

الفصل الثاني

وحدات الإشعاع الذري وقياسه

- ١.٢ وحدات قياس النشاط الإشعاعي.
- ٢.٢ وحدات التعرض الإشعاعي.
- ٣.٢ وحدات قياس الجرعة الإشعاعية.
- ٤.٢ قياس الإشعاع الذري.

الفصل الثاني

وحدات الإشعاع الذري وقياسه (١)

٢ - ١ وحدات قياس النشاط الإشعاعي:

لقد كانت الوحدة الأساسية لقياس شدة النشاط الإشعاعي للعينات المشعة - في بدء اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي - هي الكوري وأجزاؤه. ووحدة الكوري يعبر بها عن كمية الإشعاع الناتج من تحلل غرام واحد من الراديوم في الثانية، ولكن التعريف استقر أخيراً على أنه $3,7 \times 10^{10}$ تحلل نووي في الثانية. أما الوحدة العالمية الحديثة للنشاط الإشعاعي فهي البيكريل التي تعرف على أنها «تحلل نووي واحد في الثانية»، والتي عند مقارنتها بوحدة الكوري تبدو جد صغيرة، لذا فغالباً ما تستخدم مضاعفات البيكريل مثل الكيلوبيكريل والتي تعني ألف بيكريل، والميجا بيكريل والتي تعني مليون بيكريل وغير ذلك.

٢ - ٢ وحدات التعرض الإشعاعي:

إنَّ التعرض الإشعاعي هو قياس لكمية الأشعة السينية أو أشعة جاما - أي الأشعة الكهرومغناطيسية - مقيسه بمقدار التآين الذي تولده في الهواء. ويعرّف بحاصل قسمة الشحنة المتولدة (لأحد النوعين الموجب أو السالب) في الهواء عندما تتوقف تماماً جميع الإلكترونات والبوزترونات المتولدة بسبب الفوتونات على كتلة الهواء. ووحدته الحديثة هي كولومب/كغم. والوحدة

(١) يمكن للقارئ غير المتخصص تجاوز هذا الفصل دون أن يؤثر ذلك كثيراً على فهمه لبقية الفصول.

القديمة للتعرض الإشعاعي والتي لا تزال تستخدم إلى الآن الرونتجن :

$$١ \text{ رونتجن} = ٢,٥٨ \times ١٠^{-٤} \text{ كولومب/ كغم من الهواء} .$$

ورونتجن واحد من التعرض الإشعاعي في الهواء يعادل امتصاص طاقة الفوتونات وقدرها ٦, ٨٧ أرج/ غرام . وإذا قسنا مقدار الطاقة الممتصة في تعرض مواد أخرى لرونجن واحد نجد أنها مختلفة تبعاً لمقدار طاقة ترابط الإلكترونات بذراتها أو جزيئاتها ، وهذا من أهم مساوئ وحدة التعرض الإشعاعي ؛ لأنها محصورة بمقدار التأين الذي تحدثه الأشعة الكهرومغناطيسية في الهواء فقط .

ووحدة التعرض الإشعاعي تستخدم في قياس كمية الأشعة الكهرومغناطيسية الممتصة في الهواء ولا تستخدم في قياس الجسيمات المؤينة من مثل جسيمات ألفا ، وبيتا والنيوترونات . ومعدل التعرض الإشعاعي هو مقياس للتعرض في وحدة الزمن ووحدته كولومب/ كغم في الثانية .

٢ - ٣ وحدات قياس الجرعة الإشعاعية:

لدراسة تأثير الجرعات المتباينة من الإشعاعات الذرية لا بد من معرفة وحدات قياس تلك الجرعات ، وفيما يلي تعريف بأهمها :

الراد : وحدة لقياس الجرعة الإشعاعية الممتصة ، وهي عبارة عن امتصاص طاقة مقدارها ٠,٠١ جول بكل كيلوغرام من المادة ، (جول/ كجم) .

الجرابي : الوحدة العالمية الحديثة لقياس الجرعة الإشعاعية وهي عبارة عن امتصاص طاقة قدرها جول واحد بكل كيلوغرام من المادة (جول/ كجم) وبهذا فالجرابي يساوي مائة راد .

معدل الجرعة: هي مقدار الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الجسم في وحدة الزمن، ووحداتها جراي / ثانية (أي: جول/ كجم ثا).

مكافئ الجرعة: نظرًا لأن الجرعات المتساوية من أنواع مختلفة من الإشعاع الذري لا تنتج بالضرورة تأثيرًا حيويًا واحدًا، كما أن الإشعاع من النوع الواحد إذا اختلفت طاقاته تختلف معها تأثيرات الحيوية، فقد اقترحت وحدة ثالثة - لغرض الحماية الإشعاعية - تحصر جميع الإشعاعات وفق نظام مشترك للقياس يأخذ في الحسبان اختلاف التأثير الحيوي للجرعات الإشعاعية المتساوية، وسميت هذه الوحدة باسم «ريم»، ثم تقرر دوليًا اتخاذ وحدة مشابهة للريم تعدل مائة منها أسموها «سيفيرت»، وبهذا فإن نفس الجرعات مقدره بالسيفيرت (أو الريم) لأي نوع من الإشعاع لها نفس التأثير الحيوي^(١).

ويمكن إيجاد الجرعة المكافئة لأيّة جرعة إشعاعية باستخدام المعادلة التالية:

الجرعة المكافئة (بالسيفيرت) = الجرعة (بالجراي) ×

معامل النوعية × عوامل تحويل أخرى

حيث يعكس معامل النوعية قدرة ذلك الإشعاع لإحداث التلف في الخلايا الحية، وتعتمد قيمته على التوضع الخطي لطاقة الإشعاع في الجسم [الجدولان (٢ - ١) و (٢ - ٢) والشكلان (٢ - ١) و (٢ - ٢)].

(١) من المعتاد استخدام وحدات مكافئ الجرعة [الريم والسيفيرت] عند التحدث عن الوقاية من الإشعاع وعن الجرعات المنخفضة، أما في الجرعات المرتفعة كما في معالجة الأورام السرطانية مثلاً فتستخدم عادة وحدات جرع الامتصاص [الراد والجراي].

جدول (٢-١)

العلاقة بين التوضع الخطي للطاقة ومعامل النوعية (١)

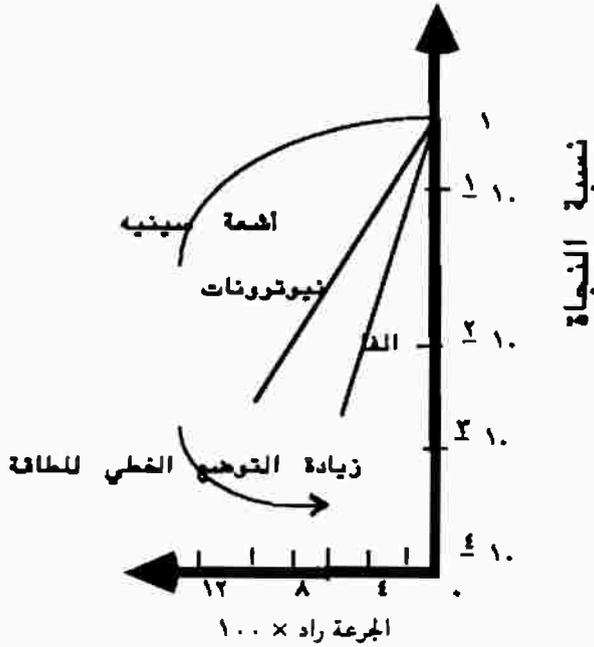
معامل النوعية	الانتقال الخطي للطاقة في الماء (كيلو إلكترون فولت / مايكرومتر)
١	٣,٥ أو أقل
٢	٧
٥	٢٧
١٠	٥٣
٢٠	١٧٥ أو أكثر

جدول (٢-٢)

معامل النوعية لأنواع مختلفة من الإشعاع (١)

معامل النوعية	نوع الإشعاع
١	الأشعة السينية، أشعة جاما، الإلكترونات
٢,٣	النيوترونات الحرارية
١٠	النيوترونات السريعة والبروتونات
٢٠	جسيمات ألفا

وتشمل عوامل التحويل الأخرى : جميع عوامل التحويل التي تعكس أمورًا أخرى كمعدل الجرعة الممتصة، والتجزئة [إعطاء الجرعة الكلية بجرعات صغيرة تفصل بينها فترات زمنية محددة] وكذلك عدم تجانس الجرعة الممتصة في أجزاء النسيج، وهذا المعامل لم يحدد تمامًا بعد، وقد أعطي حاليًا قيمة واحدة أو أكثر من قبل الهيئة الدولية لوحدات الإشعاع.



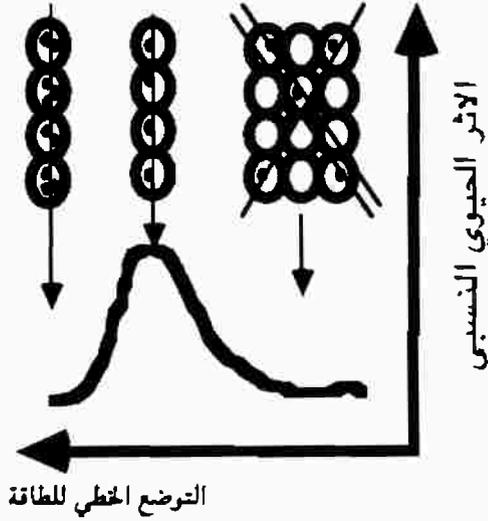
شكل (٢ - ١) نسبة النجاة لخلايا مستتبنة لأحد أنسجة الإنسان . عرض بعضها لأشعة سينية (٢٥٠ كيلوفولت ذروة)، وبعضها لنيوترونات سريعة (طاقة ١٥ مليون إلكترون فولت)، والمجموعة الثالثة عرضت لجسيمات ألفا (طاقة ٤ مليون إلكترون فولت). ويبدو زيادة الانحناء مع ازدياد التوضع الخطي للطاقة (زيادة الضرر أو قلة النجاة للخلايا) بالرغم من أن الجرعة الإشعاعية متساوية (٤).

الجرعة المؤثرة: هي مكافئ الجرعة محسوبة تبعاً لحساسية كل نسيج من أنسجة الجسم المختلفة للإشعاع [انظر الشكل (٨ - ٢)].

الجرعة الجماعية المؤثرة: هي الجرعة المؤثرة على مجموعة من البشر نتيجة مصدر محدد من الإشعاع وتعطي مقياساً للضرر الصحي الكلي لمجموعة من الأفراد من مصدر معين للإشعاع الذري . ووحدة قياس الجرعة الكلية المؤثرة هي : رجل سيفرت .

الجرعة الجماعية المؤثرة الملزمة: هي الجرعة الجماعية المؤثرة خلال الزمن على أجيال من البشر .

مرتفعه
منخفضة التوضع الخطي التوضع الخطي
الأمثل "فوق القتل"



شكل (٢-٢) تخطيطي يمثل «فوق القتل»: من أجل قتل الخلية ينبغي تفريغ طاقة في مواضع حساسة منها، فالإشعاعات قليلة التأين غير كفؤة حيث ينبغي مرور الكثير من الإشعاع لقتل الخلية، والإشعاعات شديدة التأين غير كفؤة كذلك لأنها تفرغ كمية من الطاقة في المواضع الحساسة من الخلية تزيد عن الكمية الكافية لقتل الخلية، لذا فإن هناك طاقة مهدرة، ومن هنا يبرز مصطلح «فوق القتل». الإشعاعات ذات التأين الأمثل هي التي تفرغ أقل طاقة ضرورية لقتل الخلية، أو بمعنى آخر قتل أكبر عدد من الخلايا بأقل كمية من الطاقة المفرغة (٤).

٢ - ٤ قياس الإشعاع الذري:

نظرًا لأن الإنسان ليست له قدرة على استشعار الإشعاع الذري فقد استحدث عددًا من الطرق لقياسه؛ منها ما يعتمد على التأين الذي يحدثه الإشعاع الذري في كل من الغازات وأنصاف الموصلات، ومنها ما يعتمد على الوميض الذي يحدثه الإشعاع الذري في بعض البلورات والسوائل، وغير ذلك من الطرق الأخرى [جدول (٢-٣)] لهذا نجد أن لمقاييس الإشعاع الذري

أنواعًا كثيرة جدًا من الكواشف والتي تختلف باختلاف غرض استخدامها. فبعضها مصمم للكشف عن نوع معين من الإشعاع الذري، والبعض الآخر مصمم للكشف عن أنواع عديدة من الإشعاع، وبعضها يقيس التعرض الإشعاعي بينما البعض الآخر يقيس الجرعة الإشعاعية وغيرها يقيس الجرعة المكافئة. ويمكن تقسيم هذه المقاييس إلى مجموعتين رئيسيتين هما:

جدول (٢ - ٣)

التأثيرات الإشعاعية المستخدمة في كشف وقياس الإشعاع الذري (٣).

نوع الكاشف	نوع جهاز القياس	التأثير
غاز	١ - حجرة التأين	أ - كهربائي
غاز	٢ - العداد التناسبي	
غاز	٣ - عداد جايجر مويلر	
أشباه الموصلات	٤ - كاشف الحالة الصلبة	
مستحلب فوتوغرافي	١ - شارة الفيلم	ب - كيميائي
صلب أو سائل	٢ - مقياس الجرعة الكيميائي	
صلب	٣ - كاشف الآثار النووية	
بلورة أو سائل	كاشف وميضي	ج - ضوئي
بلورة	كاشف يصدر ضوءًا عند تسخينه	د - حراري - ضوئي
صلب أو سائل	مقياس الحرارة	هـ - حراري

أ- المقاييس المباشرة: وتشمل أجهزة قياس الإشعاع الذري التي تعطي قراءات مباشرة لشدة النشاط الإشعاعي، أو معدل التعرض الإشعاعي أو معدل الجرعة الإشعاعية.

ب- المقاييس غير المباشرة: وتشمل جميع المقاييس التي لا تعطي قراءات مباشرة للإشعاع أو الجرعة الإشعاعية، بل تحتاج كواشفها إلى المعالجة الحرارية أو الكيميائية للحصول على المعلومات، وتستخدم عادة في قياس الجرعة الشخصية.

ولا يتسع المقام للحديث عن الكواشف المختلفة من حيث تركيبها واستخداماتها ومحاسنها ومساوئها ولهذا نشير إلى بعض المصادر (٤١، ٣، ٤٥) في نهاية الكتاب.

