قياس الجرعات الإشعاعيَّة

يمكن تقسيم أجهزة قياس الإشعاع والجرعات الممتصة إلى نوعين:

1. **مقاييس شخصيةPersonal Dosimeters**
2. **مقاييس مخبرية Laboratorial Dosimeters**

أولاً: مقاييس الجرعة الشخصيةPersonal Dosimeters

1. **الحامل ذو الفلم الحساسFilm Badge**

يحتوي هذا الحامل على فلم فوتوغرافي حساس، عند تعرض هذا الحامل لجرعة إشعاعية فإن الفلم الفوتوغرافي سيتأثر ويسوّدْ. درجة اسوداد هذا الفلم تعبِّر عن مقدار الجرعة الممتصة ويتم ذلك عن طريق مقارنته مع فلم آخر لجرعة معلومة. وتختلف المواد التي تستعمل في هذه الحاملات باختلاف الأغراض كما يلي:

1. إما أن تستخدم كمرشحات لامتصاص أنواع من الإشعاعات دون الأخرى.
2. أو قد توضع بها مواد لقياس النترونات البطيئة Slow Neutron أو السريعة Fast Neutronأو أشعة غاما γ أو غيرها من الأشعة.

قياس الجرعة الإشعاعية بهذه الطريقة يتم عن طريق معرفة الطول الموجي للأشعة الساقطة، ويتم ذلك عن طريق وجود مرشحات على الحامل البلاستيكي، ومن الممكن أن تكون هذه المرشحات مصنوعة من الكادميوم Cd) Cadmium) أو الرصاص Pb) Lead) أو أي مادة أخرى.

2. مقياس الجرعة الجيبي Pocket Dosimeter

وهو عبارة عن أنبوبة بها حجم معين من الغاز، بداخلها جزء معدني، يتصل محوره بخيط رفيع من الكوارتز ويغطي سطحها الداخلي بطبقة من الجرافيت Graphite وسبب ذلك هو جعل الأنبوبة موصلة (لتوصيل الشحنات الكهربائية بها والتأثر بها). أما الخيط فيتحرك على تدريج يمكن معايرته بالرونتجن Rontgen أو الملي رونتجن. وفي نهاية مقياس الجرعة يوجد تلسكوب للتكبير فتسهل قراءة التدريج وذلك بسبب صِغرْ وَرُفْعْ الخيط.

ويعمل هذا النوع من مقاييس الجرعات عن طريق شحنه بواسطة شاحن حيث يتنافر الخيط مع الجزء المعدني ويبتعد عنه ويتعرض مقياس الجرعة للأشعة فيفقد شحنته ويبدأ الخيط بالاقتراب من الجزء المعدني مبتعداً عن صفر التدريج مبيناً كمية الإشعاع الذي تعرض لها المقياس، وتعتمد على مقدار سرعته. ويعتمد المقياس على تأين الهواء داخله عند الشحن، والتفريغ عند التعرض للأشعة. ويستعمل هذا النوع عادةً مع أشعة غاما فقط. وهناك نوع آخر خاص بالأشعة السينية والنترونات. ومعظم الأنواع يمكنها قراءة الجرعة مباشرة بمجرد النظر في داخلها. ولكن لا يمكن استخدامه لمدة طويلة لحدوث تفريغ فيه ولذلك يستخدم فقط لمدة يوم واحد أو عدة أيام على الأكثر. ويستخدم معه عادة أحد أجهزة التحذير الشخصية مثل الحامل ذو الفلم الحساس.

ثانياً: مقاييس الجرعة المخبرية Laboratorial Dosimeters

هناك عدة طرق متبعة لقياس الجرعة الإشعاعية مخبرياً ولكل منها أجهزتها الخاصة بها واستخدامها الخاص بها. إذاً اختيار مقياس الجرعة الإشعاعية يقع تحت عدة عوامل منها ما يلي:

1. الغرض من القياس.
2. الدقة المطلوبة.

وفيما يلي شرح لأهم الأجهزة المستخدمة في قياس الجرعات الإشعاعية مخبرياً:

1. مقاييس السعرات الحرارية Calorimeters

هذه الطريقة تعتبر بدائية لقياس الجرعات الإشعاعية، وهي غير حساسة، وتعتمد على تحويل الطاقة الممتصة إلى طاقة حرارية بينما يتحول جزء بسيط منها على شكل تغيرات كيميائية. هذا سيؤدي إلى زيادة طفيفة في حرارة الوسط الماص التي إذا قيست بدقة ستعرِّف لنا مقدار الطاقة الممتصة لوحدة الكتلة أو الجرعة الممتصة. فإذا تم عزل حجمٍ صغيرٍ من الوسط حرارياً عن بقية النظام فإن الجرعة الممتصة D في هذا الحجم ستعطى بالعلاقة التالية:

$$D = \frac{dEh}{dm} + \frac{dEs}{dm}$$

حيث:

dE_h هي الطاقة الممتصة التي تظهر بشكل حراري في الوسط الماص ذو الكتلة .dm و

dEs هي الطاقة الممتصة التي تسبب تغيرات كيميائية.

فمن أهم العوامل التي تحول دون استعمال هذا النوع من المقاييس ما يلي:

1. حاجتها إلى إمكانيات معقدة.
2. عدم توفر الأجهزة المساندة لها تجارياً.
3. صعوبة حملها ونقلها.
4. بطئها في العمل.

5. تستغرق بعض الوقت لتصل إلى الثبات الحراري بعد الاستعمال.

2. مقاييس الجرعات الحرارية الوميضية(TLD)

وهي أحد أهم مقاييس الجرعات المخبرية ذات التطبيقات الواسعة خصوصاً في المجال الطبي. وهي عبارة عن بلورة صلبة من فلوريد الليثيومLiF ، بورات الليثيوم $Li_2B_4O_7$ أو فلوريد الكالسيوم CaF. وأكثرها استعمالاً خصوصاً في مجال قياس الجرعات الطبية هو LiF ، ولذلك لتقارب العدد الذري له (8.2 Effective Atomic Number) مع العدد الذري للأنسجة الحيوية (7.4). الوميض الحراري TL لبلورة LiF التي في صورتها النقية يكون صغيراً لكن وجود بعض الشوائب Impurities مثل ماغنيزيوم Magnesium يزيد من الوميض الحراري.

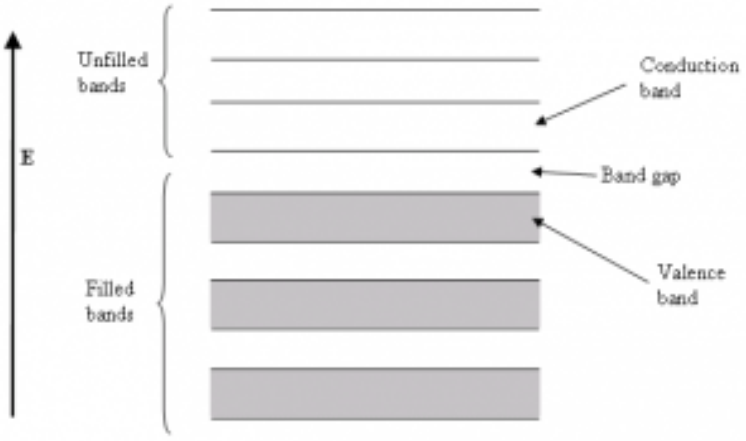
فعندما يسقط الإشعاع المؤين على هذه المواد تنتقل طاقة إلى إلكترونات البلورة فترتفع الإلكترونات بدورها إلى مستوى طاقة أعلى عُصابة النقل .(Conduction Band) ومن مزايا هذا النوع من البلورات أنها تحتفظ بتواجد الإلكترونات في المستوى العالي من الطاقة على مدى واسع من درجات الحرارة. فعند تسخين البلورات إلى درجات حرارة عالية تصل إلى 400 C^0تعود الإلكترونات إلى المستوى الأول لها عُصابة التكافؤ (Valance Band) مما يؤدي إلى إنبعاث ومضات ضوئية مرئية تتناسب مع مقدار الطاقة التي امتصتها البلورة، حيث يمكن تسجيل الومضات الضوئية وتحليلها ومنها معرفة الطاقة الممتصة. وبعد إتمام عملية القراءة وتبريد

البلورة يمكن إعادة استخدامها مرة أخرى لقياس جرعات إشعاعية جديدة. وجدير بالذكر هنا التنويه بحساسية بلورة CaF على LiF للإشعاع ولكن استجابتها لتغير طاقة الإشعاع الساقط أضعف من استجابة.LiF

حيث توضع المادة المشعة في الطبق الساخن وينبعث الوميض الحراري منها ليقاس بواسطة أنبوبة التضاعف الضوئي PMTوالتي بدورها تحول الضوء إلى إشارة كهربائية يمكن تكبيرها وعدها.

- **نظرية الوميض الحراري TL Theory**

الشكل التالي يوضح مستويات الطاقة لبلورة غير عضوية Inorganic Crystal التي تعطي وميضاً حرارياً نتيجة تعرضها للإشعاع المؤين.



ففي الذرة، تحتل الإلكترونات مستويات الطاقة. وفي شبكية البلورة، تضطرب مستويات الطاقة الإلكترونية بواسطة التفاعلات المشتركة بين الذرات مما يوضح نظرية العُصابات المسموحة Allowed Bandsوالممنوعة .Forbidden Bands إضافة إلى ذلك فإن وجود الشوائب في البلورة يصنع مصائداً للطاقة Energy Traps في المناطق الممنوعة والتي تعطي حالة شبه مستقرة للإلكترونات.

فعندما تشعع المادة، فإن بعضاً من الإلكترونات في عُصابة التكافؤ Valance Band سيأخذ طاقة كافية يرتقي بها إلى عُصابة النقل Conduction Band الأمر الذي يؤدي إلى إحداث فراغاً في شريط التكافؤ يسمى بالفجوة الموجبة.Positive Hole

الإلكترون والفجوة سيتحركان بصورة منفصلة خلال عُصاباتِهم إلى أن يتحدان، (عودة الإلكترون إلى حاله الاستقرار، أو يسقطان في مصيدة حالة شبه مستقر .(Metastable State فإذا كان هناك انبعاث فوري للضوء نتيجة هذه الإنتقالات فتسمى الظاهرة بالفلورَة .Fluorescence أما إذا تطلب الإلكترون طاقة لإخراجه من المصيدة وسقط مرة أخرى في عُصابة التكافؤ فيسمى انبعاث الضوء في هذه الحالة بالفسفرَ .Phosphorescence وإذا كان Phosphorescence بطيء جداً عند درجة حرارة الغرفة، فيمكن تعجيله برفع درجة حرارة المادة البلورية إلى حوالي 300 ^{0}C وتسمى الظاهرة في هذه الحالة بالوميض الحراري Thermolumenescence.

تمثيل الوميض الحراري مع درجة حرارة يسمى بمنحنى التوهج .Glow Curve فكلما زادت درجة الحرارة المسلطة على مادة الوميض الحراري التي تم تعريضها للإشعاع، ستزداد احتمالية تحرير الإلكترونات من المصائد. فيزداد الوميض الحراري لأول وهلة إلى أن يصل قيمة عظمى ينقص بعدها مرة أخرى إلى الصفر، وبما أن معظم المواد المستعملة لهذا الغرض تحتوي على عدد من المصائد في المنطقة الممنوعة فمنحنى التوهج ربما يحتوي على عدد من قمم التوهج Glow Peaks.

3. المقاييس الفلميةFilm Dosimeters

يحتوي الفلم التشخيصي على قاعدة فلمية حساسة من مادة Cellulose Acetate أو Polyester Resin مغطاة بمستحلب يحتوي على بلورات صغيرة جداً من بروميد الفضة Silver Bromide. عندما يتعرض الفلم للإشعاع المؤين أو الضوء العادي، فإن تغيرات كيميائية سوف تحدث في البلورات المعرضة من الفلم لتكون ما يعرف بالصورة الكامنة أو المستترة . Latent Image وعند تحميض الفلم، فإن البلورات المتأثرة سوف تصبح حبيبات صغيرة من الفضة الحيدية .Metallic Silver أما الحبيبات غير المتأثرة فستزاح بواسطة سائل التثبيتFixer Solution ، مؤدية إلى الحصول على على فلم صافي (صورة صافية) تماماً. الفضة الحديدية غير المتأثرة بالمثبتFixer Solution ، تتسبب في اسوداد الفلم. درجة اسوداد الفلم تعتمد على كمية الفضة الحرة المترسبة فيها، وبالتالي على الكمية الممتصة من طاقة الإشعاع. درجة حرارة اسوداد الفلم تقاس بتعيين الكثافة الضوئية OD) Optical Density)

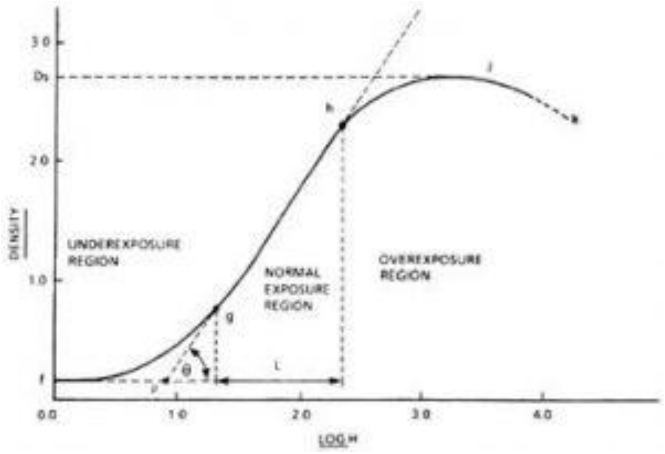
باستخدام مقياس الكثافة .Densitometer هذا الجهاز يتكون من مصدر ضوئي، به فتحة صغيرة والتي من خلالها يوجه الضوء على الفلم، وكاشف ضوئي (خلية ضوئية (Photocell لقياس شدة الضوء المار من خلال الفلم. الكثافة الضوئية تعطى بالعلاقة التالية:

$$OD = \text{Log}\frac{I_0}{It}$$

حيث I_0 هي كمية الضوء المتجمعة بدون وجود الفلم.

I_tاهي كمية الضوء النافذة من خلال الفلم.

تمثيل الكثافة الضوئية الصافية (وهي خلفيةOD– ، حيث خلفية الفلم هي مقدار OD للجزء غير المتعرض من الفلم المحمض) كدالة مع التعرض الإشعاعي أو الجرعة الإشعاعية يسمى منحنى الحساسية Sensitometric Curve أو .(H&D)



:Typical H–and–D curve

The Hurted & Driffield (H&D) curve describes optical density (OD) vs. the logarithm of exposure.