الفصل الثاني عشر

الأشعة السينية
والتصوير الإشعاعي

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الثاني عشر

الأشعة السينية والتصوير الإشعاعي

11ـ 1 مقدمة:

عام 1895م اكتشف الفيزيائي الألماني "وهيلم كونارد رونتجن" الأشعة السينية، وكان رونتجن فيزيائيًّا مهتمًّا بإجراء التجارب على الأنابيب المفرغة من الهواء، وقد لاحظ في أثناء تجاربه على هذه الأنابيب أنه عندما يقرب منها شاشة مغطاة بطبقة من سيانيد الباريوم البلاتيني فإنها تتوهج، وبعد بحوث إضافية استنتج أن سبب حدوث الفلورة هو أشعة غير مرئية لا يقتصر اختراقها على الزجاج فحسب، بل حتى المواد المعتمة للضوء. ولقد وجد أنه يستطع -بهذه الأشعة- تصوير ما بداخل الأجسام مثل التركيب العظمي لليد[1]؛ لأن العظم يوقف الأشعة السينية أكثر مما يفعله اللحم الطري. وتعرف الصور المأخوذة بإمرار الأشعة السينية خلال الأجسام -بهذه الطريقة- **بالصور الإشعاعية**.

وتم تقييم الأهمية الكبيرة للأشعة في الطب مباشرة، حتى أضحى كثير من الأطباء ـ في أنحاء عدة من العالم ـ وفي خلال أشهر من هذا الاكتشاف، يستخدمون الأشعة السينية معيناً في التشخيص، وأصبحوا يعرفون **بالإشعاعيين (أو أطباء الأشعة)**، وقد هلك كثير منهم فيما بعد بسبب التعرض الزائد للإشعاع، كما ذكر في الفصل الخامس. وتستخدم الأشعة السينية حالياً بصورة واسعة في الطب ليس لأجل التشخيص فقط، بل في علاج الأمراض كذلك، ولها استخدامات في الصناعة وفي البحث العلمي.

وتنتمي الأشعة السينية إلى مجموعة الأشعة الضوئية نفسها وموجات المذياع وأشعة جاما، فهي أشعة كهرومغناطيسية، ليست لها كتلة ولا شحنة، ولكن لها طول موجي يعتمد

---

(1) لقد تمكن رونتجن من أخذ أول صورة بالأشعة السينية ليد زوجته أظهرت تركيب العظام فيها، وذلك جزء من بحثه الدقيق لخواص هذه الأشعة التي اكتشفها.

على طاقتها، وتختلف الأشعة السينية عن أشعة جاما من ناحيتين مهمتين: الأولى أن أشعة جاما تنشأ من داخل نواة الذرة، في حين تنشأ الأشعة السينية من تغير في مدار الإلكترون، والثانية أن أشعة جاما من مصدر معين لها طاقات محدودة، في حين أن للأشعة السينية ـ في العادة ـ مدى واسعاً أو طيفاً من الطاقات يصل إلى قيمة قصوى مميزة.

وأهم طريقة لتوليد الأشعة السينية مبنية على عملية تعرف باسم (Bremsstrahlung) وهو الاسم الألماني **لأشعة الكبح أو التوقف**، وتنتج هذه الأشعة عندما تبطئ الجسيمات المشحونة –الإلكترونات عادة– المنطلقة بسرعات عالية جدًّا بصورة فجائية باصطدامها بهدف. فمثلاً عندما ترتطم أشعة بيتا من مصدر مشع بمواد حاجز تتولد أشعة الكبح. وتعتمد كفاءة إنتاج أشعة الكبح بهذه الطريقة كثيراً على الوزن الذري لمادة الهدف، فالمواد ذوات الوزن الذري العالي (Z) تعطي أشعة أكثر بكثير مما تعطيه المواد ذوات الأوزان الذرية المنخفضة، ولهذا السبب تستخدم المواد الأخيرة –مثل البيرسبكس– في حجز مصادر بيتا. ومهما تكن الحالة، فإن كثافة الأشعة المنتجة بواسطة جسيمات بيتا تعدّ منخفضة جدًّا لمعظم التطبيقات. والطرق المستخدمة لإنتاج الأشعة السينية للأغراض الطبية والصناعية أنبوبة تفريغ كهربائي تشبه الطريقة التي استخدمها رونتجن، ولكن الأجهزة الحديثة تمتاز بكونها أكثر أماناً وأعلى كفاءة.

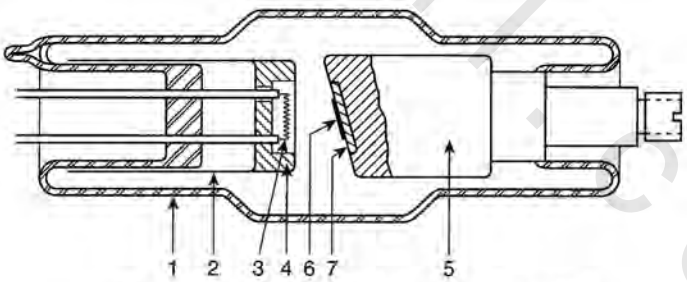
12ـ2 أجهزة الأشعة السينية:

12-2-1 عموميات:

تتولد الأشعة السينية بإيقاف الإلكترونات المنطلقة بسرعات عالية وبصورة فجائية بواسطة مواد مرتفعة الوزن الذري؛ لذا فإن مُوَلِّد الأشعة السينية يتطلب مصدراً للإلكترونات ووسيلة لتعجيلها إلى سرعات عالية، وهدفاً توجه إليه الإلكترونات؛ لذا تتركب وحدة الأشعة السينية من أنبوبة وعدد من الدوائر الكهربائية التي توضع في وحدة منفصلة للتحكم.

12-2-2 أنابيب الأشعة السينية ذوات المهبط الحار:

يصور الشكل (12-1) نوعاً حديثاً لأنبوبة الأشعة السينية، حيث تحوي مهبطاً ومصعداً في داخل أنبوبة زجاجية مفرغة الهواء إلى ضغط منخفض جدًّا، فالمهبط هو مصدر الإلكترونات ويتركب من فتيلة التنجستن التي تسخن حتى التوهج بواسطة تيار كهربائي، ما يؤدي إلى **غليان**[1] الإلكترونات فيها، وتعجل هذه الإلكترونات نحو الهدف بواسطة جهد كهربائي عالٍ يسلط بين المصعد والمهبط. يكون الهدف أحد أجزاء المصعد، ويصنع من مواد مرتفعة الوزن الذري من أجل الحصول على أعلى كفاءة ممكنة لإنتاج الأشعة السينية، غير أنه حتى عند أفضل الكفاءات العملية، فإن نسبة طاقة الإلكترونات التي تظهر على شكل أشعة سينية لا تتجاوز الواحد في المئة، أما بقية الطاقة فتظهر على شكل حرارة، ولهذا يجب أن تكون درجة انصهار الهدف عالية، ويكون بالإمكان التخلص من الحرارة، ويحقق هذا الهدف بعمل المصعد من القصدير ذي التوصيل الحراري العالي مع وضع هدف من التنكستن مواجه للمهبط.



شكل (12-1) أنبوبة مثالية للأشعة السينية ذات المهبط الثابت

(1) تعبير مجازي لتسهيل الشرح، وإلا فالمصطلح العلمي إثارة (**Excitation**).

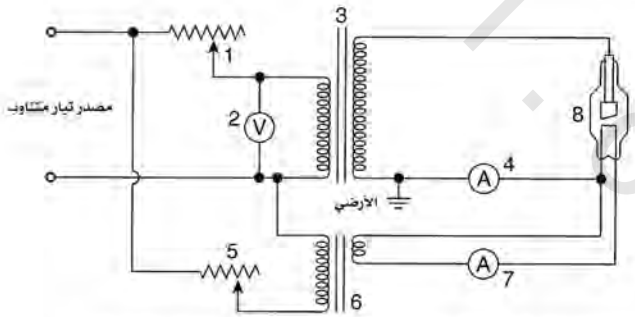
ويصنع مصعد القصدير أحياناً من كتلة صلدة وله مشعاع مزعنف يمتد إلى خارج الأنبوبة للمساعدة في التبريد. أما في الوحدات الأعلى طاقة، فيكون المصعد مجوفاً ويبرد بتدوير زيت أو ماء بداخله. وفي التطبيقات كما في التصوير الإشعاعي، فإن من المهم أن يكون مصدر الأشعة السينية صغيرًا جدًّا من أجل الحصول على تحديد جيد، ولهذا تثبت الفتيلة على كأس مقعر يركز الإلكترونات على مساحة صغيرة من الهدف. وفي هذه الحالة، يجب أن تتخذ تدابير خاصة لمنع التسخين الزائد للهدف. وقد يحتوي المصعد على قرص دوار، وفي هذه الحالة تبقى مساحة الهدف الفعالة صغيرة، ولكن تزداد المساحة المسخنة بصورة كبيرة ما يمكّن من تحميل الأنبوبة كثيراً دون تعريض المصعد للذوبان. وتستخدم هذه الأنواع من الأنابيب في وحدات الأشعة السينية الطبية، حيث تؤدي الكثافات العالية وأزمنة التعرض المنخفضة إلى تقليل المشكلات التي تسببها حركة الجسم.

12-2-3 الإمداد الكهربائي والتحكم:

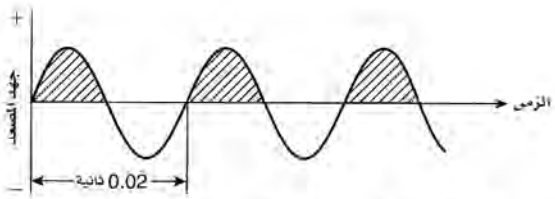
الإمدادات الكهربائية المتطلبة لتشغيل أنبوبة الأشعة السينية هي: جهد كهربائي منخفض إلى الفتيلة وجهد كهربائي مرتفع جدًّا يسلط بين المصعد والمهبط، وتسد هذه الحاجة عادة من مصدر للتيار المتغير، ففي حالة الفتيلة يستخدم محول كهربائي لخفض الجهد والحصول على نحو 12 فولتًا متغيرًا بتيار يمكن تغيره في مدى أمبيرات عدة. أما جهد الأنبوبة (بين المصعد والمهبط) فيستخدم له محول آخر لرفع الجهد الكهربائي الرئيس (230 فولت في المملكة المتحدة[1]) إلى المستوى المطلوب لتشغيل الأنبوبة، وهو عادة ما بين 5,000 فولت وحتى ملايين الفولتات تبعًا لنوع الاستخدام. وحيث إن الجهد الكهربائي مستمد من موزع رئيس متغير، فإن الجهد بين المصعد والمهبط متغير كذلك، والشكل (12-2) يوضح تمديداً كهربائيًّا مثاليًّا.

(1) 110 فولتات أو 220 فولتًا في بعض الدول الأخرى.

في أنبوبة الأشعة ذات المهبط الحار تنساب الإلكترونات من المهبط إلى المصعد فقط؛ لعدم وجود مصدر للإلكترونات في المصعد، ولا تنساب الإلكترونات إلى المصعد إلا بفعل الجهد الموجب (تذكر أن الإلكترون يحمل شحنة سالبة)، ولهذا تمرر الأنبوبة تياراً كهربائيًّا وتتولد أشعة سينية عندما يكون المصعد موجباً فقط، والشكل (12-3) يظهر تغير جهد المصعد مع الزمن، فالمساحة المظللة تمثل الأوقات التي تنساب فيها الإلكترونات نحو المصعد (يعني مرور تيار) فتتولد أشعة سينية على الهدف، ولهذا لا يكون إنتاج الأشعة السينية بصورة مستمرة، بل يكون على شكل سلسلة من النبضات، فإذا ما كان المصدر المتغير مثلاً ذا تردد مقداره 50 ذبذبة في الثانية، فإن هناك 50 نبضة من الأشعة السينية تنطلق في الثانية. إن هذا النبض له بعض الأهمية في تصميم أجهزة مراقبة الأشعة السينية، حيث إنَّ بعض أجهزة الكشف المصممة بشكل سيء قد تعطي قراءات تعتمد على تردد نبضات الأشعة السينية بدلاً من معدل الكثافة، وقد زودت بعض الأجهزة بدوائر كهربائية خاصة تعمل على تنعيم نتاج الأشعة السينية لتعطي مردوداً خارجيًّا أكثر انتظاماً مع الزمن.



شكل (12-2) تمديد طاقة مبسط لجهاز أشعة سينية



شكل (12- 3) إنتاج الأشعة السينية في أنبوبة ذاتية التقويم

12- 3 نوعية الأشعة السينية وكثافتها:

تعتمد نوعية طاقة الأشعة السينية على قمة الجهد المسلط على مصعد الأنبوبة، فإذا كانت قمة الجهد في الشكل (12-3) هي 200,000 فولت يعبر عنها بـ 200 كيلو فولت قمة (أو بالإنجليزية 200 kVp) فإن أعلى طاقة للأشعة السينية المنتجة 200 كيلو فولت، غير أن هذه الطاقة قليلة جدًّا فيها، أما معظم الأشعة السينية فلها طاقات أقل، ومع هذا تعرف نوعية الأشعة السينية بطاقة القمة، فيقال: أشعة سينية طاقة 200 كيلو فولت قمة. وتعتمد شدة اختراق الأشعة السينية بصورة كبيرة على طاقتها، فإن نوعية الأشعة السينية المستخدمة لتصوير يد إنسان مثلا ستكون منخفضة كثيراً، ولا تصلح لتصوير لوح من الفولاذ سمكُه سنتيمتر واحد، ولهذا يسلط الجهد الملائم في الأنبوبة لإعطاء النوعية (الطاقة) المناسبة من الأشعة السينية لكل تطبيق، والجدول (12-1) يعطيك أمثلة عدة على جهد التشغيل المناسب وزمن التعرض في التصوير الإشعاعي في بعض التطبيقات الطبية والصناعية.

جدول (12-1) أمثلة لجهد التشغيل في التصوير الإشعاعي.

الغرض	نوع التصوير	جهد القمة كيلو فولت	المسافة	التيار ملي أمبير
تشخيص إشعاعي	عظم الإصبع	40	1	10
	الجمجمة	80	1	100
	الصدر	80	2	80
	الحوض	120	1	150
تصوير صناعي	6 ملم فولاذ	120	0.5	10
	25 ملم فولاذ	160	0.5	200

وبينما يتحكم جهد الأنبوبة في نوعية الأشعة السينية، فإن معدل الكثافة يحكمه مقدار التيار المار في الأنبوبة بين المصعد والمهبط، فهذا التيار المقيس بالملي أمبير يحدده عدد الإلكترونات المنطلقة من المهبط، وهذا العدد تحكمه حرارة الفتيلة التي تعتمد بدورها على مقدار التيار المار في دائرة الفتيلة ذات الجهد المنخفض. ومادام معدل الجرعة ينظم بتيار الأنبوبة فإن الجرعة الكلية في حالة ما تعتمد على تيار الأنبوبة مضروباً في زمن التعرض[1]، لذا فالجرعة المستلمة من التعرض لعشرة ملي أمبير مدة ثانية واحدة هي الجرعة نفسها عندما يكون التيار ملي أمبير واحد، ويكون الزمن عشر ثوانٍ، فالتعرض في كلتا الحالتين نفسه (أي 10 ملي أمبير- ثانية).

يعدّ معدل الجرعة من جهاز الأشعة السينية عالياً جدًّا مقارنةً بمعدل الجرعة من مصادر مثالية مغلقة لأشعة جاما. ويعرف المردود (الخارج) عادة بمعدل الجرعة الممتصة بالملي جراي في الدقيقة على بعد متر واحد من الجهاز، وتيار الأنبوبة هو ملي أمبير واحد. ويوضح الجدول (12- 2) بعض القيم المثالية للمردود (الخارج).

جدول (12- 2) مردود (خارج) مثالي لأجهزة أشعة سينية

المرشحات	الطاقة القصوى كيلو فولت	معدل الجرعة على بعد متر واحد، ملي جراى/ دقيقة للملي أمبير الواحد
شباك بريليوم	50	100
3 ملم ألمنيوم	100	30
2 ملم قصدير + 1 ملم ألمنيوم	200	20
3 ملم قصدير + 1 ملم ألمنيوم	300	10
3 ملم قصدير + 1 ملم ألمنيوم	500	25

(1) هذا يصح فقط إذا كانت طاقة الأشعة السينية ثابتة في كل الحالات، وإلا فلطاقة الأشعة السينية تأثير كبير في تحديد الجرعة.

تكمن أهمية نافذة البريليوم الرقيقة المذكورة في الجدول (12-2) في تقليل الخسارة في المردود (الخارج) لأنه في الجهود المنخفضة تكون شدة اختراق الأشعة السينية منخفضة إلى حد يجعل نسبةً عاليةً منها تمتص من قبل زجاج الأنبوبة.

أما في الجهود العليا فتوضع مواد امتصاص إضافية تعرف **بالمرشحات** في طريق حزمة الأشعة السينية، يكون الغرض منها امتصاص الأشعة المنخفضة الطاقة أو ما يسمى **بالأشعة اللينة**، دون أن تؤثر كثيراً على الحزمة المفيدة؛ لأنه -كما مر بنا سابقاً- تولّد الأشعة السينية بكل الطاقات حتى جهد القمة، والحزمة المفيدة هي النسبة القليلة من الأشعة ذات الطاقات العالية. أما بقية الأشعة فغير مرغوب فيها لأسباب عدة، ففي التصوير الإشعاعي الطبي مثلاً ليس للأشعة المنخفضة الطاقة أي دور في تكوين الصورة، ولكنها تؤدي إلى تعرض جلد المريض لجرعة غير ضرورية، والمرشح المستخدم عادة هو الألمنيوم بسمك مناسب.

12-4 الوقاية من الأشعة السينية:

12-4-1 قواعد عامة:

هناك اختلاف بين المصادر المشعة وأجهزة الأشعة السينية، فحيث تطلق المصادر الأشعة بصورة مستمرة فإن أجهزة الأشعة تشتغل وتتوقف، ويكون معدل الجرعة من الجهاز في أثناء التشغيل أعلى بكثير عما هو عليه في مصادر الإشعاع الصغيرة المغلقة؛ لذا يجب تشغيل الأجهزة بحيث لا يتعرض أي جزء من جسم عامل التشغيل أو أي شخص آخر إلى الحزمة المباشرة بصورة غير متعمدة. وفيما يلي القواعد العامة المطبقة من أجل حماية العاملين:

(1) التدريب الكافي لجميع العاملين الذين يشغلون أو يستخدمون معدات الأشعة السينية على الطرق الصحيحة في التشغيل وتعريفهم بالأخطار المحيطة بهم.

(2) تقليص حجم الحزمة الإشعاعية إلى الحد الأدنى الضروري، وذلك بتوفير الحواجز والحصول على المحزمات المتممة للجهاز.

(3) استخدام المرشح المناسب للتخلص من الأشعة اللينة غير المرغوبة.

(4) تشغيل أجهزة الأشعة السينية في غرف حاجزة للإشعاع ما أمكن ذلك، كما يجب أن يكون التحكم من خارج الغرفة، ويثبت قفل يمنع اشتغال الأجهزة طالما كان الباب مفتوحاً.

(5) توفير التنبيه الآلي المرئي والمسموع عند تشغيل الجهاز، أو عندما يكون على وشك التشغيل.

(6) التأكد من كفاءة تدابير التحكم بوضع نظام لمراقبة العاملين ومراقبة المنطقة.

إن التدابير المتخذة في كل حالة بعينها تعتمد بشكل كبير على نوع العمل والظروف المحيطة، إن التطبيقات الرئيسة للأشعة السينية هي في التصوير الصناعي والطبي، وهذا الفصل يتناول الحماية من الأشعة السينية في التطبيقات الصناعية وفي البحث، والاستخدامات الطبية مفصلة بإسهاب في الفصل الثالث عشر.

12-4-2 الوقاية من التصوير الإشعاعي الصناعي:

إن التطبيق الصناعي الرئيس هو في الفحوصات غير المتلفة للمنتجات، ومصنع المعالجة وفي تراكيب الهندسة المدنية، ويكون التصوير الإشعاعي -في بعض الأحيان- جزءاً من عملية الإنتاج، فيوضع في مكان مناسب في تجهيزات محجوزة إشعاعيًّا مع توافر الوقاية المناسبة، ويجري التصوير الإشعاعي في حالات أخرى في الخارج تحت ظروف غير مثالية كمواقع الإنشاءات، وفي تطبيقات أخرى وخاصة عندما يكون حجم الجسم يتطلب إشعاعاً أكثر قدرة على الاختراق فإن التصوير الإشعاعي يجري باستخدام مصادر لأشعة جاما، وعادة ما تكون كوبلت - 60 أو أريديوم - 192.

إن القواعد العامة التي تطبق في التحكم في أخطار التصوير الإشعاعي هي:

(1) ينبغي حصر استخدام الفحص غير الإتلافي، باستخدام الإشعاع المؤين عندما تكون له مزايا واضحة على الطرق الأخرى.

(2) يجب أن يجري التصوير الإشعاعي، أو أي عملية تستخدم فيها الأشعة المؤينة من ماكينة أو من مصدر مغلق، داخل حاوٍ محجوز إشعاعيًّا، إن كان ذلك ممكناً عمليًّا.

(3) يجب أن تكون لوحة التحكم في الأجهزة موضوعة خارج الحاوي، وأن تتوافر المعدات التي تضمن توقف الأجهزة آليًّا عندما يفتح باب الحاوي في أثناء التشغيل.

(4) من أجل حماية العاملين الذين قد يقفل عليهم سهواً داخل الحاوي؛ لا بد أن توفر لهم وسيلة الاتصال لطلب العون، إضافة إلى توافر واحد أو أكثر من التجهيزات الآتية:
- وسيلة للخروج.
- وسيلة لوقف الأجهزة.
- منطقة محمية من الإشعاع.

(5) يجب إعطاء إشارات مسموعة أو مرئية (أو كليهما) قبل البدء في تشغيل الأجهزة، وإشارة مختلفة في أثناء تشغيل الأجهزة، وعند استخدام مصدر جاما المقصود "بالتشغيل" أن المصدر خارج موقع خزنة المحجوز، "وعدم التشغيل" يعني أنه قد أعيد لموقع خزنه.

إن المشكلات الرئيسة التي وقعت تاريخيًّا في التصوير الإشعاعي عندما أجريت في ظروف الموقع من قبل متعاقدين أو متعاقدين في الباطن عادة. وكانت الجرع للمشغلين مرتفعة فعلاً، وكانت هناك حالات تعرض غير متعمدة لعمال آخرين، وكانت هناك حوادث

اشتملت على فقدان مصادر مشعة أو كسرها، والتغيرات التي أجريت حديثاً على الأنظمة هدفت إلى التأكيد أن أخذ الصور الإشعاعية في الموقع تكون فقط عندما لا يكون من العملي نقل الوحدة في حاوٍ مناسب محجوز، وعندما يتطلب إجراءه في الموقع أن يكون مخطط له بشكل مناسب ومتحكم فيه، وقبل أخذ أي صورة إشعاعية في ظروف الموقع، ينبغي إجراء تقويم الخطر لتحديد جميع المخاطر المتعلقة بالعمل المقترح، ويشمل كذلك المخاطر غير الإشعاعية، وينبغي اتخاذ كل التدابير المعقولة لحماية الآخرين في الموقع، مثل استخدام حواجز موضعية وقيود مادية على الدخول ، وينبغي إعطاء احتمال وقوع حوادث قد تؤدي إلى زيادة التعرض، وأخذ التدابير لمنع مثل هذه الحوادث أو تقليل عواقبها.

12-4-3 الوقاية في تطبيقات البحث:

يستخدم التطبيقان الرئيسان للأشعة السينية في البحث العلمي في التصوير السيني في علم البلورات وفي علم طيف الأشعة السينية. فالبلورات عبارة عن ذرات مرتبة حسب نظام معين، وقد وجد أنه عند تعريضها للأشعة السينية تتولد نماذج محددة من الأشعة المستطارة تعرف بنماذج الحيود، والطبيعة التفصيلية لهذه النماذج تعطي معلومات مهمة عن تركيب البلورات.

وتستخدم في علم البلورات حزمة من الأشعة السينية ذات فيض عالٍ جدًّا، ومقطع مستعرض صغير، وهذه تتسبب في مشكلات فيزياء صحية خاصة. أما في علم طيف الأشعة السينية فتشعع المواد بهذه الأشعة، فتحدث إثارة نتيجة امتصاص الطاقة، وتنطلق أشعة سينية ثانوية ذات طاقة مميزة للعنصر، ولهذا فإن عملية قياس هذه الأشعة السينية الثانوية تمكن من تحليل المادة.

والاحتياطات الواجب اتخاذها في مثل هذا النوع من العمل تشمل:

(1) يجب أن تكون الأجهزة محجوزة إشعاعيًّا بدرجة كافية، وعندما يكون من الضروري وجود منفذ إلى داخل المعدات فينبغي إما أن تتوقف الماكينة آليًّا، وإما أن تُتخذ الخطوات الناجعة لمنع إدخال أي جزء من الجسم في مسار الحزمة في أثناء التشغيل.

(2) عند استخدام نظام الكاميرا أو نظام تسديد الحزوز، يجب أن تكون الحزمة المفيدة محصورة تماماً لتوفير حجز إشعاعي كافٍ.

(3) يجب توافر معدات إنذار مرئية أو مسموعة تشغل آليًّا كلما كانت الأجهزة الإشعاعية مشتغلة.

5.12 مراقبة منشآت الأشعة السينية:

يعدّ المسح الإشعاعي الشامل من الإجراءات المهمة في ترخيص منشأة التصوير الإشعاعي، أو الأجهزة الأخرى التي تولد أشعة مؤينة. ويعطى اهتمام خاص للكشف عن أي ضعف محتمل في الحاجز الإشعاعي في كل من مواضع الاتصال في مواد الحاجز، ونوافذ الرؤية، والأبواب والثقوب، أو قنوات الصيانة. إن هذا المسح الذي يُجرى عادة عند أعلى حد لكل من جهد وتيار الأنبوبة تحت أوضاع التشغيل الاعتيادية، ثم تحت أشكال تشغيل محتملة. فلنفترض -على سبيل المثال- حالة التجهيزات التي صممت بحيث تتجه حزمة الأشعة السينية فيها في مستوى أفقي، وقد حفظت المناطق المتاخمة بجدران سميكة، فإذا ما غير اتجاه الوحدة، وأصبحت حزمة الأشعة موجهة باتجاه عمودي، فهل يحدث هذا مستويات من الإشعاع غير مقبولة في المناطق التي هي فوق أو أسفل التجهيزات؟ يجب أن يكون راسخاً في الذهن أنه إذا كان هذا التغيير ممكناً، فإن من المحتمل إجراءه في يوم من الأيام، وحتى لو كانت المناطق فوق وأسفل الحجيرة غير مأهولة، يمكن أن تحدث معدلات جرع خارج الحواجز نتيجة حيود الأشعة، وهذه تسمى غالبا "إضاءة السماء" [sky shine]. فإذا ما وجد أن من المحتمل حدوث

مستويات إشعاعية مرتفعة في مناطق مجاورة، فيجب اتخاذ التدابير المانعة لذلك، أو على الأقل إعطاء إنذار عند تلك الحالات، ويمكن أن يتم ذلك إما: بنصب حاجز ميكانيكي يمنع تشغيل الحزمة خارج حدود الوحدة، أو بإعداد الحواجز الإضافية، أو بنصب مراقب لأشعة المناطق لتعطي إشارات إنذار، وتفضل ـ عموماً ـ إحدى الطريقتين الأوليين.

ومن البدهي أن المسائل من هذا النوع يجب دراستها في مرحلة التصميم، ومع هذا فمن الضروري التأكد من سلامة التجهيزات بالقياس المباشر بعد الإنشاء. وينبغي إعادة المسح الإشعاعي بصورة دورية خاصة عند إدخال تغييرات في إجراء التشغيل.

ومن المهم العناية في اختيار أجهزة مراقبة الأشعة السينية، والمشكلة الرئيسة فيها **استجابة الطاقة**، فكثير من الأجهزة التي تعمل بصورة مقبولة لأشعة جاما والأشعة السينية المرتفعة الطاقة تعطي معدلات جرع سينية تنقص كثيراً عند أدنى من 100 كيلو فولت قمة تقريباً.

ومن المرجح أن تكون **غرف التأين** هي أنسب الأجهزة في أعمال الطاقات المنخفضة التي تحوي نافذة رقيقة، على الرغم من انخفاض حساسيتها في بعض الأحيان. والمشكلة المحتملة عند استخدام الأجهزة ذوات النبض (مثل أنابيب جايجر- ميولر) أن الجهاز قد يصل حد التشبع في معدلات الجرع العالية للأشعة السينية، ومع هذا يظل يظهر وكأنه يعمل بصورة مقبولة، ويعود هذا إلى طبيعة الأشعة السينية النبضية التي تسمح للجهاز أن يسترجع ما بين النبضات، والجهاز عادة يسجل معدل نبضات الأشعة السينية بدلاً من قياس متوسط معدل الجرعة. ومن حسن الحظ، أن هذه المشكلة نادرة في الأجهزة المصممة حديثاً، ولكنها قد تحدث بسبب عطب ما.

وسلامة التجهيزات تقررها أخيراً الجرع الإشعاعية التي يتعرض لها المشتغلون وغيرهم من الأشخاص القريبين، وهذه تقاس عادة بشارات الفيلم، على الرغم من أن بعض الهيئات تستخدم حالياً مقاييس الجرع الحراضوئية. ومن المفيد عادة استخدام عدة

شارات فيلم أو مقاييس أخرى للجرع لمراقبة أماكن محددة حول المنطقة وبصورة رتيبة. ويجب أن يكون معلوماً أن المراقب الشخصية صغيرة الحجم، وأن حزم الأشعة السينية - في التصوير البلوري خاصة - قد تكون صغيرة المقطع؛ لذا فمن المحتمل أن تضرب الأشعة العامل دون أن تصيب مرقابه الشخصي.

obeikandl.com

خلاصة الفصل:

الأشعة السينية: أشعة كهرومغناطيسية منشؤها تغير موضع الإلكترون في مستوياته الطاقية، أو يكون المنشأ عندما تصطدم الإلكترونات بأهداف مواد مرتفعة الوزن الذري.

أجهزة الأشعة السينية: أنبوبة ووحدة تحكم منفصلة.

الأنبوبة: المصعد والمهبط في داخل أنبوبة زجاجية مفرغة.

وحدة التحكم: الجهد العالي يتحكم في نوعية الأشعة السينية، والجهد المنخفض المغذي للفتيلة يحدد القيض.

الحماية من الأشعة السينية: يمكن غلق الأجهزة، ولكن الخطورة عند التشغيل. وتعتمد تدابير السلامة على نوع التطبيق، ولكن تشتمل عادةً على أمور عدة هي: تدريب العاملين، ووضع الحواجز للغرف، ووضع المرشحات وأجهزة الإنذار، مع مراقبة الأشخاص والأماكن (أي استخدام المراقب).

أسئلة للمراجعة:

(1) اشرح مع الاستعانة بالرسم تشغيل المهبط الحار في أنبوبة الأشعة السينية.

(2) قارن بين تأثير تغير جهد الأنبوبة وتيارها على الإشعاع الخارجي.

(3) قارن بين الأخطار الإشعاعية التي تشكلها مصادر كبيرة لأشعة جاما مع تلك التي تسببها وحدات الأشعة السينية.

(4) صمم حاويًا لجهاز أشعة سينية اعتيادي يُستخدم في الاختبار الإشعاعي لسبائك من المعدن، وبيِّن صفات الأمان البارزة التي يشتمل عليها.

(5) ما المشكلات الخاصة المتعلقة بمراقبة الأشعة السينية؟