأيين الضوئي الانتقائي) أو أجهزة لتلقيم بخار أحد مركّبات اليورانيوم (للتفكيك الضوئي أو التنشيط الكيميائي)؛ (ب) أجهزة لجمع فلز اليورانيوم المثرى والمستنفد في شكل 'نواتج' و 'مخلفات' بالنسبة للفئة الأولى، وأجهزة لجمع المركبات المفصولة أو المتفاعلة في شكل 'نواتج' والمواد البسيطة في شكل 'مخلفات' بالنسبة للفئة الثانية؛ (ج) نظم معالجة بالليزر من أجل الحث الانتقائي لأنواع اليورانيوم-235؛ (د) ومعدات لتحضير مواد التلقيم وتحويل النواتج. وقد يقتضي تعقيد عملية قياس طيف ذرات اليورانيوم ومركباته إدراج أي تكنولوجيا من تكنولوجيات الليزر المتعددة المتاحة.

**ملحوظة إيضاحية**

يتصل العديد من البنود التي يَرد سردها في هذا الجزء اتصالاً مباشراً ببخار أو سائل فلز اليورانيوم، أو بغازات المعالجة التي تتكون من سادس فلوريد اليورانيوم أو مزيج من هذا الغاز وغازات أخرى.

وتُصنع جميع الأسطح الملامسة لليورانيوم أو سادس فلوريد اليورانيوم بالكامل من مواد قادرة على مقاومة التآكل أو تُحمى بمثل هذه المواد. ولأغراض الجزء المتعلق بمفردات الإثراء باستخدام الليزر، تشمل المواد القادرة على مقاومة التآكل ببخار أو سائل فلز اليورانيوم أو سبائك اليورانيوم الغرافيت المطلي بالايتريوم والتنتالوم؛ أما المواد القادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم فتشمل النحاس، والفولاذ غير القابل للصدأ، والألومينيوم، وسبائك الألومينيوم، والنيكل أو السبائك التي تحتوي على نسبة لا تقل عن 60% من النيكل، والبوليمرات الهيدروكربونية المفلورة فلورة كاملة والقادرة على مقاومة سادس فلوريد اليورانيوم.

**5-7-1- نُظم تبخير اليورانيوم**

نظم مصممة أو معدَّة خصيصاً لتبخير اليورانيوم، تحتوي على مخانق عالية القدرة للإنصال أو المسح بحزم الأشعة الإلكترونية بقدرة مسلّطة على الهدف لا تقل عن 2.5 كيلوواط/سم.

**5-7-2- نُظم مناولة فلز اليورانيوم السائل**

هي نظم لمناولة الفلز السائل مصممة أو معدَّة خصيصاً لليورانيوم المصهور أو سبائكه، وتتكون من بوتقات ومعدات التبريد اللازمة لها.

**ملحوظة إيضاحية**

تُصنع البوتقات وأجزاء هذا النظام الأخرى التي تلامس اليورانيوم المصهور أو سبائكه من مواد ذات قدرة مناسبة على مقاومة التآكل والحرارة، أو تُحمى بمثل هذه المواد. وتشمل المواد المناسبة التنتالوم، والغرافيت المطلي بالإيتريوم، والغرافيت المطلي بأكاسيد أخرى أرضية نادرة أو خلائط منها.

**5-7-3- مجمعات تجميع 'نواتج' و'مخلفات' فلز اليورانيوم**

مجمعات تجميع 'نواتج' و'مخلفات' مصممة أو معدّة خصيصاً لفلز اليورانيوم في الشكل السائل أو الصلب.

**ملحوظة إيضاحية**

تُصنع مكونات هذه المجمعات من مواد قادرة على مقاومة الحرارة والتآكل ببخار أو سائل فلز اليورانيوم (مثل الغرافيت المطلي بالايتريوم أو التنتالوم) أو تُطلى بمثل هذه المواد، ويجوز أن تشمل أنابيب، وصمامات، ولوازم، و'ميازيب'، ووصلات تغذية، ومبادلات حرارة، وألواح تجميع خاصة بأساليب الفصل المغنطيسي أو الإلكتروستاتي أو غير ذلك من أساليب الفصل.

**5-7-4- حاويات وحدات الفصل**

أوعية أسطوانية أو مستطيلة الشكل مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً لاحتواء مصدر بخار فلز اليورانيوم، ومخنق حزم الأشعة الإلكترونية، 'النواتج' و'المخلفات'.

**ملحوظة إيضاحية**

هذه الحاويات بها عددٌ وافر من المنافذ الخاصة بوصلات التلقيم بالكهرباء والمياه، وصمامات لأشعة الليزر، وتوصيلات لمضخات التفريغ، وأجهزة لتشخيص أعطال الأجهزة ومراقبتها. كما تم فيها توخّي القدرة على الفتح والإغلاق من أجل إتاحة تجديد المكونات الداخلية.

**5-7-5- فوهات التمدد فوق الصوتية**

هي فوهات تمدد نفاثة فوق صوتية مصممة أو معدَّة خصيصاً لتبريد مزيج سادس فلوريد اليورانيوم والغازات الحاملة له إلى 150 كلفن أو أقل، وهي قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم.

**6-7-5- مجمعات نواتج خامس فلوريد اليورانيوم**

هي مجمعات مصممة أو معدَّة خصيصاً لنواتج خامس فلوريد اليورانيوم الصلبة، وتتألف من مجمِّعات مرشحية أو صدمية أو حلزونية، أو توليفة منها، قادرة على مقاومة التآكل في الوسط الذي يحتوي على خامس فلوريد اليورانيوم/سادس فلوريد اليورانيوم.

**7-7-5- ضاغطات سادس فلوريد اليورانيوم/الغازات الحاملة له**

هي ضاغطات مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً لمزيج سادس فلوريد اليورانيوم/الغازات الحاملة له، ومصمَّمة للتشغيل الطويل الأجل في أوساط تحتوي على سادس فلوريد اليورانيوم. وتُصنع مكوناتها الملامسة لغاز المعالجة من مواد قادرة على مقاومة التآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو تُحمى بمثل هذه المواد.

**8-7-5- سدادة العمود الدوار**

هي سدادات العمود الدوار المصممة أو المعدَّة خصيصاً، بتوصيلات تغذية وتوصيلات تصريف للسدادات، من أجل إغلاق العمود الذي يوصل الأعمدة الدوارة للضاغطات بمحركات التشغيل لضمان موثوقية السدادات ومنع تسرب غاز المعالجة إلى الخارج أو منع تسرب الهواء إلى غرفة الضاغط الداخلية المليئة بسادس فلوريد اليورانيوم/الغازات الحاملة له.

**9-7-5- نظام الفلورة**

هي نظم مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً لفلورة خامس فلوريد اليورانيوم (الصلب) وسادس فلوريد اليورانيوم (الغاز).

**ملحوظة إيضاحية**

هذه النظم مصممة لفلورة مسحوق خامس فلوريد اليورانيوم الذي يتم جمعه للحصول على سادس فلوريد اليورانيوم ومن ثم جمعه في حاويات للنواتج، أو لنقله كتغذية الى وحدات MLIS للمزيد من الاثراء. ويجوز، في أحد النهج، إجراء تفاعل الفلورة داخل نظام الفصل النظيري بحيث يتم التفاعل والاستعادة مباشرة خارج مجمِّعات 'النواتج'. كما يمكن، في نهج آخر، سحب/نقل مسحوق خامس فلوريد اليورانيوم من مجمِّعات 'النواتج' إلى وعاء مناسب للتفاعل (منها على سبيل المثال المفاعل ذو القاع المائع، أو

المفاعل الحلزوني، أو البرج المتوهج) بغرض الفلورة. وتُســـتخدم في كلا النهجين معدات لخزن ونقل الفلور (أو غيره من عوامل الفلورة المناسبة) ولجمع سادس فلوريد اليورانيوم ونقله.

**5-7-10- المطيافات الكتلية لسادس فلوريد اليورانيوم/مصادر أيوناته**

هي مطيافات كتلية مغنطيسـية أو رباعية الأقطاب مصـممة أو معدَّة خصـيصـاً، قادرة على أخذ عينات 'مباشـــرة' من مواد التلقيم أو 'النواتج' أو 'المخلفات' من المجاري الغازية لســـادس فلوريد اليورانيوم. وتتميز بالخصائص التالية كلها:

1- دقة تبيان وحدة قياس الكتلة تزيد على 320؛

2- مصادر أيونية ذات هياكل أو بطانات مصنوعة من النيكروم أو المونل أو مطلية بالنيكل؛

3- مصادر تأيين بالرجم الإلكتروني؛

4- نظام تجميع مناسب للتحليل النظيري.

**5-7-11- نُظم التلقيم/نُظم سحب النواتج والمخلفات**

نظم أو معدات معالجة مصـمَّمة أو معدَّة خصـيصـاً لمحطات الإثراء ومصـنوعة من مواد مقاوِمة للتآكل بسادس فلوريد اليورانيوم أو محمية بهذه المواد، وتشمل ما يلي:

(أ) مُحَمِّيات تلقيم، أو أفران، أو نظم تُستخدم لتمرير سادس فلوريد اليورانيوم إلى عملية الإثراء؛

(ب) مُحوِّلات من الحالة الغازية إلى الحالة الصـلبة (أو مصـائد باردة) تُسـتخدم في سـحب سـادس فلوريد اليورانيوم من عملية الإثراء لنقله بعد ذلك عند تسخينه؛

(ج) محطات تصـليد أو تسـييل تُسـتخدم في سـحب سـادس فلوريد اليورانيوم من عملية الإثراء عن طريق ضغطه وتحويله الى الشكل السائل أو الصلب؛

(د) محطات 'نواتج' أو 'مخلفات' لنقل سادس فلوريد اليورانيوم إلى حاويات.

**5-7-12- نُظم فصل سادس فلوريد اليورانيوم/الغازات الحاملة له**

هي نظم معالجة مصـمَّمة أو معدَّة خصـيصـاً لفصـل سـادس فلوريد اليورانيوم عن الغازات الحاملة له. ويمكن أن تكون الغازات الحاملة هي النتروجين أو الأرغون أو غازات أخرى.

**ملحوظة إيضاحية**

يجوز أن تشمل هذه النظم معدات مثل:

(أ) مبادِلات حرارة بالتبريد أو أجهزة فصـل تعمل عند درجات حرارة منخفضـة قادرة على العمل عند درجات حرارة تصل إلى 120 درجة مئوية تحت الصفر أو أقلّ،

(ب) أو وحدات تبريد تعمل عند درجات حرارة منخفضة قادرة على توليد درجات حرارة تصل إلى 120 درجة مئوية تحت الصفر أو أقلّ،

(ج) أو مصائد باردة لسادس فلوريد اليورانيوم قادرة على العمل عند درجات حرارة تصل إلى 20 درجة مئوية تحت الصفر أو أقلّ.

**5-7-13- نظم الليزر (AVLIS و MLIS و CRISLA)**

هي ليزرات أو نظم ليزرية مصممة أو معدة خصيصاً لفصل نظائر اليورانيوم.

**ملحوظة إيضاحية**

وعادة ما يتكون نظام الليزر الخاص بعملية AVLIS من نوعين من الليزر وهما: ليزر بخار النحاس والليزر الصبغي. أما نظام الليزر المستخدم في MLIS فيتكون عادة من ليزر ثاني أكسيد الكربون أو ليزر اكزيمر وخلية ضوئية متعددة الطرق ذات مرايا دوارة في نهايتيها. وتقتضي الليزرات أو نظم الليزر المستخدمة في كلتا العمليتين وجود مثبت لذبذبات الطيف لأغراض التشغيل لفترات زمنية طويلة.

**5-8- النظم والمعدات والمكونات المصممة أو المعدَّة خصيصاً لاستخدامها في محطات الإثراء بالفصل البلازمي**

**ملحوظة تمهيدية**

في عملية الفصل البلازمي، تمرُّ بلازما أيونات اليورانيوم عبر مجال كهربائي يتم ضبطه على ذبذبة الرنين الأيوني لليورانيوم-235 بحيث تستوعب الطاقة على نحو تفضيلي ويزداد قُطر مداراتها اللولبية. ويتم احتباس الأيونات ذات المسارات-الكبيرة القطر لإنتاج ناتج مثرى باليورانيوم-235. أما البلازما، التي تتكون عن طريق تأيين بخار اليورانيوم، فيجري احتواؤها في حجيرة تفريغ ذات مجال مغنطيسي عالي- القدرة ينتج باستخدام مغنطيس فائق التوصيل. وتشمل النظم التكنولوجية الرئيسية للعملية نظام توليد بلازما اليورانيوم، ونموذج جهاز الفصل المزود بمغنطيس فائق التوصيل، ونظم سحب الفلزات بغرض جمع 'النواتج' و'المخلفات'.

**5-8-1- مصادر القوى العاملة بالموجات الدقيقة وهوائياتها**

مصادر وهوائيات القدرة الدقيقة الموجات، المصممة أو المعدَّة خصيصاً لإنتاج أو تعجيل الأيونات، وتتميز بالخصائص التالية: ذبذبة تزيد على 30 غيغاهرتز، ومتوسط ناتج قدرة يزيد على 50 كيلو واط لإنتاج الأيونات.

**5-8-2- ملفات الحث الأيوني**

ملفات حث أيوني ذات ذبذبة لاسلكية مصممة أو معدَّة خصيصاً لترددات تزيد على 100 كيلوهرتز وهي قادرة على معالجة متوسط قوى يزيد على 40 كيلوواط.

**5-8-3- نظم توليد بلازما اليورانيوم**

هي نظم مصممة أو معدَّة خصيصاً لتوليد بلازما اليورانيوم، يمكن أن تنطوي على مخانق عالية القدرة للإنصال أو المسح بحزم الأشعة الإلكترونية بقدرة مسلّطة على الهدف تزيد عن 2.5 كيلوواط/سم.

**5-8-4- نظم مناولة فلز اليورانيوم السائل**

هي نظم لمناولة الفلز السائل مصممة أو معدَّة خصيصاً لليورانيوم المصهور أو سبائكه، وتتكون من بوتقات ومعدات التبريد اللازمة لها.

**ملحوظة إيضاحية**

تُصنع البوتقات وأجزاء هذا النظام الأخرى التي تلامس اليورانيوم المصهور أو سبائكه من مواد ذات قدرة مناسبة على مقاومة التآكل والحرارة، أو تُحمى بمثل هذه المواد. وتشمل المواد المناسبة التنتالوم، والغرافيت المطلي بالإيتريوم، والغرافيت المطلي بأكاسيد أخرى أرضية نادرة أو خلائط منها.

**5-8-5- مجمعات تجميع 'نواتج' و'مخلفات' فلز اليورانيوم**

مجمعات لتجميع 'النواتج' و'المخلفات' مصممة أو معدَّة خصيصاً لفلز اليورانيوم في شكله الصلب. وتُصنع هذه المجمعات من مواد قادرة على مقاومة الحرارة والتآكل ببخار فلز اليورانيوم/ مثل الغرافيت المطلي بالايتريوم أو التنتالوم أو تُطلى بمثل هذه المواد.

**5-8-6- حاويات وحدات الفصل**

أوعية أسطوانية مصممة أو معدّة خصيصاً لاستخدامها في محطات الإثراء بالفصل البلازمي بغرض احتواء مصدر بلازما اليورانيوم، وملف توصيل الترددات اللاسلكية، ومجمِّعات 'النواتج' و'المخلفات'.

**ملحوظة إيضاحية**

هذه الأوعية مزوَّدة بعدد وافر من المنافذ لوصلات التلقيم بالكهرباء والمياه، وتوصيلات لمضخات الانتشار، ونظم لتشخيص ومراقبة أعطال الأجهزة. كما تم فيها توخّي القدرة على الفتح والإغلاق من أجل إتاحة تجديد المكونات الداخلية، وهي مبنية من مواد غير مغنطيسية مناسبة مثل الفولاذ غير القابل للصدأ.

**5-9- النظم والمعدات والمكونات المصممة أو المعدَّة خصيصاً لاستخدامها في محطات الإثراء الكهرمغنطيسي**

**ملحوظة تمهيدية**

يتم، في المعالجة الكهرمغنطيسية، تعجيل أيونات فلز اليورانيوم المنتجة عن طريق تأيين مادة تلقيم ملحية (رابع كلوريد اليورانيوم عادة) وتمريرها عبر مجال مغنطيسي يدفع أيونات النظائر المختلفة إلى اتخاذ مسارات مختلفة. وتشمل المكونات الرئيسية لجهاز الفصل الكهرمغنطيسي للنظائر ما يلي: مجال

مغنطيسي لتحويل/فصل النظائر بالأشعة الأيونية، ومصدراً أيونياً بنظام التعجيـــل الخاص به، ونظاماً لتجميع الأيونات المفصـولة. وتشـمل النظم الإضـافية للمعالجة نظام الإمداد بالقدرة المغنطيسـية، ونظام إمداد مصدر الأيونات بكهرباء ذات فلطية عالية، ونظام التفريغ، ونظم مكثّفة للمناولة الكيميائية لاستعادة النواتج وتنظيف/إعادة تدوير المكونات.

**5-9-1- أجهزة كهرمغنطيسية لفصل النظائر**

أجهزة كهرمغنطيسـية لفصـل النظائر مصـممة أو معدَّة خصـيصـاً لفصـل نظائر اليورانيوم، ومعداتها ومكوناتها، وتشمل ما يلي:

(أ) مصادر أيونية

هي مصادر مفردة أو متعددة لأيونات اليورانيوم مصممة أو معدَّة خصيصاً، تتكون من مصدرٍ للبخار ومؤيّن ومعجِّل أشعة، وهي مبنية من مواد مناسبة مثل الغرافيت، أو الفولاذ غير القابل للصدأ، أو النحاس، وقادرة على توليد تيار أشعة أيونية إجمالي لا يقل عن 50 ملي أمبير.

(ب) مجمِّعات أيونية

لوحات تجميع مكوَّنة من شقين أو أكثر وجيوب مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً لتجميع حزم أيونات اليورانيوم المثرى والمسـتنفَد، وهي مبنية من مواد مناسـبة مثل الغرافيت أو الفولاذ غير القابل للصدأ.

(ج) حاويات فراغية

حاويات فراغية مصمَّمة أو معدَّة خصيصاً لأجهزة فصل اليورانيوم الكهرمغنطيسية، مبنية من مواد غير مغنطيسية مناسبة، مثل الفولاذ غير القابل للصدأ، ومصمَّمة للتشغيل بضغط لا يزيد على 0.1 باسكال.

**ملحوظة إيضاحية**

هذه الأوعية مصـممة خصـيصـاً لاحتواء مصـادر الأيونات ولوحات التجميع والمبطِّنات المبرَّدة بالماء، وتتوفر بها توصيلات مضخات الانتشار وإمكانية للفتح والإغلاق لإزالة هذه المكونات وإعادة تركيبها.

(د) أجزاء الأقطاب المغنطيسية

أجزاء مصـمَّمة أو معدَّة خصـيصًـا لأجزاء الأقطاب المغنطيسـية التي يزيد قطرها على مترين وتُستخدم في المحافظة على مجال مغنطيسي ثابت داخل أجهزة فصل النظائر الكهرمغنطيسية وفي نقل المجال المغنطيسي بين أجهزة الفصل المتجاورة.

### 5-9-2- نظم إمداد بالطاقة عالية الفلطية

إمدادات عالية الفلطية مصممة أو معدَّة خصيصاً للمصادر الأيونية، وتتميز بجميع الخصائص التالية: قابلية للتشغيل المستمر، وفلطية خرج لا تقل عن 20.000 فلط، وتيار خرج لا يقل عن 1 أمبير، وتنظيم فلطية بنسبة أفضل من 0.01% على مدى فترة زمنية طولها 8 ساعات.

### 5-9-3- إمدادات القدرة المغنطيسية

هي امدادات قدرة مغنطيسية بتيار مباشر وقدرة عالية مصممة أو معدَّة خصيصاً، وتتميز بالخصائص التالية جميعها: قابلية لإنتاج خرج تيار لا يقل عن 500 أمبير على نحو مستمر بفلطية لا تقل عن 100 فلط وتنظيم التيار أو الفلطية بنسبة أفضل من 0.01% على مدى فترة طولها 8 ساعات.

## 6- محطات لإنتاج الماء الثقيل والديوتيريوم ومركّبات الديوتيريوم والمعدات المصممة أو المعدَّة خصيصاً لها

### ملحوظة تمهيدية

يمكن إنتاج الماء الثقيل باستخدام طائفة متنوعة من العمليات. بيد أن هناك عمليتين أثبتتا جدواهما من الناحية التجارية: عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين (عملية ذوبان الغاز)، وعملية تبادل النشادر والهيدروجين.

وتقوم العملية الأولى على تبادل الهيدروجين والديوتيريوم بين الماء وكبريتيد الهيدروجين داخل سلسلة أبراج يجري تشغيلها بينما يكون الجزء الأعلى بارداً والجزء الأسفل ساخناً. ويتدفق الماء نحو أسفل الأبراج بينما تجري دورة غاز كبريتيد الهيدروجين من أسفل الأبراج إلى أعلاها. وتُستخدم سلسلة من الصواني المثقبة لتيسير اختلاط الغاز والماء. وينتقل الديوتيريوم إلى الماء حيث تكون درجات الحرارة منخفضة، والى كبريتيد الهيدروجين حيث تكون درجات الحرارة عالية. ويُزال الغاز المثرى بالديوتيريوم أو الماء المثرى بالديوتيريوم من أبراج المرحلة الأولى عند نقطة التقاء الجزء الساخن والجزء البارد، وتتكرر العملية في أبراج المراحل التالية. ويُرسَل الماء المثرى بالديوتيريوم بنسبة تصل إلى 30٪، الذي يمثل نتاج المرحلة الأخيرة، إلى وحدة تقطير لإنتاج ماء ثقيل صالح للمفاعلات – أي أكسيد الديوتيريوم بنسبة 99.75٪.

أما عملية تبادل النشادر والهيدروجين فيمكن أن تستخرج الديوتيريوم من غاز التركيب عن طريق التماس مع النشادر السائل في وجود مادة حفازة. ويتم تلقيم غاز التركيب داخل أبراج التبادل وإلى محولٍ للنشادر. ويتدفق الغاز داخل الأبراج من الأسفل إلى الأعلى بينما تتدفق الأمونيا السائلة من الأعلى إلى الأسفل. ويجري انتزاع الديوتيريوم من الهيدروجين في غاز التركيب وتركيزه في الأمونيا. ثم تتدفق الأمونيا في مُكسِّر الأمونيا في أسفل البرج بينما يتدفق الغاز في مُحوِّل الأمونيا في الجزء الأعلى. وتشهد المراحل التالية عملية إثراء إضافي، ويتم إنتاج ماء ثقيل صالح للمفاعلات عن طريق التقطير النهائي. ويمكن توفير غاز التركيب اللازم بفضل محطة الأمونيا التي يمكن بناؤها إلى جانب محطة إنتاج الماء الثقيل عن طريق تبادل الأمونيا والهيدروجين. كما يمكن لعملية تبادل النشادر والهيدروجين أن تنطوي على استخدام الماء العادي كمصدر لتوفير الديوتيريوم.

والعديد من مفردات المعدات الرئيسية لمصانع إنتاج الماء الثقيل عن طريق عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين، أو عن طريق عملية تبادل النشادر والهيدروجين، هي مفردات مشتركة في عدة قطاعات من الصناعات الكيميائية والنفطية. وينطبق هذا بشكل خاص على المصانع الصغيرة التي تستخدم عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين. ولكن القليل من هذه المفردات متاح "بصورة متيسرة". وتتطلب عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين وعملية تبادل النشادر والهيدروجين معالجة كميات كبيرة من السوائل القابلة للاشتعال والأكّالة والسامة عند ظروف ضغط مرتفعة. ولذا يتعين لدى وضع التصميم ومعايير التشغيل للمحطات والمعدات التي تستخدم هاتين العمليتين إيلاء اهتمام دقيق لاختيار المواد ومواصفاتها بغية ضمان عمر تشغيلي طويل مع عوامل تكفل مستويات رفيعة من الأمان والموثوقية. ويتوقف اختيار حجم المحطة بدرجة رئيسية على عوامل اقتصادية وعلى الحاجة. وبالتالي يجري إعداد غالبية مفردات المعدات وفقاً لمتطلبات المستخدِم.

وأخيراً، ينبغي أن يلاحَظ في العمليتين – أي في عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين وعملية تبادل النشادر والهيدروجين – أن مفردات المعدات التي لا تكون، بمفردها، مصممة أو معدَّة خصيصاً لإنتاج الماء الثقيل يمكن تركيبها في نظم مصممة أو معدَّة خصيصاً لإنتاج الماء الثقيل. ومن الأمثلة على هذه النظم نظام إنتاج المادة الحفازة المستخدمة في عملية تبادل النشادر والهيدروجين، ونظام تقطير الماء المستخدم في التركيز النهائي للماء الثقيل ليكون صالحاً للمفاعلات في كل من العمليتين.

وترد فيما يلي مفردات المعدات المصممة أو المعدَّة خصيصاً لإنتاج الماء الثقيل باستخدام أي من العمليتين – عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين أو عملية تبادل النشادر والهيدروجين:

### 6-1- أبراج تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين

أبراج تبادل مصنوعة من الفولاذ الكربوني الصافي (مثلاً ASTM A516) يتراوح قطرها بين 6 أمتار (20 قدماً) و9 أمتار (30 قدماً)، وتكون قادرة على أن تعمل في ظروف ضغط لا يقل عن 2 ميجاباسكال (300 رطل/بوصة مربعة) وتآكل مسموح به في حدود 6 ملليمترات أو أكثر، وهي أبراج مصممة أو معدَّة خصيصاً لإنتاج الماء الثقيل باستخدام عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين.

### 6-2- النفاخات والضاغطات

نفاخات أو ضاغطات بالطرد المركزي وحيدة المرحلة ومنخفضة المنسوب (أي 0.2 ميجاباسكال أو 30 رطلاً/بوصة مربعة) لدورة غاز كبريتيد الهيدروجين (أي الغاز الذي يحتوي على كبريتيد الهيدروجين بنسبة تزيد على 70%)؛ وهي مصممة أو معدة خصيصاً لإنتاج الماء الثقيل باستخدام عملية تبادل الماء وكبريتيد الهيدروجين. ولا تقلُّ قدرة هذه النفاخات أو الضاغطات عن 56 متراً مكعباً/ثانية (120.000 قدم مكعّب معياري/الدقيقة)، بينما تعمل في ظروف ضغط لا يقل عن 1.8 ميغاباسكال (260 رطلاً/بوصة مربعة) شفط، وتكون مغلقة بأختام مصممة لخدمة كبريتيد الهيدروجين الرطب.

### 6-3- أبراج تبادُل النشادر والهيدروجين

أبراج لتبادل النشادر والهيدروجين لا يقل ارتفاعها عن 35 متراً (114.3 قدماً)، ويتراوح قطرها بين 1.5 متر (4.9 أقدام) و 2.5 متر (8.2 أقدام)، وتكون قادرة على أن تعمل في ظروف ضغط يتجاوز

15 ميجاباسكال (2225 رطلاً/بوصة مربعة)، كما تكون مصممة أو معدة خصيصاً لإنتاج الماء الثقيل باستخدام عملية تبادل النشادر والهيدروجين. وهذه الأبراج تكون فيها على الأقل فتحة واحدة محورية مشفهة قطرها مماثل لقطر الجزء الاسطواني بحيث يمكن إدخال أو سحب أجزاء الأبراج الداخلية.

**6-4- أجزاء الأبراج الداخلية والمضخات المرحلية**

أجزاء أبراج داخلية ومضخات مرحلية مصممة أو معدة خصيصاً لأبراج إنتاج الماء الثقيل باستخدام عملية تبادل النشادر والهيدروجين. وتشمل أجزاء الأبراج الداخلية مُلامِسات مرحلية مصممة خصيصاً لتحقيق تماس وثيق بين الغاز والسائل. وتشمل المضخات المرحلية مضخات قابلة للتشغيل المغمور مصممة خصيصاً لتدوير الأمونيا السائلة ضمن مرحلة تماس داخلية بالنسبة للأبراج المرحلية.

**6-5- مُكسِّرات (مُقطِّرات) النشادر**

مُكسِّرات (مقطِّرات) نشادر تعمل في ظروف ضغط لا يقل عن 3 ميغاباسكال (450 رطلاً/بوصة مربعة)، وتكون مصممة أو معدَّة خصيصاً لإنتاج الماء الثقيل باستخدام عملية تبادل النشادر والهيدروجين.

**6-6- مُحلِّلات الامتصاص بالأشعة دون الحمراء**

مُحلِّلات امتصاص بالأشعة دون الحمراء قادرة على التحليل "المباشر" لنسبة الهيدروجين والديوتيريوم حيث لا تقل نسبة تركيزات الديوتيريوم عن 90٪.

**6-7- الحراقات الوسيطة**

حراقات وسيطة لتحويل غاز الديوتيريوم المثرى إلى ماء ثقيل، تكون مصممة أو معدة خصيصاً لإنتاج الماء الثقيل باستخدام عملية تبادل النشادر والهيدروجين.

**7- محطات تحويل اليورانيوم والمعدات المصممة أو المعدَّة خصيصاً لها**

**ملحوظة تمهيدية**

يجوز أن تؤدي مصانع ونظم تحويل اليورانيوم عملية تحول واحدة أو أكثر من نوع كيميائي لليورانيوم إلى نوع آخر، بما في ذلك ما يلي: تحويل مركزات خام اليورانيوم إلى ثالث أكسيد اليورانيوم، وتحويل ثالث أكسيد اليورانيوم إلى ثاني أكسيد اليورانيوم، وتحويل أكاسيد اليورانيوم إلى رابع فلوريد اليورانيوم، أو سادس فلوريد اليورانيوم، وتحويل رابع فلوريد اليورانيوم إلى سادس فلوريد اليورانيوم، وتحويل سادس فلوريد اليورانيوم إلى رابع فلوريد اليورانيوم، وتحويل رابع فلوريد اليورانيوم إلى فلز اليورانيوم، وتحويل أملاح فلوريد اليورانيوم إلى ثاني أكسيد اليورانيوم. والعديد من أصناف المعدات الرئيسية لمحطات تحويل اليورانيوم هي مفردات مشتركة في عدة قطاعات من صناعات المعالجة الكيميائية. وترد فيما يلي، على سبيل المثال، أصناف المعدات المستخدمة في هذه العمليات: الأفران، والأتونات الدوارة، والمفاعلات ذات القيعان المائعة، والمفاعلات ذات الأبراج المتوهجة، والطاردات المركزية للسوائل، وأعمدة التقطير، وأعمدة استخراج السوائل. ولكن القليل من هذه المفردات متاح

"بصورة متيسرة"؛ وبالتالي فسيجري إعداد معظم هذه المفردات وفقاً لمتطلبات المستخدم ومواصفاته. ويقتضي الأمر، في بعض الحالات، وضع اعتبارات خاصة في التصميم والتشييد لمراعاة الخواص الأكّالة لبعض الكيماويات التي تتم معالجتها (فلوريد الهيدروجين، والفلور، وثالث فلوريد الكلور، وأملاح فلوريد اليورانيوم). وأخيراً، ينبغي أن يلاحظ في جميع عمليات تحويل اليورانيوم أن أصناف المعدات التي لا تكون، على حدة، مصممة أو معدة خصيصاً لتحويل اليورانيوم يمكن تركيبها في نظم مصممة أو معدة خصيصاً لاستخدامها في تحويل اليورانيوم.

### 7-1- النظم المصمَّمة أو المعدَّة خصيصاً لتحويل مركزات خام اليورانيوم إلى ثالث أكسيد اليورانيوم

**ملحوظة إيضاحية**

يمكن تحويل مركزات خام اليورانيوم إلى ثالث أكسيد اليورانيوم أولاً بإذابة الخام في حامض النتريك واستخراج نترات اليورانيل المنقاة باستخدام مذيب مثل فوسفات ثلاثي البوتيل. ثم يتم تحويل نترات اليورانيل إلى ثالث أكسيد اليورانيوم، إما عن طريق التركيز ونزع النترات أو بمعادلته باستخدام النشادر الغازي لإنتاج ثاني يورانات الأمونيوم مع ما يلي ذلك من ترشيح وتجفيف وتكليس.

### 7-2- النظم المصممة أو المعدة خصيصاً لتحويل ثالث أكسيد اليورانيوم إلى سادس فلوريد اليورانيوم

**ملحوظة إيضاحية**

يمكن تحويل ثالث أكسيد اليورانيوم إلى سادس فلوريد اليورانيوم عن طريق الفلورة مباشرة. وتتطلب العملية وجود مصدر لغاز الفلور أو ثالث فلوريد الكلور.

### 7-3- النظم المصممة أو المعدَّة خصيصاً لتحويل ثالث أكسيد اليورانيوم الى ثاني أكسيد اليورانيوم

**ملحوظة إيضاحية**

يمكن تحويل ثالث أكسيد اليورانيوم إلى ثاني أكسيد اليورانيوم عن طريق اختزال ثالث أكسيد اليورانيوم باستخدام غاز النشادر المكسر (المقطر) أو الهيدروجين.

### 7-4- النظم المصمَّمة أو المعدَّة خصيصاً لتحويل ثاني أكسيد اليورانيوم إلى رابع فلوريد اليورانيوم

**ملحوظة إيضاحية**

يمكن تحويل ثاني أكسيد اليورانيوم إلى رابع فلوريد اليورانيوم عن طريق تفاعل ثاني أكسيد اليورانيوم مع غاز فلوريد الهيدروجين عند درجة حرارة تتراوح بين 300 و 500 درجة مئوية.

### 7-5- النظم المصمَّمة أو المعدَّة خصيصاً لتحويل رابع فلوريد اليورانيوم إلى سادس فلوريد اليورانيوم

**ملحوظة إيضاحية**

يتم تحويل رابع فلوريد اليورانيوم إلى سادس فلوريد اليورانيوم عن طريق التفاعل مع الفلور المصحوب بإطلاق الحرارة في مفاعل برجي. ويجري تكثيف سادس فلوريد اليورانيوم من غازات الدوافق الساخنة

عن طريق تمرير مجرى الدوافق عبر مصيدة باردة يتم تبريدهـا إلـى 10 درجات مئوية تحت الصفر. وتتطلب العملية وجود مصدر لغاز الفلور.

**7-6- النُّظم المصمَّمة أو المعدَّة خصيصًا لتحويل رابع فلوريد اليورانيوم إلى فلز اليورانيوم**

**ملحوظة إيضاحية**

يتم تحويل رابع فلوريد اليورانيوم إلى فلز اليورانيوم عن طريق اختزاله بالمغنسـيوم (دفعات كبيرة) أو الكالسـيوم (دفعات صـغيرة). ويتم إجراء التفاعل عند درجات حرارة تتجاوز نقطة انصـهار اليورانيوم (1130 درجة مئوية).

**7-7- النظم المصمَّمة أو المعدَّة خصيصاً لتحويل سادس فلوريد اليورانيوم إلى ثاني أكسيد اليورانيوم**

**ملحوظة إيضاحية**

يمكن تحويل سـادس فلوريد اليورانيوم إلى ثاني أكسـيد اليورانيوم عن طريق واحدة من ثلاث عمليات. في العملية الأولى، يتم اختزال سـادس فلوريد اليورانيوم وتحليله بالماء ليصـبح ثاني أكسـيد اليورانيوم باسـتخدام الهيدروجين والبخار. وفي العملية الثانية، يجري تحليل سـادس فلوريد اليورانيوم بإذابته في الماء، ويضاف النشادر لترسيب ثاني يورانات الأمونيوم، ويختزل ملح ثاني يورانات الأمونيوم إلى ثاني أكسـيد اليورانيوم باسـتخدام الهيدروجين بينما تكون درجة الحرارة 820 درجة مئوية. أما في العملية الثالثة، فيتم دمج سـادس فلوريد اليورانيوم الغازي وثاني أكسـيد الكربون والنشـادر ($NH_3$) في الماء، حيث تترسـب كربونات يورانيل الأمونيوم. وتدمج كربونات يورانيل الأمونيوم في البخار والهيدروجين عند درجة حرارة تتراوح بين 500 و600 درجة مئوية لإنتاج ثاني أكسيد اليورانيوم.

وغالباً ما تُنفَّذ عملية تحويل سـادس فلوريد اليورانيوم إلى ثاني أكسـيد اليورانيوم باعتبارها المرحلة الأولى في أي مصنع لإنتاج الوقود.

**7-8- النظم المصمَّمة أو المعدَّة خصيصاً لتحويل سادس فلوريد اليورانيوم إلى رابع فلوريد اليورانيوم**

**ملحوظة إيضاحية**

يتم تحويل سادس فلوريد اليورانيوم إلى رابع فلوريد اليورانيوم عن طريق اختزاله بالهيدروجين.