الفصل الثاني

وحدات الإشعاع الذري وقياسه

٢ـ١ وحدات قياس النشاط الإشعاعي.

٢ـ٢ وحدات التعرض الإشعاعي.

٢ـ٣ وحدات قياس الجرع الإشعاعية.

٢ـ٤ قياس الإشعاع الذري.

obeikandl.com

obeikandl.com

الفصل الثاني

وحدات الإشعاع الذري وقياسه [1]

٢ ـ ١ وحدات قياس النشاط الإشعاعي:

لقد كانت الوحدة الأساسية لقياس شدة النشاط الإشعاعي للعينات المشعة ـ في بدء اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي ـ هي الكوري وأجزاؤه. ووحدة الكوري يعبر بها عن كمية الإشعاع الناتج من تحلل غرام واحد من الراديوم في الثانية، ولكن التعريف استقر أخيرًا على أنه $٣,٧ \times ١٠^{١٠}$ 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 فغالبًا ما تستخدم مضاعفات البيكريل مثل الكيلوبيكريل والتي تعني ألف بيكريل، والميجا بيكريل والتي تعني مليون بيكريل وغير ذلك.

٢ ـ ٢ وحدات التعرض الإشعاعي:

إنَّ التعرض الإشعاعي هو قياس لكمية الأشعة السينية أو أشعة جاما ـ أي الأشعة الكهرومغناطيسية ـ مقيسه بمقدار التأين الذي تولده في الهواء. ويعرَّف بحاصل قسمة الشحنة المتولدة (لأحد النوعين الموجب أو السالب) في الهواء عندما تتوقف تمامًا 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 كثيرًا على فهمه لبقية الفصول.

القديمة للتعرض الإشعاعي والتي لا تزال تستخدم إلى الآن الرونتجن :

١ رونتجن = ٢,٥٨ × ١٠ -٤ 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 لرونتجن واحد نجدها مختلفة تبعًا 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 ـ ٣ وحدات قياس الجرع الإشعاعية:

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

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

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

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

مكافئ الجرع: نظرًا لأن الجرعات المتساوية من أنواع مختلفة من الإشعاع الذري لا تنتج بالضرورة تأثيرًا حيويًّا واحدًا، كما أن الإشعاع من النوع الواحد إذا اختلفت طاقاته تختلف معها تأثيرات الحيوية، فقد اقترحت وحدة ثالثة ـ لغرض الحماية الإشعاعية ـ تحصر جميع الإشعاعات وفق نظام مشترك للقياس يأخذ في الحسبان اختلاف التأثير الحيوي للجرعات الإشعاعية المتساوية، وسميت هذه الوحدة باسم «ريم»، ثم تقرر دوليًّا اتخاذ وحدة مشابهة للريم تعدل مائة منها أسموها «سيفيرت»، وبهذا فإن نفس الجرعات مقدرة بالسيفيرت (أو الريم) لأي نوع من الإشعاع لها نفس التأثير الحيوي[1]. ويمكن إيجاد الجرعة المكافئة لأية جرعة إشعاعية باستخدام المعادلة التالية:

الجرعة المكافئة (بالسيفيرت) = الجرعة (بالجراي) ×
معامل النوعية × عوامل تحوير أخرى

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

العلاقة بين التوضع الخطي للطاقة ومعامل النوعية (١)

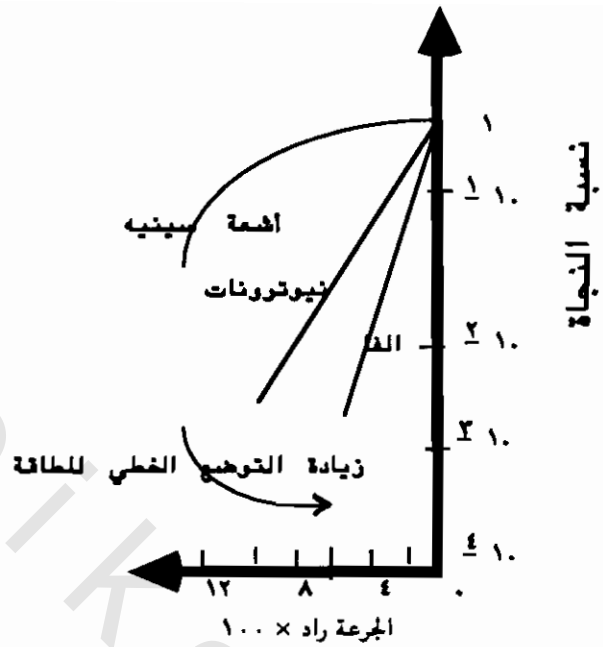
الانتقال الخطي للطاقة في الماء (كيلو إلكترون فولت / مايكرومتر)	معامل النوعية
٣,٥ أو أقل	١
٧	٢
٢٧	٥
٥٣	١٠
١٧٥ أو أكثر	٢٠

جدول (٢ ـ ٢)

معامل النوعية لأنواع مختلفة من الإشعاع (١)

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

وتشمل عوامل التحوير الأخرى: جميع عوامل التحوير 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 حاليًّا قيمة واحدة أو أكثر من قبل الهيئة الدولية لوحدات الإشعاع.

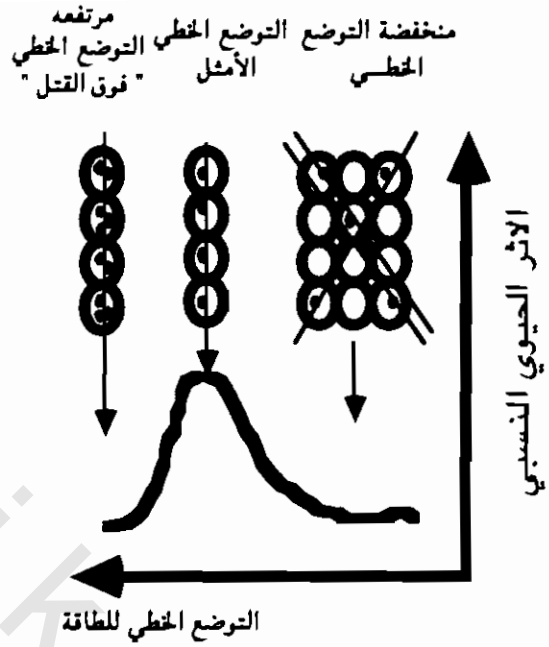


شكل (٢ ـ ١) نسبة النجاة لخلايا مستنبتة لأحد أنسجة الإنسان. عرض بعضها لأشعة سينية (٢٥٠ كيلوفولت ذروة)، وبعضها لنيوترونات سريعة (طاقة ١٥ مليون إلكترون فولت)، والمجموعة الثالثة عرضت لجسيمات ألفا (طاقة ٤ مليون إلكترون فولت). ويبدو زيادة الانحناء مع ازدياد التوضع الخطي للطاقة (زيادة الضرر أو قلة النجاة للخلايا)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

الجرعة المؤثرة: هي مكافئ الجرعة محسوبة تبعًا لحساسية كل نسيج من أنسجة الجسم المختلفة للإشعاع [انظر الشكل (٨ ـ 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.



شكل (٢ ــ ٢) تخطيطي يمثل «فوق القتل» : مـن أجل قتل الخلية ينبغي تفـريغ طـاقة في مـواضع حساسة منها، فـالإشعاعات قليلة التأيين غير كفؤة حيث ينبغي مـرور الكثير من الإشعاع لقتل الخلية، والإشعاعـات شديـدة التأيين غير كفؤة كـذلك لأنها تفـرغ كمية من الطاقـة في المواضع الحسـاسة من الخلية تـزيد عن الكمية الكافيـة لقتل الخلية، لذا فإن هناك طـاقة مهدرة، ومن هنا يبـرز مصطلح «فوق القتل». الإشعاعـات ذات التأيين الأمثل هي التي تفرغ أقل طاقـة ضرورية لقتل الخليـة، أو بمعنى آخر قتل أكبر عدد من الخلايا بأقل كمية من الطاقة المفرغة (٤).

٢ ـ ٤ قياس الإشعاع الذري:

نظـرًا لأن الإنسـان ليست لـه قـدرة علـى استشعـار الإشعـاع الـذري فقـد استحدث عـددًا من الطرق لقياسـه؛ منها ما يعتمـد على التأين الذي يحـدثه 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 الأخـرى [جدول (٢ ــ ٣)] لهذا نجـد أن لمقاييس الإشعـاع الذري

أنواعًا كثيرة جدًّا 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 الجرع الإشعاعية وغيرها يقيس الجرعة المكافئة. ويمكن تقسيم هذه المقاييس إلى مجموعتين رئيستين هما :

جدول (٢ ـ ٣)

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

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

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

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