**نشرة إعلامية فصلية تصدر عن قسم الوقاية والأمان في هيئة الطاقة الذرية السورية**

**في هذا العدد:**

* أمن المصادر المشعة * استخدام الإشعاع المؤين في حماية البيئة * تكنولوجيا النانو في الوقاية الإشعاعية
* الدورة التدريبية الإقليمية حول مواصفات وتقييم واستلام واختبارات تجهيزات المعالجة الإشعاعية
* ورشة العمل الوطنية حول الوقاية الإشعاعية في التصوير الإشعاعي المقطعي المحوسب

## أمن مصادر الأشعة

نصت القواعد التنظيمية العامة للوقاية الإشعاعية وأمان المصادر الأشعة وأمنها المرافقة المنفذة لأحكام المرسوم التشريعي رقم /64/ تاريخ 2005 فيما يخص أمن مصادر الأشعة على:

**المادة 20 المسؤوليات العامة:**

أ. على المستثمر اتخاذ التدابير الإدارية والفنية اللازمة لضمان أمن المصادر التي بحوزته ابتداءً من تاريخ حيازتها إلى حين التخلص منها استناداً إلى احتمالات التهديد الأمني وحجم العواقب المترتبة نتيجة الإخلال بأمن المصادر وفقاً للتعليمات الصادرة عن الهيئة.

ب. يجب أن تتسم التدابير المتخذة لضمان أمن المصادر بإمكانية رفع مستواها مع ازدياد مستوى التهديد.

ت. على المستثمر ضمان أمن المعلومات ذات العلاقة بالمصادر وأمنها.

ث. على المستثمر تعزيز ثقافة الأمن لدى العاملين لديه.

ج. لا يجوز رفع التحكم عن أي مصدر أو إخراجه من الخدمة إلا بعد الالتزام التام بجميع متطلبات الترخيص وبما يضمن أمنه.

**المادة 21 الإبلاغ في حال الإخلال بأمن المصادر:**

على المستثمر إبلاغ الهيئة بشكل فوري عن أي أمور غير عادية تخل أو قد تخل بأمن المصادر.

**المادة 22 جرد المصادر:**

أ. على المستثمر المحافظة على نظام جرد للمصادر الموجودة في حوزته وفقاً للتعليمات الصادرة عن الهيئة.

ب. يجب أن يضمن نظام الجرد التتبع الآني للمصادر وتوثيق حركتها ومواقعها و على الأخص خلال استخدامها ونقلها ونقل حيازتها والتخلص النهائي منها.

ت. على المستثمر جرد المصادر عند إدخالها إلى مكان التخزين أو إخراجها منه.

**المادة 23 نقل حيازة المصادر:**

أ. لا يجوز للمستثمر – بما في ذلك موردي مصادر الأشعة – نقل حيازة أي مصدر إلى أية جهة إلا بعد التحقق من وجود ترخيص لدى المستلم يتيح له استلام المصدر.

ب. عند نقل الحيازة يجب على المستثمر:

1. توثيق نقل حيازة المصدر.

2. إبلاغ الهيئة عن عملية نقل الحيازة خلال أسبوع من ذلك.

ت. على مستلم مصدر الأشعة إبلاغ الهيئة خلال أسبوع من بدء حيازة المصدر.

**المادة 24 تخزين المصادر:**

عندما لا تكون المصادر قيد الاستخدام على المستثمر ضمان ان تكون مخزنة بطريقة مأمونة كما يجب أن يحقق المخزن المواصفات الأمنية المتوافقة مع التهديد الأمني للمصدر.

# استخدام الاشعاع المؤين في حماية البيئة

ازدادت مشاكل التلوث البيئي مثل تلوث الهواء والماء في العالم وخاصة في الدول الصناعية منذ عام 1960 ازديادا كبيراً حيث أدى التضخم السكاني والتطور السريع للصناعات الكيميائية إضافة إلى التطبيق الواسع للأسمدة والمبيدات الزراعية إلى تلوث كبير في مياه الأنهار والبحيرات والبحار والمحيطات. يسعى العالم منذ ذلك الوقت إلى إيجاد حلول جيدة وتطوير تقانات دقيقة لمعالجة أو للتخلص من الملوثات البيئية. ومن التقانات الحديثة المستخدمة لهذه الغاية والتي بدأت بالظهور في مطلع السبعينات التقانات النووية التي تعتمد على تعريض النفايات غازية كانت أم سائلة أم صلبة إلى الإشعاع المؤين.

## 1. استخدام التشعيع في معالجة النفايات البشرية والصناعية بشكل عام

تستخدم عادة، لتعقيم مياه الشرب عملية الكلورة ولقد أظهرت الدراسات أنها تؤدي إلى تشكل مركبات خطرة صحياً إضافة إلى أنها تعد غير كافية لكلورة كامل المتعضيات الميكروية فهي طريقة غير فعالة آلي حد كبير. وتعد مشكلة رمي النفايات الصلبة في البحار وإطلاق غازات العوادم في الجو مسألةً حرجة وحتى الآن لم تؤمن الطرائق التقليدية حلاً جذرياً ولقد دلت الدراسات ان المعالجة الإشعاعية بواسطة إشعاع غاما أو الإلكترونات طريقة فعالة وجيدة لحل مثل هذه المشاكل. وتشمل هذه المعالجات العديد من الإمكانات نذكر منها:

- تفكيك المركبات العضوية الهالوجينية الصعبة التفكيك بالطرائق البيولوجية.
- تفكيك الأصباغ والمركبات السامة في المياه العادمة والصناعية.
- تعقيم المياه العادمة الناتجة من محطات المعالجة التقليدية.
- تعقيم النفايات الطبية.
- معالجة الاطلاقات الغازية من المعامل.
- إعادة تشكل (تقسية) البلاستيك والمطاط المستعمل.

محطة تشعيع بالإلكترونات في الصين

تستخدم في عمليات التشعيع منابع إشعاعية مختلفة منها منابع غاما مثل الكوبالت 60 والسيزيوم137 ومنابع الإلكترونات عالية الطاقة المولدة بالمسرعات حيث يمكن استخدام الأخيرة التي تتراوح طاقتها بين 2 إلى 10 ميغا إلكترون فولت للحصول على تأثير أعمق في المواد، بزيادة طاقة إلكتروناتها. هذا ويمكن أن يكون نظام التشعيع في منشأة المعالجة الأولية للنفاية أو منفصلاً عنها، وفي كلا الحالتين يجب تشغيل محطة التشعيع بشكل مستمر ونود أن نؤكد هنا على أن العمل بمثل هذه المحطات يحتاج إلى عناية خاصة والتقيد بالقوانين لسلامة العمال وعموم الناس.

## 2. تنقية الاطلاقات الصناعية الغازية

أجريت دراسات عديدة لمعالجة الغازات الناتجة عن احتراق الوقود الأحفوري مثل الغاز والفحم والنفط، ووجد أن تشعيع الغاز الناتج بالإلكترونات الصادرة عن مسرع إلكتروني يؤدي إلى تحويل نسبة من الغازات إلى مركبات أخرى يمكن الاستفادة منها. ويعتمد مبدأ عمل محطات تشعيع الغازات على ان العناصر الأساسية في عمود الغاز مثل النتروجين والأكسجين والماء وأكسيد الكربون تتفاعل مع الإلكترونات لتشكل جسيمات فعالة مثل OH و O و $HO_2$، تؤكسد هذه الجسيمات الفعالة كل من غاز $SO_2$ و $NO_x$ فتحولهما إلى حمض الكبريت وحمض الآزوت بوجود بخار الماء. ولعل أسهل الطرائق الكيميائية لالتقاط هذين الحمضين هي تحويلهما إلى مركب صلب الذي يمكن فلترته ويتم ذلك بإضافة غاز النشادر الذي يتفاعل مع هذين الحمضين ليشكل مركبات صلبة وهي كبريتات الأمونيوم ونترات الأمونيوم التي يمكن أن تستخدم كأسمدة. كما يمكن أيضاً التخلص من هذه الأكاسيد والحموض بإطلاق رذاذ من مادة ماءات الكالسيوم التي تتفاعل مع حمض الكبريت لتشكل مادة صلبة كذلك. وفيما يخص التخلص من المركبات العضوية الطيارة المرافقة للإطلاقات الغازية اللاعضوية المذكورة وبخاصة من معامل الدهانات وغيرها فستخدم عملية التشعيع بالإلكترونات للتخلص منها حيث تتفكك إلى غاز أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون وآثار من غاز الأوزون.

يتعلق مردود معالجة الغازات بعدة عوامل منها الشدة الإشعاعية التي تُعرَّض لها وزمن هذا التعريض وغيره. حيث أن مردود تطهير الغازات من الاطلاقات يزداد بزيادة شدة التشعيع. والمردود يزداد بازدياد الجرعة الإشعاعية حيث يرتفع من 50% إلى 90% إذا ارتفعت الجرعة من 5 كيلو غري إلى 15 كيلوغري. وإضافة إلى ذلك، فان الجرعة اللازمة لتعطي مردوداً أعلى لإزالة الغازات تعتمد أيضاً على طبيعة المادة المتواجدة في عمود الغاز.

ونذكر أخيراً أن من فوائد معالجة الاطلاقات الغازية بهذه الطريقة هو التخلص من غازين هامين ملوثين للبيئة وهما $SO_2$ و $NO_x$ وهي عملية جافة على عكس الطرائق التقليدية الرطبة وتمتاز بإمكان الاستفادة من المادة الصلبة الناتجة من هذه العملية كأسمدة رخيصة.

## استخدام الاشعاع المؤين في حماية البيئة—تتمة

**3. معالجة النفايات السائلة والصلبة (الحمأة)**

لا تعد عملية تعقيم مياه الشرب بالطرائق التقليدية كما أشرنا مثالية، وهذا أسوأ حالاً بالنسبة لمياه المجاري لتشكيلها مركبات أحادية وثنائية وثلاثية ورباعية الهالوميتان إضافة إلى هالوجينات الفينولات. بالإضافة إلى ذلك، فإن تركيز المتعضيات الميكروية في محطات معالجة النفايات التقليدية بطريقة الكلورة لا ينخفض بقدر محسوس ولهذا فان استخدام الإشعاع لتفكيك هذه المركبات يعدّ أحد الحلول الناجعة لتفكيك مثل هذه المركبات. تعتمد معظم منشآت معالجة النفايات الصلبة والسائلة على استخدام المسرعات الإلكترونية أو إشعاع غاما.

إن الماء هو الوسط الحامل لمعظم النفايات السائلة وأبرزها النفايات البشرية ولوجود الماء فائدة في تشكيل جزيئات فعالة كيميائية تساهم في تفكيك المركبات والمتعضيات الموجودة في النفاية. تتأثر جزيئات الماء بالإشعاع فتتهيج أو تتشرد وتتفاعل الجسميات الفعالة (الجذور) المتشكلة بفعل هذا الإشعاع بعضها مع بعض عبر سلسلة من التفاعلات. يلاحظ من هذا المفهوم وجود عدة احتمالات وتعد كل من الجسيمات الفعالة $HO_2$ و$O_2$ اكثر الجسيمات فعالية حيث لها الدور الكبير في تفكيك المركبات العضوية و المتعضيات وخاصة بوجود الأكسجين.

## تكنولوجيا النانو في الوقاية الإشعاعية

إذا قلنا أن هناك مادة واحدة قادرة على تشخيص مرض السرطان، ولاحقاً معالجته وبنفس الوقت مراقبة الاستجابة للمعالجة، فهل من الممكن أن يكون ذلك حقيقة واقعة أم ضرباً من الخيال العلمي؟

إن التطور الهائل والسريع في مجال التقانة النانوية (Nanotechnology) خلال العقدين السابقين من الزمن كان له أثره الكبير في الطب والبيولوجيا كما في العديد من حقول العلم الأخرى. وقد ظهرت مصطلحات علمية جديدة خلال هذه الفترة في هذا المجال كالتقانة الحيوية النانوية (Nanobiotechnology)، الطب النانوي (Nanomedicine)، التشخيص النانوي (Nanodiagnostics)، المعالجة النانوية (Nanotherapeutics) ... إلخ، ليصبح لاحقاً كل منها حقلاً بحثياً بذاته أفردت له العديد من الكتب والأبحاث العلمية. فما هي تقانة النانو، وكيف أسهمت في دعم الوقاية الإشعاعية؟

كلمة نانو هي سابقة وحدات عشرية (Unit prefix) تعني واحد من مليار (واحد من ألف مليون) وتشير إلى الرقم $10^{-9}$. وتعرف المادة النانوية بأنها أي مادة أبعادها الفيزيائية الثلاث تنتمي للمجال 1 – 100 nm. ويمكن أن تكون المواد النانوية أحادية البعد مثل الأنابيب الكربونية النانوي Carbon nanotubes، أو ثنائية البعد كما في الغرافين، أو ثلاثية البعد.

تأتي أهمية هذه المواد لما لها من خواص إلكترونية، بصرية أو لونية (يتغير لونها بتغير نصف قطرها)، كيميائية، ومغناطيسية فريدة مختلفة عن صفات الجسيمات الأكبر من المادة نفسها. يعود الفضل في ذلك إلى المساحة السطحية الهائلة التي يمكن أن تتولد من تحويل كتلة مادية بأبعاد كبيرة نسبياً إلى جسيمات نانوية. وبسبب ارتباط صفات الجسيمات النانوية بأبعادها وتنوع هذه الصفات فقد أصبح من الممكن الحصول على عدد هائل من الصفات الشكلية، الفيزيائية والكيميائية والتوظيف الحيوي السطحي والتي تقدم فرص بحثية كبيرة ضمن مجموعة واسعة من التطبيقات الطبية الحيوية. وأصبح من الممكن استكشاف العديد من الظواهر البيولوجية بالتحكم الدقيق وتسخير هذه الخواص الفريدة للمواد النانوية، وبالطبع وجدت التقانة النانوية في أبحاث السرطان موطناً مهماً لتطبيقاتها، ولم تقتصر هذه التطبيقات على الجانب العلاجي للسرطان فحسب بل امتد أثرها ليساهم في مجالي التصوير والتشخيص الإشعاعي.

حيث ساهمت، على سبيل المثال لا الحصر، في تطوير الطب التشخيصي من خلال تقديم عوامل تباين ((Contrast Agents، حسنت من توضيح رؤية حدود الورم. وأيضاً من خلال تطوير ما يسمى بـ "مختبر على رقاقة" (Lab-on-a-chip) وهي شريحة صغير قد لا تتجاوز أبعادها الميليمتر الواحد تجمع بين وظيفة أو عدة وظائف لمختبر مما أدى إلى جعلها أكثر سرعة وحساسية وكفاءة. كما ساهمت في تطوير عملية إيصال الدواء إلى مستقبلات ظهارية محددة في النسيج الهدف (Drug Delivery). ولا حقاً تم إيجاد جسيمات نانوية ثنائية أو متعددة الوظائف والتي تتحدى التمييز التقليدي بين عوامل التشخيص والمعالجة وتشمل الأمثلة هنا عوامل تباين تستطيع إيصال الأدوية. كما استخدمت الجسيمات النانوية المغناطيسية في معالجة السرطان من خلال رفع درجة حرارة الخلايا السرطانية (Hyperthermia)، حيث يتم إيصال الجسيمات النانوية في هذه الحالة إلى الورم، ثم بتعريضها لحقل مغناطيسي متغير تبدأ بالاهتزاز وفق تواتر تغير الحقل المغناطيسي، ويؤدي احتكاكها بالمواد الخلوية إلى رفع درجة حرارة الخلية السرطانية مما يؤدي إلى موتها. كما استخدمت الجسيمات النانوية في تصنيع نسج قماشية واقية من الأشعة المؤينة. إن جميع هذه الأمثلة ساهمت في تعزيز وقاية المرضى والأطباء من التطبيقات الطبية للأشعة المؤينة من خلال تحسين ظروف تشخيص المرض، وإيصال الدواء الى الخلايا الهدف، دون إلحاق ضرر بالخلايا السليمة المجاورة للورم عند المريض. مما جنب المريض والطبيب الحصول على جرعات زائدة غير مفيدة.

# الدورة التدريبية الإقليمية حول مواصفات وتقيم واستلام واختبارات تجهيزات المعالجة الإشعاعية

أقامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA الدورة التدريبية الإقليمية حول "مواصفات وتقيم واستلام واختبارات تجهيزات المعالجة الإشعاعية" في مدينة جاكرتا بإندونيسية بالتعاون مع شعبة الفيزياء يقسم الرياضيات في جامعة إندونيسية في لفترة الواقعة 21 –25 آذار 2019 ضمن برنامج التعاون التقني TN-RAS6088 تحت عنوان تعزيز التعليم والبرامج التدريب السريري للفيزيائيين الطبيين بهدف تحسين الرعاية الطبية للمريض خلال جلسات المعالجة الإشعاعية من خلال تعزيز تعليم وتدريب الفيزيائيين الطبيين العاملين في المشافي وفقاً للمعايير الدولية. وقد بلغ عدد المشاركين 25 مشارك من دول الشرق الأوسط ودول شرق آسيا.

كان الهدف من هذه الدورة التدريبية تعليم وتدريب الفيزيائي الطبي على النقاط التالية:

- طرق إعداد المواصفات الفنية اللازمة لشراء تجهيزات المعالجة الإشعاعية (المسرعات الخطية – أجهزة المعالجة بالكوبالت Co-60 أنظمة تخطيط المعالجة الإشعاعية Treatment Planning System TPS تجهيزات المعالجة عن قرب HDR Brachytherapy).
- التوصيات الدولية الخاصة بإنشاء وتصميم مراكز المعالجة الإشعاعية بالإضافة إلى طرائق حساب سماكة جدران غرف المعالجة الإشعاعية.
- التدريب على التقنيات الحديثة المستخدمة في العلاج الإشعاعي.
- اختبارات القبول واختبارات ما قبل التشغيل من أجل تهيئة تجهيزات المعالجة الإشعاعية للبدء في المعالجة الإشعاعية للمرضى
- تدريبات عملية على تقيم أداء تجهيزات المعالجة الإشعاعية وخاصة التقنيات الحديثة IMRT, Tomotherapy, TPS, HDR Brachytherapy
- استخدام تجهيزات المعالجة شكل سليم في معالجة المرضى
- إجراء اختبارات ضبط الجودة الدورية (اليومية والأسبوعية والشهرية ....).

كانت الدورة غنية بالمعلومات النظرية ألقاها خبراء مختصون في مجال الفيزياء الطبية حيث جرى التأكيد على أهمية دور الفيزيائي الطبي في مختلف الجوانب الخاصة في المعالجة الإشعاعية بدءً بالتصميم الذي يجب أن يؤمن الوقاية والأمان الإشعاعي لكل من المرضى والعاملون وعموم الناس ويجب أن يتم بإشراف خبير مؤهل في الفيزياء الطبية من أجل حسابات سماكة الجدران ومتطلبات الوقاية الإشعاعية. وأكد خبراء الوكالة على أنه يجب عرض التصميم على الجهات الرقابية (مكتب التنظيم الإشعاعي) من أجل التحقق من أن التصميم يتوافق مع متطلبات السلطة الرقابية والحصول على ترخيص الإنشاء. يجب الحصول على هذا الترخيص قبل البدء بالإنشاء.

بالإضافة إلى الجزء النظري عززت التدريبات العملية المعرفة العلمية للفيزيائي الطبي وقد شملت كافة الجوانب التي يحتاجها الفيزيائي الذي يعمل في مجال المعالجة الإشعاعية. حيث جرى التدرب على إجراء اختبارات ضبط الجودة لكافة التجهيزات المستخدمة في المعالجة الإشعاعية (التجهيزات المستخدمة في محاكاة المعالجة والتجهيزات المستخدمة في تقديم الجرعات الإشعاعية كالمسرعات الخطية وغيرها).

ومن التوصيات التي يمكن استنتاجها من هذه الدورة:

- التعاون مع وزارتي التعليم العالي والصحة من أجل اعتماد إجراءات محددة لترخيص الفيزيائي الطبي وتنظيم ترخيص مراكز العلاج بالإشعاع.
- إجراء تعديلات على طرق ترخيص مراكز المعالجة الإشعاعية.
- وضع معايير خاصة بإنشاء وتجهيز مراكز العلاج الإشعاعي (الأجهزة والعاملين).
- التعاون مع الهيئات والسلطات الرقابية المختصة (في الهيئة ووزارة التعليم العالي ووزارة الصحة) من أجل تحسين واقع المعالجة الإشعاعية.
- إقامة دورات تدريبية لتأهيل ورفع سوية الفيزيائيين الطبيين العاملين في المشافي.

تأسيس برنامج من أجل التدقيق على قياس الجرعات بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية يشمل جميع مراكز (تجهيزات) المعالجة الإشعاعية بهدف التحقق من دقة قياس الجرعة الإشعاعية في مراكز المعالجة الإشعاعية في القطر.

# ورشة العمل الوطنية حول الوقاية الإشعاعية في التصوير الإشعاعي المقطعي المحوسب

ضمن إطار خطة هيئة الطاقة الذرية السورية في رفع سوية ثقافة الوقاية الإشعاعية وتعزيزها في ميادين العمل التطبيقية المختلفة وبخاصة فيما يتعلق منها بالتعرضات الإشعاعية الطبية، وبما يضمن وقاية المرضى والعاملين وعموم الناس من أخطار الأشعة المختلفة، أقام المركز التدريبي للعلوم والتقانات النووية في هيئة الطاقة الذرية بالتعاون مع قسم الوقاية والأمان بتاريخ 30 نيسان 2019 ورشة عمل وطنية بعنوان "الوقاية الإشعاعية في التصوير الإشعاعي المقطعي المحوسب CT" وذلك في مقر الهيئة الكائن في كفرسوسة، وشارك في هذه الورشة عدد من الأطباء الشعاعيين وفنيي الأشعة من المشافي الحكومية والخاصة.

تضمن برنامج الورشة خمس محاضرات علمية تخصيصية تمحورت حول النقاط التالية:

- الأشعة في الطب: واحدات قياسها، تفاعلاتها مع المادة، آثارها البيولوجية
- مبادئ الوقاية الإشعاعية في التعرضات الطبية
- تبرير الاجراءات في التصوير الإشعاعي التشخيصي المقطعي
- استمثال جرعات المرضى في التصوير الإشعاعي التشخيصي المقطعي
- أهمية ضبط جودة جهاز التصوير الإشعاعي المقطعي المحوسب

وعرض السيد الدكتور المهندس يحيى لحفي المشرف العلمي على هذه الورشة الخطوات العملية لطرق تطبيق معايير الوقاية الإشعاعية في التصوير المقطعي المحوسب وبما يضمن تبرير إجراء التصوير الشعاعي من جهة وجودة الصورة الشعاعية المقطعية من جهة أخرى.

وفي ختام الورشة تم إجراء مناقشة عامة تمنى خلالها المشاركون استمرار الهيئة في عقد مثل هذه الورشات التخصصية دورياً وبما يسمح للقائمين على الممارسات الإشعاعية في الحقل الطبي بالقيام بالمهام الموكلة إليهم بالشكل الأمثل فيما يتعلق بالوقاية الإشعاعية. وتقدم المشاركون بجزيل الشكر لإدارة الهيئة على عقدها لهذه الدورات والورشات الوطنية الهامة وعلى الاهتمام الكبير الذي تبذله في سبيل تعزيز ورفع سوية الوقاية الإشعاعية في التعرضات الطبية المختلفة.

*شارك في هذا العدد:*

*د. محمد سعيد المصري  د. م. يحيى لحفي*
*د. محمد حسن عبيد  ف. أسامة أنجق*

*الإخراج الفني: زهير شعيب*

*للمراسلة:*
*هيئة الطاقة الذرية السورية—قسم الوقاية والأمان*
*دمشق - سوريا - ص.ب 6091*
هاتف: 00963112132580- فاكس:00963116112289
بريد إلكتروني: protection@aec.org.sy
الموقع الالكتروني: www.aec.org.sy


الصفحة 5