الفصل الرابع

كواشف الاشعاع

Radiation Detector

obeikandl.com

4 - 1 المقدمة

واحدة من المعالم البارزة في الفيزياء النووية هو اكتشاف النشاط الإشعاعي من قبل هنري بيكريل في عام 1869. عند خزنة أفلام فوتوغرافية ملفوفة بورق لا يسمح بدخول الضوء بالقرب من أملاح اليورانيوم. وعندما تم تحميض الأفلام ، تبين له اسدادها كما لو أنها قد تعرضت للضوء. هذه هي الملاحظة الأولى على وجود إشعاع ينبعث من النواة له قابلية اختراق عالية ، وكذلك اكتشفت لأول مرة طريقة الكشف عن هذا الإشعاع وذلك بتشعيع المستحلب الفوتوغرافي. الطريقة الثانية للكشف عن الإشعاع النووي ، هو الكاشف المملوء بالغاز ، وقد تم تطويره بعد ملاحظة أن وجود ملح اليورانيوم قد جعل الهواء في المناطق المجاورة له موصلا للكهربائية. و منذ الأيام المبكرة للنشاط الإشعاعي كان السعي بخطى ثابتة لتطوير كواشف لإشعاع النووي. لا يزال كثير من العمل يجري في هذا المجال من أجل زيادة صقل التقنيات الموجودة واستحداث أساليب جديدة. وجهاز للكشف يتألف من جزأين متميزين :

الكاشف والإلكترونيات التي تقوم بمعاملة الإشارة الناتجة عن العملية التي تنتجها تفاعل الإشعاع النووي ومادة الكاشف. الآلية الأساسية المستخدمة في جهاز للكشف عن الإشعاع هو تبديد طاقة الجسيمات المشحونة في وسط مناسب والذي يمكن أن يكون صلب أو سائل أو غازي. وعندما تتبدد الطاقة من قبل الجسيمات المشحونة عادة ما يتم تحويلها إلى إشارة كهربائية. هذه الإشارات قد تظهر بشكل شحنة ، جهد أو تيار كهربائي. ولذلك ، يمكن للمرء التفكير في كاشف ألإشعاع بوصفه محول للطاقة. الجسيمات المشحونة التي يتم الكشف عنها داخل كاشف قد تكون هي الإشعاع الأساسي. أما إذا كان الإشعاع جاما فإنها تتفاعل مع مادة الكاشف لتولد جسيمات مشحونة (مثل الإلكترون في حالة تفاعل جاما والأشعة السينية أو الجسيمات المشحونة في حالة التفاعل مع النيوترون). يتم تبديد الطاقة بطريقتين هما : التأين والتلألؤ. في عملية التأين ، يتم تجريد الذرات من إلكتروناتها وتكون أيونات موجبة. أما في عملية التلألؤ ، فان الذرات تتهيج وعندما تعود إلى موضع الاستقرار فانها تبعث الطاقة الفائضة بشكل ضوء. هناك أشكال أخرى من تبديد الطاقة مثل التفكك الجزئي ، البريشتالنج وأشعة شيرنكوف .

4 - 2 مبدأ عمل عداد الإشعاع

من المعروف أن ألإنسان لا يشعر او يرى او يشم الأشعة المؤينة . لذلك يجب الاعتماد كليا على اجهزة كشف و قياس الإشعاع.

الكواشف الإشعاعية هي مواد أو أجهزة تستعمل من أجل تحديد كميات الإشعاع حيث يتم الحصول على المعلومات عن الأشعة من خلال تفاعلها مع مادة الكاشف. والمطلب الأساسي لأي جهاز كشف إشعاعي أن تكون استجابته للإشعاع عندما يتفاعل معه متناسبة مع كمية هذه الأشعة الساقطة علية أو مع مواصفاتها.

تقسم الكواشف الإشعاعية إلى نوعين رئيسيين: فعالة و منفعلة:

- الكواشف الفعالة Active Detectors ;

وهي الكواشف التي تحتاج إلى مصدر كهربائي خارجي من اجل كشف الأشعة الساقطة.

- الكواشف المنفعلة Active Detectors ;

وهي الكواشف التي لا تحتاج لأي مصدر كهربائي خارجي من اجل تحدد و كشف الأشعة الساقطة وإنما تعتمد بشكل مباشر على تفاعل الإشعاع الساقط و تأثيرها على مادة الكاشف.

نتيجة لتفاعل الاشعاع والمادة تحدث ظاهرة التأين ، التهيج أوإثارة ذرات أو جزيئات المادة. لذلك يعتمد الكشف عن الإشعاعات المؤينة على هذة التفاعلات ، فعند سقوط جسيمات ألفا ، بيتا ، أواشعة جاما على مادة الكاشف (غاز ، مادة وميضية أو مادة شبة موصلة) والتي تسمى بالحجم الحساس للعداد يتكون عدد من الأزواج الأيونية فى المادة ويتناسب عدد هذه الأزواج الأيونية طرديا مع طاقة الجسيمات الساقطة على مادة الكاشف .عند تجمع الإلكترونات أو الأيونات الناتجة عن التأين وقياس الشحنة الكهربائية الناتجة عن هذه الأزواج (أو التيار الكهربائى الناتج) يمكن معرفة عدد الجسيمات الساقطة وطاقتها . مثل هذة التأثيرات هي تاثيرات عابرة كما في أجهزة المسح الإشعاعي المحمولة. وقد تتولد تأثيرات دائمية مثل اسوداد الأفلام المستخدمة لقياس الجرع الإشعاعية

الشخصية . درجة وطبيعة التأثير الذي يحدثه الإشعاع في المادة يعتمد على نوع الوسط ، والتغيرات التي قد تطرأ على المادة عند مرور الإشعاع المؤين.

أما في حالة تفاعل النيترونات مع المادة فإن النواة المرتدة تكون مشحونة وأن الجسيم المستطار في هذه الحالة هو النيوترون نفسه ولكن بطاقة أقل وقد يتفاعل مرة أخرى مع الوسط .

يؤدي تفاعل الجسيمات المشحونة مع المادة إلى حصول عمليتي التأين أو التهيج، وأن الذرة المتهيجة تعود إلى حالة الاستقرار نتيجة انبعاث الطاقة الفائضة بشكل فوتونات طاقتها تقع في المنطقة المرئية أو فوق البنفسجية من الطيف الكهرومغناطيسي. ويؤدي إلى رفع حرارة الوسط (تأثيرات عابرة) او أن جزء قليل من طاقة التهيج قد تؤدي إلى تكوين تأثيرات دائمية في الوسط أما الأيونات المتولدة نتيجة لمرور الجسيمات المشحونة فإنها تتحد بعضها مع بعض حيث تعود الطاقة التي صرفت في تولدها بشكل حرارة، ولكن قد يؤدي اتحاد الأزواج الأيونية إلى تكوين تأثيرات ثابتة يتضح من ذلك أن معظم طاقة الجسيمات المشحونة تظهر مباشرة بشكل طاقة حرارية في الوسط وجزء قليل من الطاقة يولد تأثيرات دائمية.

مقدار التغير في درجات الحرارة قليل ولكن يمكن قياس التغير بأجهزة حساسة ودقيقة فعند قياس الفرق في درجات الحرارة بصورة دقيقة يمكن إيجاد كمية الطاقة التي امتصتها المادة ومثل هذه التأثيرات تكون مهمة لقياس الجرع الإشعاعية في بعض المواد التي لا يمكن أن تحصل فيها تأثيرات دائمية على الرغم من أن الحرارة المتكونة قد يفقدها الوسط بسرعة نتيجة الحمل والإشعاع .

جميع التأثيرات التي تحصل في كل الوسط نتيجة لمرور الإشعاع تستخدم لقياس كمية الإشعاع المؤين الساقط. حيث التأثيرات العابرة (الناتجة عن التأين) تكون مفيد لقياس كمية الإشعاع وكذلك المعدل الزمني لوصول الإشعاع وتفاعله مع ذلك الوسط، أما التأثرات الدائمية فأنها تستخدم بسهولة لقياس الإشعاع ولكن من الصعب استخدامها لقياس معدل وصول الإشعاع للمادة .

ولأن التأثيرات العابرة تستخدم لقياس معدل مرور الإشعاع في المادة فإنها وسيلة لقياس التاثير لحظة تعرض المادة إلى الإشعاع ، أما التأثيرات الدائمية فإنها تستخدم لقياس

الكمية الكلية للإشعاع التي تحسب وتقاس بعد أن ينتهي تعرض المادة للإشعاع كما في حالة الأقراص الوميضية الحرارية . تسمى المنظومة أو الجهاز الذي يقوم بالكشف عن الأشعة المؤينة بالكاشف أو العداد . وتستخدم أنواع متعددة من الكواشف تتوقف على نوع الإشعاع الساقط ، شدة الإشعاع ، طاقة الإشعاع ، وشكل المصدر المشع نفسه.

الكواشف اجهزة تستجيب للاشعاع المؤين بتوليدها نبضة كهربائية تتولد نتيجة لانتقال طاقة الالكترون الى الحجم الحساس للعداد وتسمى النسبة بين عدد العدات في الثانية (cps)الى عدد الانحلالات في الثانية (dps) بكفاءةالعداد = cps\ dps

والكاشف مصطلح خاص بالأجهزة التي تسجل الحوادث المنفردة وتكون النبضة الخارجة منه نبضة مميزة بشكل نبضة للفولتيه أو نبضة للشحنة .

منظومة الكشف عن الإشعاع تتكون من عداد لقياس الإشعاع ومنظومة تحليل الإشارة بشكل عام فإن كاشف الإشعاع يتكون من الأجزاء التالية :

1- **الحجم الحساس** : وهو الحجم الذي تحصل فيه تفاعلات الإشعاع الساقط المفيدة

2- **المكونات التركيبية** : وهي الأجزاء التي تشمل التراكيب الطبيعية التي تحافظ على الحجم الحساس والتوصيلات الكهربائية واعتياديا فإن المكونات التركيبية تغطى بشكل كامل الحجم الحساس ، وأهم المكونات التركيبية هي نافذة العداد وهي النافذة الشفافة لنفوذ الإشعاع المؤين الساقط المراد الكشف عنه .

3- **وسائل قياس المعلومات الخارجة** : وهي الأجهزة التي تقوم بفصل المعلومات المفيدة من الحجم الحساس وتحويلها إلى منظومة تحليل الإشارة . تقوم منظومة تحليل الإشارة بتحويل مخرجات الكاشف إلى معلومات مفيدة وقد تكون هذه المنظومات الكترونيات نووية ، غرفة مظلمة أو دماغ بشري هذه المنظومات لها تأثير مباشر في خواص وسلوك منظومة الكشف ومن أمثلة أجهزة الكشف العين ، والكامرة للكشف عن الأشعة المرئية . التلفاز للكشف عن الالكترونات الساقطة على الشاشة أو عداد كايكر للكشف عن الإشعاعات المؤينة ، أو أن جميع هذه الأجهزة لها حجوم حساسة (الشبكية ، الفلم ، الشاشة المتفلورة وغرفة الهواء أو الغاز) ولها مكونات تركيبية ووسائل لقياس المعلومات الخارجة.

ولجميع الأمثلة السابقة منظومات لتحليل الإشارة الخارجة (الأعصاب الضوئية ، والدماغ ، الغرفة المظلمة ، العين ، أو مقياس الإشعاع) .

أهم أنواع كواشف الأشعة وخواصها وعملها موضحة في الجدول (4 – 1) تتكون خواص الكاشف من عاملين

الأول : هو العامل الذي تعتمد عليه تلك الخاصية والذي يستخدم كمقارنة لقياس خواص الإشعاع.

الثاني : وهو العامل المتغير حسب مجال الاستخدام .

4 - 3 كفاية الكشف : Detector Efecincy

الكشف من أهم صفات الكاشف لأنه يوضح مقدرة المنظومة على الكشف عن الإشعاع المؤين وحسابه وأن العامل الذي يقيس المقدرة هو كفاية الكشف η ، أما العامل المتغير في قياس الصفة فهو عدد العدات المسجلة N. ويمكن الاستفادة من هذه الصفة في قياس قوة المصدر أو شدة الإشعاع الساقط .

تقسم كفاية كشف العداد اى قسمين هما الكفاية المطلقة والكفاية الفعلية حيث ان :

الكفاية المطلقة η^{-} = عدد النبضات المسجلة \ عدد كمات الاشعاع المنبعثة من المصدر.

وتعتمد هذه الكفاية على الأمور التالية :

1- خواص العداد .

2- وضع العداد .

3- المسافة بين المصدر والعداد .

اما الكفاية المطلقة η = عدد النبضات المسجلة \ عدد كمات الاشعاع الساقطة على العداد.

الجدول (4 – 1) انواع الكواشف وعملها

انواع الكوشف	عمل الكواشف
الكواشف الغازية 1- حجرة التاين 2-العداد التناسبي 3 – عداد جايجر- ميلر	قياس الجرع الاشعاعية او تسجيل العدات
العدادات الوميضية 1 – الوميضية السائلة 2 – الوميضية الصلبة 3 – الوميضية الغازية	١ - قياس الجرع الاشعاعية ٢ – تحديد نوع النظير المشع ٣ – رسم الطيف الطاقي
عدادت اشباة الموصلات 1-عدادات اشعة جاما 2-عدادات جسيمات الفا	قياس العناصر النزرة في النمذج البيئية وتحديد طيف العناصر
عدادات الاثر	تصوير مسارات الجسيمات المشحونة
الكواشف الوميضية الحرارية (الوضحات) TLD	قياس الجرعات الشخصية

وتعتمد هذه الكفاية على (مادة العداد ، طاقة الإشعاع ، سمك الحجم الحساس ، والمسافة بين المصدر والعداد .

إن العلاقة بين الكفاية المطلقة والفعلية هي :

$$\eta^{-} = \frac{\eta x 4\pi}{\omega}$$

حيث أن ω هي الزاوية الصلبة التي تقاس بالزوايا نصف القطرية والتي تتحدد بموقع المصدر ونهايتي العداد وإذا وقع المصدر المشع على محور العداد الذي يكون سطحه المواجه للمصدر بشكل اسطواني قائم فان:

$$\omega = 2\pi(1 - \frac{d}{\sqrt{d^2 - a^2}})$$

حيث ان a نصف قطر العداد

d المسافة بين المصدر وسطح العداد.

وعندما تكون المسافة كبيرة مقارنة بنصف القطر فان:

$$\omega = 2\pi(1 - \frac{d}{\sqrt{d^2 - a^2}})$$

وتقسم الكفاية الفعلية الى قسمين نسبة الى طبيعة الحادثة المسجلة . فتسمى الكفاية الكلية في حالة حساب جميع النبضات التي تنتج عن تفاعل الإشعاع مع الحجم الحساس للعداد بغض النظر عن ارتفاع النبضة وكمية الطاقة الساقطة شكل (3 – 3).

حيث أن المسافة الكلية تحت منحنى الطيف مقياس لعد جميع النبضات الحاصلة أمام النوع الثاني للكفاية فهو كفاية الذروة وهي التي تقيس التفاعلات التي يحصل فيها ترسيب تام للطاقة ويكون التوزيع الكلي للنبضات في هذه الكفاية بشكل نبضات لها ذروة في نهاية الطيف .

أما الحوادث التي يحصل فيها ترسيب جزئي للطاقة فإنها في يسار الذروة ويمكن الحصول على عدد الحوادث التي يحصل فيها تسرب تام للطاقة من قياس المساحة الكلية تحت ذروة (المساحة المقطعة) تسمى النسبة بين كفاية الذروة η_1 إلى الكفاية الكلية η_2 نسبة الذروة إلى الكل (r) .

$$r = \frac{\eta_1}{\eta 2}$$

وتكون هذه النسبة بشكل جداول لأنواع مختلفة من الإشعاع ولطاقات مختلفة ويفضل عمليا استخدام كفاية الذروة لأن عدد العدات الناتجة عن ترسيب الطاقة لا يكون حساسا لتأثيرات استطارة الإشعاع من الأجسام المجاورة أو من الخليفة الناتجة عن الضوضاء . ان الكفاية المطلقة هي:

$$\eta = \frac{N}{S}$$

S تمثل قوة المصدر والتي يجب أن تحول من وحدات الكيوري إلى عدد الكمات للإشعاع المنبعث من المصدر خلال زمن القياس . ويعتمد هذا التحويل على تعريف الكيوري

$$S = 3.7 x10^{10} rc$$

حيث ان C النشاط الإشعاعي للمصدر مقيسا بالكيوري .

r وفرة (abundance) ذلك الإشعاع أي أنها معدل عدد الجسيمات أو الفوتونات لكل تحلل. المتغير الذي يصاحب قياس قوة المصدر أو شدته هو عدد العدات أو معدل العدات حيث أن كل عدة عبارة عن مؤشر للكشف عن جسيم واحد وفوتون واحد ، وكما هو الحال في كل القياسات فإن هناك مصدرين الأخطار الناتجة عن قياس كفاية الكشف هما :

أ- القياسات المطلقة : وهي القياسات التي تشمل التعيير أو الحسابات وأي حالة أخرى تحدد دقة القياسات .

ب- القياسات النسبية : التي تشمل دقة الملاحظة ومقدار التفريق وأي حالة أخرى تحدد عدم الدقة في قياس العد N .

فمثلا عند قياس طول جسم معين بواسطة مسطرة فإن الخطأ في القياس المطلق يعتمد على دقة تعيير المسطرة أما الخطأ في القياس النسبي فيعتمد علي دقة ملاحظة الشخص القائم بعملية القياس ودقته في التحليل بين خط وأخر من تقسيمات المسطرة ومدى تطبيقها مع نهايات الجسم المقاس .

إن مقدار قوة المصدر الموضحة في المعادلة يمكن إعادة كتابتها

$$S= N/n$$

لذا فإن الخطأ في قياس قوة المصدر dS يمكن الحصول عليها نتيجة لجمع الخطأ الناتج عن قياس كل من N و n الذي يعبر عنها بالمقدارين d n ، d N لذا فإن الخطأ الكلي في القياس هو $(dS)^2 = (dN)^2 + (dn)^2$

ويمكن تعريف كفاية الكشف بأنها النسبة بين عدد الجسيمات أو الفوتونات التي يسجلها العداد في زمن معين إلى العدد الكلي للجسيمات أو الفوتونات الساقطة على الكاشف في نفس الزمن . أي أن: $N = N/\Phi \times G \times F$

حيث أن

G - هو عامل الترتيب الهندسي.

F – عامل التصحيح لفعالية العداد أو الأجهزة الالكترونية الملحقة .

Φ - هو عدد الجسيمات أو الفوتونات المارة خلال العداد لوحدة المساحة لوحدة المساحة الزمن وتسمى بالفيض .

يسمى حاصل ضرب بكيفية عمل العداد التي تعتمد على أبعاد العداد والترتيب الهندسي بين المصدر والعداد و تسمي بدقة العداد e (sensitivity).

$$e = \frac{\Delta N}{\Delta \Phi}$$

وفي المجالات العملية يحتوي معدل العد على بعض الحوادث التي يسجلها العداد ويكون مصدرها غير الإشعاع المؤين الساقط على العداد من المصدر المراد قياسه وإنما ناتج عن بعض المصادر الأخرى مثل الأشعة الكونية ، والأشعة المنبعثة من المصادر الطبيعية للإشعاع أو نبضات الأجهزة الالكترونية والتي تسمى بالخلفية الإشعاعية . لذلك فان دقة العدادهي :

$$e = \frac{\Delta (N - No)}{\Delta \Phi}$$

حيث ان N العدات الناتجة عن الخلفية الاشعاعية

No العدات الكلية

4-4 الوضع الهندسي Geometry

إن الضوء المنبعث من أي مصدر ينتشر في جميع الاتجاهات بشكل متساو وكذلك المصادر المشعة تبعث أشعتها المؤينة بنفس الطريقة .

obeikandi.com

فعند وضع مصدر مشع باعث لجسيمات جاما في مركز كره فإن عدد الفوتونات المنبعثة من المصدر والساقط على وحدة المساحة من الكرة في وحدة الزمن n يمكن التعبير عنها :

$$n = \frac{N_f}{A}$$

حيث أن N_f هو العدد الكلي للفوتونات المنبعثة من المصدر في كل ثانية .

Aالمساحة السطحية للكرة التي تساوي $4 \pi r^2$ (r نصف قطر الكرة)

$$n = N / 4 \pi r^2$$

يلاحظ من هذه المعادلة أن n تناسب عكسيا مع مربع بعد المصدر عن سطح الكرة على فرض أن المصدر في مركز الكرة . وهذا هو قانون التربيع العكسي . ويمكن التعبير عن هذه المعادلة بدلالة الزاوية الصلبة والتي تقابل فتحة العداد ويكون مركزها المركز النقطي المشع والتي هي جزء من الزاوية الكلية 2π وكذلك هي مساحة الكرة نصف قطرها وحدة الطوال وتحيط المصدر المشع .

$$n = N \frac{\omega}{4\pi}$$

حيث ان ω هي الزاوية المجسمة التي يكون مركزها المصدر المشع واطرافها نهايتي العداد.

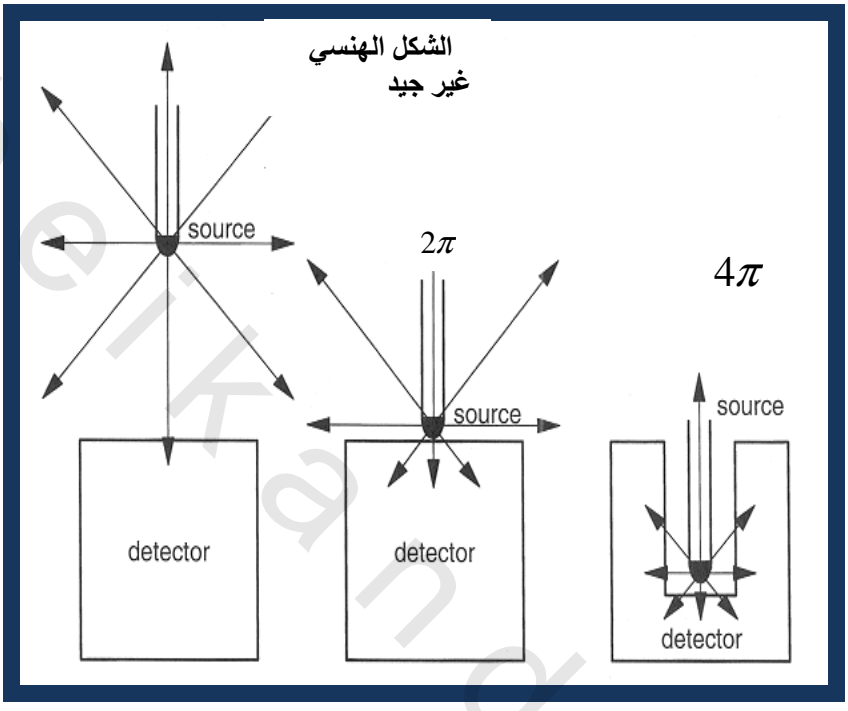
اما المقدار $\frac{\omega}{4\pi}$ فيسمى بالوضع الهندسي بين المصد ولعداد او الزاوية الصلبة

فعندما يكون المصدر على سطح العداد فان r = صفروان الزاوية المجسمة في هذه الحالة = 2π من الزوايا النصف قطرية فيكون الترتيب الهندسي هو 2π .

اما اذا كان المصدر في وسط العداد ويحيط بة العداد من كل الجهات ،او ان المصدر يوضع في الحجم الحساس للعداد فان العداد بقطع جميع الاشعة المنبعثة من المصدر. أي ان الزاوية الصلبة = 4π من الزوايا النصف قطرية فيكون الترتيب الهندسي هو

4π . واذا كان المصدر فوق العداد فان بقطع جزء قليل من الاشعة المنبعثة من المصدر ويكون الشكل الهندسي غير جيد شكل (4 - 1).

شكل (4 – 1) الوضع الهندسي للعداد



الكواشف الغازية

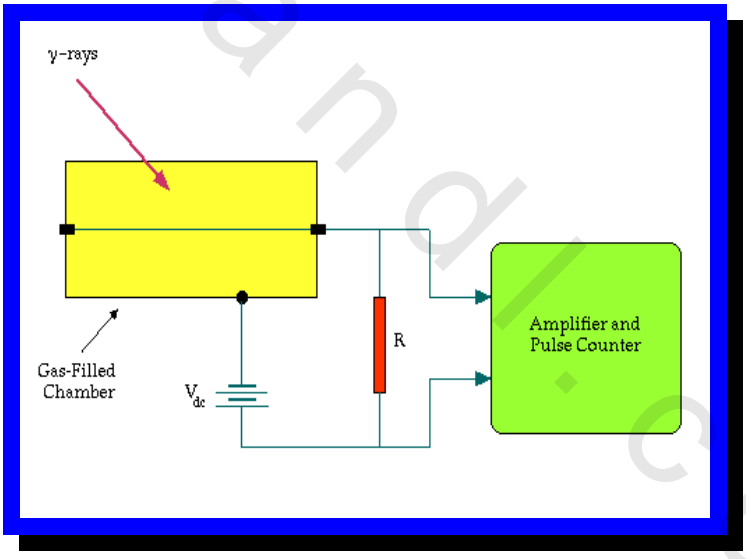
كما لاحظنا سابقا ان الإشعاع يَتفاعل مع ذرات الغاز في هذه الكواشف ويسبب ذلك تنتج الايونات حسب الظاهرة الكهروضوئية وظاهرة كومبتون. ونتيجة للتأين يتولد زوج من الأيونات الموجبة وإلكترونات السالبة. يتكون الكاشف الغازي من وعاء يحتوي على لوحين متوازيين احدهما يمثل الكاثود والأخر الانود وبينهما غاز خامل مثل الاركون او الزينون . ان سبب استخدام غاز خامل لكي لايؤثر التفاعل الذي يحصل بعد التأين على صفات الغاز وبالتالي لاتتغير خواص الكاشف شكل(4- 2).

الكشفَ عن إنتاجِ الأزواج الأيونية في الغازِ هو أساس عمل الكواشف الغازية حيث ان تطبيق فولطية مستمرة بين لوحي الكاشف يؤدي الى جمع الالكترونات على القطب

الكهربائي الموجب و جمع الأيونات الموجبة نحوَ القطب الكهربائي السالب إذا كانت الفولطية المطبقة كافية لفصل الالكترونات عن الأيونات الموجبة.

إذا كانت الفولطية قليلة يحصل اعادة الاتحاد بين الايونات المختلفة الشحنة لتكوين ذرة غاز وفي حالة الفولطية العالية يحصل تفريغ كهربائي بين القطبين ويعمل الكاشف وكأنه مصباح نيون.لذلك يجب ان تختار الفولطية المناسبة لفصل الايونات عن بعضها وتسمى هذه الفولطية فولطية التشغيل فولطية التشغيل . الكشف عن إنتاج الأزواج الأيونية في الغاز هو أساس عمل الكواشف الغازية حيث ان تطبيق فولطية مستمرة بين لوحي الكاشف يؤدي الى جمع الالكترونات على القطب الكهربائي الموجب و جمع الأيونات الموجبة نحوَ القطب الكهربائي السالب إذا كانت الفولطية المطبقة كافية لفصل الالكترونات عن الأيونات الموجبة.

شكل (4 - 2) مبدأ عمل الكاشف الغازي ذو اللوحين المتوازيين



إذا كانت الفولطية قليلة يحصل اعادة الاتحاد بين الايونات المختلفة الشحنة لتكوين ذرة غاز وفي حالة الفولطية العالية يحصل تفريغ كهربائي بين القطبين ويعمل الكاشف وكأنه مصباح نيون.لذلك يجب ان تختار الفولطية المناسبة لفصل الايونات عن بعضها وتسمى هذه الفولطية فولطية التشغيل.

لمعرفة تأثير الفولطية المستمرة على مقدار ارتفاع النبضة المتولدة على طرفي المقاومة نأخذ كاشف غازي وتطبق فولطية مستمرة بين لوحي الكاشف نغير مقدار الفولطية ونرسم خط بياني محورة العمودي يمثل ارتفاع النبضة بمقياس لوغاريتمي والمحور الافقي يمثل الفولطية المستمرة المطبقة على لوحي الكاشف .

النتائج التجريبية يمكن ان تقسم الخط البياني إلى خمس مناطقِ شكل (4 –3) هي :

1– منطقة إعادة الاتحاد A :

عندما تكون الفولطية منخفضة نسبياً، يَحْدث إعادة الاتحاد بين مجموعة كبيرة من الايونات الموجبة والإلكترونات. كنتيجة لذلك فان معظم الازواج الايونية يعاد اتحادها ويكون ارتفاع نبضة الفولطية منخفض نسبياً. وبزيادة الفولطية تقل اعادة الاتحاد ويزداد وعدد الايونات المتجمعة

2 - منطقة التأين B :

عند رفع الفولطية بما فيه الكفاية لاتحصل إعادة الاتحاد بين الأيونات الموجبة والالكترونات وإنما تتجمع جميع الإلكترونات على القطب الموجب للكاشف (الانود) وتسمى هذه المنطقة بمنطقة الإشباع ويسمى الكاشف الذي يشتغل في هذه المنطقة بكاشف او عداد حجرة التأين.

3- منطقة التناسب C:

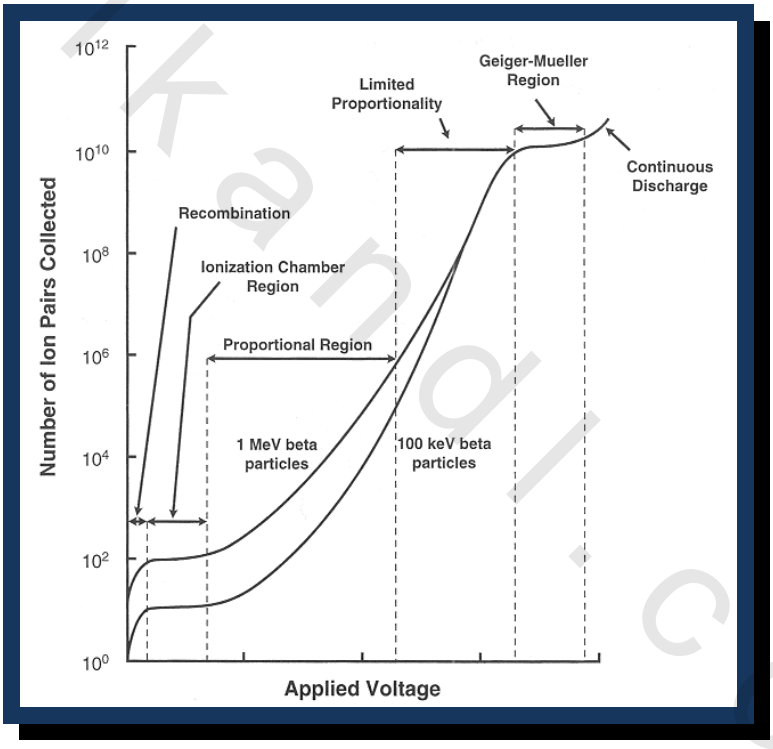
في هذه المنطقة تكون الفولطية عالية بما فيه الكفاية حيث تعجل هذه الالكترونات عندما تقترب مِنْ السلك المركزي وتكونُ طاقتها كافية لكي تصطدم مع الكترونات ذرّات الغاز لإنتاج أزواج ايونية جديدة. وهكذا يزداد عدد الإلكترونات المتجمعة على الانود بشكل كبير وبمقدار يتناسب مع زيادة الفولطية ويسمى ذلك بمضاعفة الايونات (ion multiplications

تسمى المنطقةِ بمنطقة التناسب ويسمى الكاشف الذي يَشتغلُ في هذه المنطقة بالعداد التناسبي. ويلاحظ من الشكل (4 – 3) بان ارتفاع النبضة لجسيمات α اكبر منها لجسيمات بيتا β واقل ارتفاع يكون لأشعة جاما لان التأين النوعي لجسيمات الفا اكبر منة لجسيمات بيتا وأشعة جاما على التوالي.

4 - منطقة كايكر مولر D:

عندما تزداد الفولطية كثيرا فان معظم الجسيمات المشحونة التي ولدها الاشعاع تكون لها طاقة كافية لتأين جزيئات الغاز مكونة ايونات ثانوية لها من الطاقة مايكفي لتوليد ايونات ثالثية كذلك لها من الطاقة مايكفي لتوليد ايونات رباعية .....وهكذا أي يحصل تأين لمعظم ذرات الغاز فيحصل مايسمى بالانهيار الكتروني. تتجه الالكترونات نحو الانود وتنتشر الغيمة الالكترونية على طول السلك المركزي. هذه المنطقة تدعى منطقة كايكر مولر، والكاشف المستخدم عند هذه الفولطية يسمى عداد كايكر.

شكل (4 –3) الخط البياني بين الفولطية وعدد الايونات المتجمعة



5 – منطقة التفريغ E

وعند زيادة الفولطية بشكل كبير جداً يحصل تفريغ كامل للغاز وبذلك لايمكنه كشف الاشعاع المؤين المنطقة (E).

العدادات الغازية تكون بشكل عدادات محمولة تستخدم للمسح والمراقبة الإشعاعية تتكون هذه العدادات بأشكال وحجوم مختلفة شكل (4 – 4)

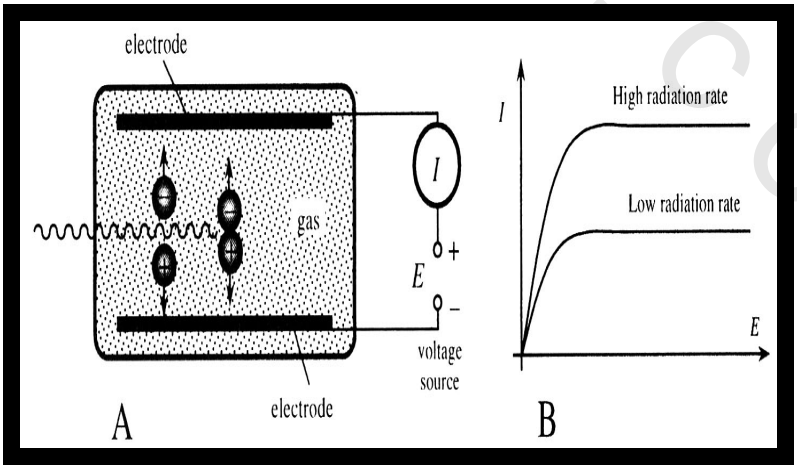
شكل (4 – 4) أجهزة المراقبة الإشعاعية

من اهم انواع العدادات الغازية:

4 – 5 حجرة التأين :

تتكون حجرة التأين من وعاء مملوء بغاز خامل يحتوي لوحين متوازيين يسلط بينهما فرق جهد مستمر قليل نسبيا وعند رفع الفولطية بما فيه الكفاية تتجمع الالكترونات على القطب الموجب للكاشف (الانود) شكل (4 – 5) ويزداد عددها حيث تتجمع جميع الإلكترونات .

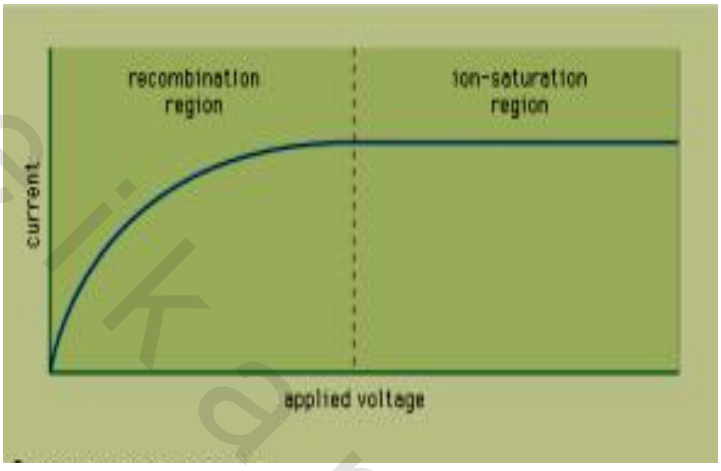
شكل (4 – 5) حجرة التأين



obeikandl.com

على القطب الموجب للكاشف (الانود) وتسمى هذه المنطقة بمنطقة الإشباع او الهضبة ومنتصف الهضبة يمثل فولطية التشغيل للكاشف. ويسمى الكاشف الذي يَشتغلُ في هذه المنطقة بكاشف او عداد حجرة التأين شكل (4 – 6)

شكل (4 – 6) منطقة الإشباع او الهضبة فولطية التشغيل للكاشف



تكون اقطاب حجرة التأين باشكال مختلفة، حيث يمثل الجدار الخارجي للحجرة الكاثود ويكون يشكل اسطواني او كروي.اما الانود فيكون في الداخل بشكل سلك، اسطوانة ، او مخروط وقد يكون كلا القطبين بشكل لوحين متوازيين شكل (4 – 7)

عند سقوط الاشعاع المؤين على الغاز فإنة يتأين وتتولد الالكترونات والايونات الموجبة والتي يعاد اتحادها فتعود ذرة غاز جديدة. وعند زيادة الفولطية بين لوحي الحجرة تنفصل الالكترونات عن الايونات وتتجه نحو الانود فيزداد التيار بشكل سريع بزيادة الفولطية حتى تصل حالة الاشباع أي ان الانود يسحب جميع الالكترونات التي تولدت نتيجة لسقوط الشعاع على الحجم لحساس للعداد.تكون الاشارة الخارجة ضعيفة الشدة لذلك نستخدم مضخّم حسّاس جداً و مجموعةٍ من الدوائر الإلكترونيةِ التي تتصل بحجرة التأين. يتم قياس التيار الخارج من حجرة التأين باستعمال الكروميتر حساس جدا للتيارات الواطئة.ولمعرفة ارتفاع تلك النبضة نفترض سقوط جسيمات الفا على الغاز وقد وجد بان توليد زوج ايوني واحد يتطلب طاقة مقدارها 30 الكترون

فولط. نفترض بان طاقة جسيمات الفا والتي تمتص كليا في الغاز تساوي 1 ميجا الكترون فولط فان عدد الازواج الايونية المتولدة (n) يساوي.

$$n = 30 / 10^{-6}$$

$$= 3.3 \times 10^{4} \quad \text{ايون}$$

الشحنة الكهربائية المتكونة في الغاز $Q = n.e$

$$= 3.3 \times 10^{4} \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$Q = 5 \times 10^{-15} \quad \text{كولوم}$$

إذا افترضنا ان حجرةَ التأيّنَ بشكل متسعة سعتها 100 بيكو فراد(pF) فان ارتفاع نبضةِ الفولطيةَ التي ولّدتْها V

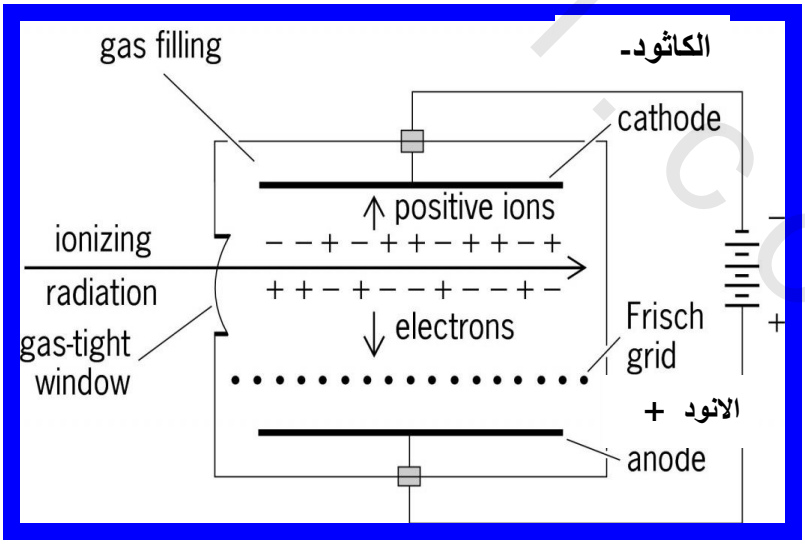
$$V = Q\backslash C = 5 \times 10^{-15} / 100 \times 10^{-12}$$

$$V = 50 \quad \text{مايكروفولط}$$

مِنْ تطبيقاتِ حجرة التأيّنِ:

1 - قياس التعرض الإشعاعي وهي كمية الشحنة الكهربائية المتولدة في وحدة كتلة الهواء. غرفة التأين المملوءة بالهواء تستعمل لمثل هذا القياس.

شكل (4 – 7) حجرة التاين



obeikandl.com

2 - قياسُ النشاط الإشعاعي. استعملت غرفة التأين التي تكون بشكل حفرة او بئر لكي توضع المادّة المُشعّة داخل البئر وبذلك يمكن أن يكشف عن معظم الاشعاع المنبعث من المادّةِ المُشعّةِ. تستخدم هذة الحجرة على نحو واسع في الطب النووي لغرض تعيير النظائر المشعة بحيث ان التيار الكهربائي المتو لّد بمثل هذا الكاشف يُدَرَّجُ لكي يعطي القراءة في وحداتِ النشاط الإشعاعي (MBq أو mCi).

استخدامات أخرى لحجرة التأين

أ- أجهزة المراقبة الإشعاعية :

وهي عدادات محمولة تستخدم للمسح والمراقبة الإشعاعية تتكون هذه العدادات بأشكال وحجوم مختلفة ، وهي جسم هوائي مغلق يحيط به جدار من مادة صلبة مكافئة للهواء مصنوعة من مواد بلاستيكية أو من الألمنيوم ، يتم قياس تيار الإشباع بواسطة الكتروميتر يربط بدائرة كهربائية تستمد قدرتها من نضيدة كهربائية تكون هذه العدادات دقيقة لقياس التعرض لأشعة جاما ذات الطاقات التي يكون توهينها في جدار العداد قليلا جدا يمكن إهماله

وهناك نوع أخر من العدادات المحمولة التي يستند عملها على قياس الشحنة الكلية المسجلة لفترة من الزمن . ومثال على ذلك العداد الجيبي الذي يشحن في بادئ الأمر فيكون التدرج الخارجي لعداد صفرا والعداد الجيبي عبارة عن حجرة تأين تحتوي على كشف كهربائي من ألياف الكوارتز عند تعرض العداد إلى الإشعاع يتفرغ جزء من شحنته بمقدار يتناسب مع الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها العداد

ب- تعيير بعض المصادر المشعة .

يمكن استخدام حجرة التأين لتعير المصادر الباعثة لأشعة جاما لان حجرة التأين تبقى ثابتة لفترة طويلة عندما تعمل في منطقة الإشباع ويتم التعيير بمقارنة التيار الأيوني الناتج عن وضع المصادر المجهولة الباعثة لأشعة جاما مع مصدر مشع لأشعة كما ذات قيمة معلومة وتحت الوضع الهندسي نفسه .

ت- قياس النشاط الإشعاعي للغازات .

وذلك بجعل الغاز المشع يمر خلال الحجم الحساس للعداد ، حيث أن حجة التأين تحتوي على مدخل ومخرج للغاز مقاسا بالبيكرل حسب المعادلة:

$$I = \frac{EAq}{W}$$

حيث ان : I تيار الانود مقاس بلامبير

E معدل الطاقة المترسبة في الغاز لكل تحلل (الكترون فولط)

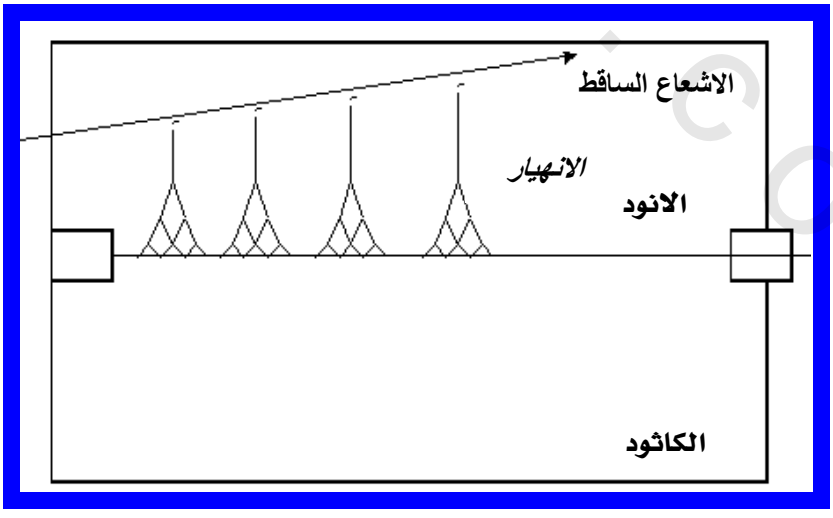
q الشحنة الكلية بالكولوم (الكترون فولط)

W الطاقة المترسبة لتوليد زوج ايوني واحد

4 – 6 العدادات التناسبية Proportional conter

عندما تزداد الفولطيه وتصبح اكبر من تلك المستعملة في غرفة التأين تتعجل الالكترونات بقوة نحو الانود نتيجة لفرق الجهد المسلط بين القطبين وبذلك تكتسب هذه الالكترونات طاقة عالية جدا تساوي جهد التأين للغاز أو أكثر فتكون للالكترونات من طاقة ما يكفي للتأين جزئيات أخرى وتوليد الإلكترونات الثانوية والتي بدورها تقوم بتأين جزيئات أخرى من الغاز فتحصل زيادة هائلة في عدد الالكترونات المتولدة بالتأين وتسمى هذه الظاهرة بالانهيار(avalanche) شكل (4 – 8)

شكل (4 – 8). حصول حالة الانهيار في العدادات التناسبية



obeikandi.com

فلو كان عدد الالكترونات الأولية المتولدة من تأين الغاز نتيجة لتفاعله مع الإشعاع هو $N_{.}$ فإن عدد الالكترونات التي تجمع بواسطة الانود والمتكونة من تفاعل الالكترونات الأولية مع المادة هو من تفاعل الالكترونات الأولية مع المادة هو $2^n N_{.}$ حيث أن :

n هو عدد التصادمات المؤينة التي تحصل بشكل متسلسل لكل من الالكترونات الأولية .

ويسمى العامل 2^n بعامل التضخيم الغازي .

الكمية الكبيرة من الالكترونات التي ولدها تفاعل الالكترونات الأولية مع الغاز لا تعتمد على الموقع الذي حصل عنده التفاعل في داخل العداد لذلك فان النبضة الناتجة من هذه الالكترونات تناسب من الالكترونات الأولية التي ولدتها الإشعاعات المؤينة ، تسمى هذه الحالة بحالة التناسب .

ان سرعة الالكترونات أكثر منها للايونات الموجبة لذلك فإن الالكترونات تتجمع بسرعة. وقد تمتد المنطقة التي تتولد فيها الزيادة الهائلة للالكترونات الى جزء من المليمترات من سمك الغاز الذي يحيط بالأيون يترك الجمع السريع للالكترونات غلاف من الايونات الموجبه حول السلك الجامع الى الانود هذه الايونات تبقى بشكل غلاف أو غمد يحيط بالانود ويساعد على جذب الالكترونات نحو الانود وبذلك فإن زمن التحليل قليلا جدا بين ($0.5x10^{-6}$ و $0.2x10^{-6}$ ثانية) وهذا يعني أن سرعة الاستجابة للعداد كبيرة جدا .

تؤدي الزيادة المستمرة في الفولطيه بين القطبين اكثر من ذلك إلى زيادة عامل التضخيم للغاز ويزداد طول غلاف الأيونات الموجبة حول الانود وينتشر على طول السلك فيكون زمن التحليل لهذا العداد قليلا جدا وفي المنطقة التي يحصل فيها التضخيم الغازي نجد كمية التضخيم عند فولتية معينة لا تعتمد على التأين الأولي ولكنها تعتمد على طاقة الأيونات السالبة والموجبة والتي تتحرك خلال الغاز ، وبهذه الطريقة يبقى تناسب ارتفاع النبضة مستمرا بمعنى أن العدد الكلي للايونات يبقى متناسبا مع الطاقة الكلية التي تفقدها الجسيمات الساقطة على الغاز وعندما تزداد الفولتية أكثر من ذلك فإن التناسب لا يبقى قائما لأن جميع الايونات الأولية لا تولد الكترونات ثانوية وهنا تبدأ منطقة التناسب المحدود .

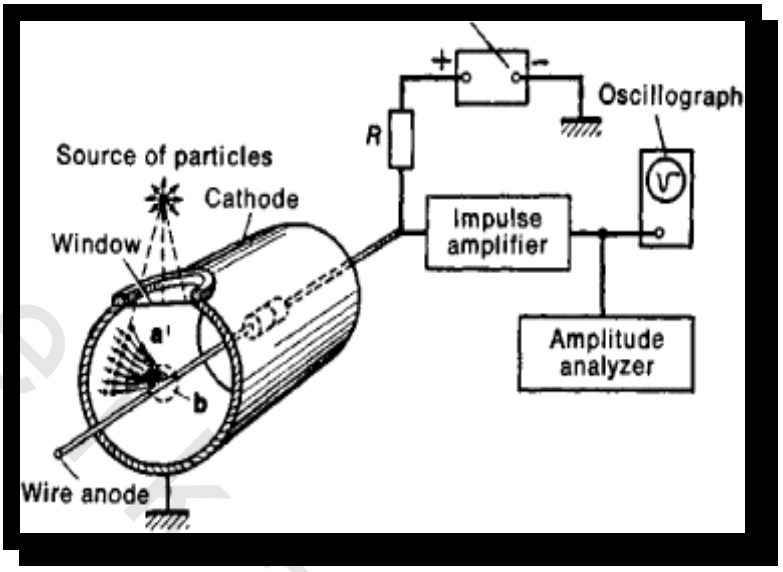
العداد التناسبي هو جهاز لتحويل طاقة الإشعاع الساقط إلى نبضات كهربائية يتناسب حجمها مع طاقة الأكمام الساقطة وتتناسب أعداد الأيونات الناتجة في الوسط الغازي للعداد والمتجمع على قطب الأنود مع تلك الطاقة .

يستخدم العداد التناسبي عادة للكشف عن الأشعة السينية وأشعة جاما ذات الطاقات الواطئة لأنه يمتلك كفاية خاصة بالنسبة لقياس الطاقات لذا يجدد العداد والتناسبي استخداما في مجال أطياف الأشعة السينية. إذا وضع مصدر مشع لجسيمات ألفا في داخل العداد فإنه يستخدم كذلك بسهوله لقياس طاقات أشعة ألفا وتشبه عملية التأين داخل العداد التناسبي تلك داخل عداد كايكر مللر إلا أن الفرق بينهم هو التضخم ففي عداد كايكر – مللر يكون فرق الجهد بين القطبين عالياً حيث أن التضخم الناتج عن التأين الثانوي يكون كافيا للوصول إلى قيمة الإشباع في شحنة الأنود ونتيجة لذلك تكون النبضة ذات حجم كبير حيث أن العلاقة بينه وبين طاقة الجسيمية الساقطة تصبح مفقودة .

عدد كايكر – مللر يكون عادة ملائما للكشف عن الإشعاع إذا كانت الكفاية هي المطلوبة . أما في حالة العداد التناسبي فإن عامل التضخم يكون باختيار فرق الجهد المناسب للأقطاب ذي قيمة متوسطة بحيث أن العدد الكلي للأيونات المتجمعة على الأنود وبالتالي حجم النبضة يكون متناسبا مع طاقة الجسيم الساقط لذا فهو جهاز ملائم لقياس الطاقة بشكل جيد .

يتألف العداد التناسبي من اسطوانة سطحها سالب الشحنة ويسمى الكاثود وخيط مركزي ذي شحنة موجبة وهو الأنود. شكل (4 - 9) يتألف الوسط الغازي داخل العداد من خليط من الغاز مؤلف من 90 ٪ اركون و 10 ٪ ميثان تحت ضغط مشابه للضغط الجوي يحتوي العداد في احد طرفيه على نافذة رقيقة من الألمنيوم أو البريليوم في أحد الجانبين يسمح للإشعاع بالنفاذ إلى داخل العداد وعمل النافذة هو تقليل عملية الامتصاص التي تطرأ على الإشعاع الساقط .

شكل (4 - 9) العداد التناسبي



الأنود عبارة عن خيط رفيع ذي قطر رفيع منتظم مثبت في طرفيه وتبلغ الفولتية المستخدمة بين الأنود والكاثود حوالي 2000 فولت ويربط الكاثود بالقطب الأرضي ولما كان الانود خيطا رفيعا فان المجال الكهربائي يعطى بالمعادلة التالية:

$$E = \frac{V}{r \ln b / a}$$

حيث ان :

a نصف قطر الانود

b نصف قطر الكاثود

r المسافة عن الانود من المعادلة يتضح أن المجال الكهربي يكون كبير جدا إذا كانت المسافة r عن الأنود قليلة جدا (قرب سلك الانود) لذا فإن الالكترونات تنجذب بقوة نحو الانود فإذا كانت الفولتيه المسلطة على العداد 1000 فولط ونصف قطر الانود يساوي 0.004 سم ونصف القطر الداخلي لاسطوانة الكاثود 2 سم بتطبيق المعادلة نحصل على أن شدة المجال الكهربي عند سطح الانود تساوي 4×10^{6} فولت/ متر. ولو كل الشكل الهندسي للعداد على هيئة لوحين متوازيين المسافة بينهما 2 سم فإن

الفولتية على العداد يجب أن تساوي 80000 فولت لكي نحصل على نفس شدة المجال السابق وأن مثل هذه الفولتيه لا يمكن تسليطها للمصاعب العملية في ذلك ، وهذا هو سبب استخدام العدادات التناسبية الأسطوانية والتي يكون فيها الانود بشكل سلك ذي قطر صغير للحصول على مجال عال على سطح الأنود.

ويسمى نصف قطر المنطقة التي تحيط بالانود ويحصل فيها التضخم الغازي بنصف القطر الحرج r_c حيث بدأ التضخم عندما تكون $r = r_c$ في المعادلة اعلاة ويكون نصف قطر الحرج عادة اقل من 1 ملم ، لذلك فإن منطقة التضخيم تكون محصورة في حيز ضيق وهي منطقة الغاز المحيطة بسلك الانود. ويكون معامل التضخيم في هذه المنطقة منتظما لان جميع الأزواج الأيونية الأولية تكونت خارجها وعند دخول هذه الايونات إلى منطقة نصف القطر الحرج يحصل التضخيم الذي يكون متساويا في جميع أجزاء الغاز في هذه المنطقة .

وبسبب فرق الجهد العالي وشدة المجال الكهربائي تتحرك الالكترونات المتجه نحو الانود بتعجيل كبير تحرر بتصادمها مع ذرات الغاز الكترونات ثانوية لها نفس خواص الالكترونات الأصلية (الأولية) حيث يكون باستطاعتها مواصلة عملية التأين إذا كانت طاقتها كافية لذلك وتحرر الالكترونات أخرى .

يملا العداد التناسبي بأحد الغازات الجزئية كما في عدادات حجرة التأين ويفضل دائما استخدام الغازات النبيلة مع نسبة مئوية قليلة من غاز جزيئي ، وأكثر الغازات استخداما في هذه العدادات هو مزيج الاركون مع 10 ٪ ميثان أو الايزوبيوتين (C_4H_{10}) ويكون معامل التضخيم الغازي لمثل هذه المخاليط $(10^5 - 10^2)$. الغازات لاتحتوي على مكونات سالبة الشحنة مثل الاوكسجين لان الالكترونات المتجهة نحو الانود سوف تتحد مع الشحنات السالبة مكونة ايونات سالبة لايكون بمقدورها تكون حالة الانهيار فيكون حجم النبضة صغيرا لايمكن الكشف عنه . او قد تملأ العدادات التناسبية بغازات نبيلة لانها لاتحوي جزيئات سالبة ولاتتفاعل مع مكونات مادة العداد . من الغازات التي تستخدم بشكل شائع هي غاز الاركون لرخص ثمنة اوغازات الكربتون والزنون ذات الاعداد الذرية العالية والتي تمتاز بدقتها للكشف عن الاشعة السينية واشعة جاما. بعض تطبيقات قياس الجرع يتطلب ملئ العداد بغاز

مكافئ للنسيج الحي يتكون من خليط من الغازات 64.4 ٪ من غازالميثان 32.4٪ من غاز ثنائي اوكسيد الكاربون و3.2 ٪ من النايتروجين. ذرات الغاز تتهيج نتيجة لمرور الإشعاع وعند عودة الذرات المتهيجة إلى حالة الاستقرار تبعث فوتونات الأشعة فوق البنفسجية التي لها قابلية تحرر الكترونات إضافية من جزيئات أو ذرات الغاز ، وبذلك يحصل تفريغ في مناطق أخرى من الغاز ولكن هناك طريقة لإيقاف مثل هذا التفريغ وتحديد منطقة انتشاره وتسمى هذه العملية بالإطفاء وتتم بزيادة كمية قليلة من غازات وأبخرة عضوية تقوم بإيقاف عملية التأين للأسباب التالية :

1 - الغازات العضوية لها جهد تأين أقل من جهد التهيج للغازات النبيلة لذلك عند رجوعها إلى حالة الاستقرار تكون الطاقة الناتجة عنها غير كافية لتأين جزيئات الغاز

2- يمتاز الغاز العضوي بكبر جزيئاته التي لها قابلية على امتصاص الأشعة السينية المنبعثة من الغازات النبيلة المتهيجة .

3- الغازات العضوية تؤدي إلى تقليل المسار الحر لفوتونات الغاز النبيل إلى حوالي ١ ملم وبذلك تتحدد منطقة التفريغ في العداد .

أن الصفة المهمة لهذه الغازات والأبخرة العضوية هو أن طيفها الامتصاصي يكون مشابها للطيف الامتصاصي للغاز النبيل .

أكثر الغازات ملائمة للإطفاء هو الميثان والايثانول اللذان يستخدمان بشكل واسع في العدادات التناسبية .

أنواع العدادات التناسبية

تقسم العدادات التناسبية المستخدمة إلى قسمين :

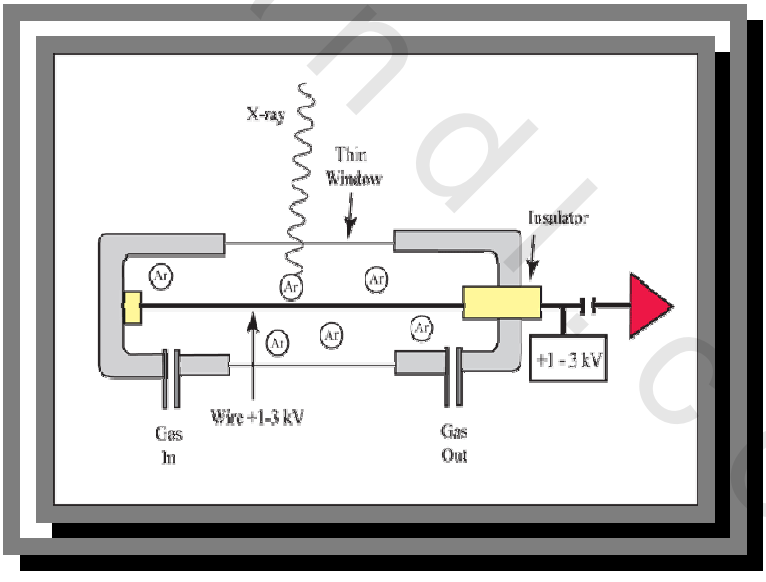
1- العدادات ذات الغاز الجاري .

وهي العدادات التي يستمر الغاز الذي يملاءها بالجريان بشكل بطيء . لذلك فإن عمر هذه العدادات غير محدود لان غاز العداد يستمر تغيره باستمرار وبذلك فإن الجزيئات التي تحللت نتيجة لتكون الايونات تزاح باستمرار .

وتكون غرفة العداد بشكل اسطواني أو بشكل نصف كرة بحيث يستطيع شكلها الهندسي قياس الإشعاعات المنبعثة من جميع الإتجاهات أي بالوضع الهندسي 4π أو يمكن قياسها بالوضع الهندسي 2π وعند هذا الترتيب الهندسي يجب إجراء بعض التصحيحات على النتائج المقاسة لمراعاة الوضع الهندسي . إن الشكل الأسطواني يمثل الكاثود فيكون بشكل سلك رفيع في وسط الاسطوانة ويجهز العداد بنافذة رقيقة من المواد التي تسمح بالإشعاع بالنفوذ خلالها إلى داخل العداد ويملا العداد بخليط من غاز الميثان 10 ٪ والاركون بنسبة 90 ٪ ويسمى بالغاز p -10 الذي يجري داخل العداد بشكل مستمر وبطيء .

توضع المادة المراد قياس فاعليتها الإشعاعية في داخل العداد لغرض تجنب امتصاص الجسيمات المشحونة خلال اختراقها نافذة العداد التناسبي الاعتيادي ويسمى هذا النوع من العدادات بالعدادات عديمة النافذة

شكل (4 – 10) عداد تناسبي ذات الغاز الجاري



والفائدة الأخرى للعدادات عديمة النافذة هو قياس جسيمات ألفا بشكل كفء بوجود الإشعاعات الأخرى (بيتا أو أشعة جاما) لأن التأين النوعي لجسيمات ألفا كبيرة جدا فتولد أزواج ايونية كثيرة يمكن جمعها قبل أن تؤدي بقية الإشعاعات إلى تأين جزئيات الغاز. يرسم معدل العد كدالة للفولتية حيث يلاحظ وجود منطقتين للهضبة .

عند قياس معدل العد لمصدر باعث للجسيمات ألفا بيتا عند وضعها في داخل العداد وقياسه بواسطة مقياس يحتوي على مستوى مميز للفولتية فعندما تكون الفولتية العمل واطئة فإن جسيمات ألفا ذات الطاقة العالية تولد النبضات المتولدة من نبضة جسيمات ألفا تكون من الكبر بحيث تستطيع المرور خلال مميز الفولتية مكونة منطقة الهضبة الأولى . ويستفاد من هذه المنطقة لتحديد الفولتية التي يعمل عليها العداد من أجل قياس جسيمات ألفا ، وتأخذ الفولتية بين الثلث الأول إلى منتصف الهضبة .

وعند زيادة الفولتية أكثر من ذلك يلاحظ زيادة في معدل العد لأن هذه الزيادة تؤدي إلى زيادة عامل التضخيم وتوليد نبضات إضافية إن الجزء الأكبر من هذه النبضات سببه التأين الذي تولده الجسيمات بيتا وتكون النبضات من الكبر بحيث تمر خلال المميز وعند زيادة الفولتية تتولد هضبة ثانية تمثل الحالة التي تولد فيها كل من الجسيمات الفا وجسيمات بيتا نبضات سعتها كبيرة بحيث تمر عبر المميز تكون النبضة المتولدة من جسيمات ألفا قليلة يمكن اهمالها لذلك فإن مثل هذا العداد له قابلية على التميز بين جسيمات ألفا وبيتا وأشعة جاما . الخلفية الإشعاعية لهذه العدادات قليلة جدا وعندما يكون الجهاز في منطقة الهضبة فالخلفية الإشعاعية أقل من عدة واحدة في الدقيقة لذلك يمكن قياس الفاعلية الإشعاعية لمصادر ألفا ذات الطاقات الواطئة جدا .

2- **العدادات التناسبية للكشف عن النيوترونات :**

يستخدم هذا النوع من العدادات بشكل شائع للكشف عن الجسيمات المشحونة والنيوترونات . وهي على نوعين :

أ –العدادات المملوءة بالبورون الكشف عن النيوترونات :

يستخدم هذا العداد لقياس النيوترونات حيث يملا بغاز البورون- 10 شكل (4– 11) . عند سقوط النيترونات على العداد فانها تتفاعل مع البورون مولد جسيمات الفا والتي يتحسس بها العداد. كما في المعادلة التالية:

$$^{0}n + ^{10}B = ^{3}Li + ^{4}He\ (\alpha)$$

تملأ هذه العدادات بالغاز وتغلق بعد ذلك ويكون عمرها الزمني محدداً نظرا لزيادة الشوائب الكثيرة الناتجة عن تأكل المواد المكونة للعداد أوتحلل جزئيات الغاز والتي سوف تزداد وتؤثر في عمل العداد يتم دخول البورون في تركيب العداد بطريقتين :

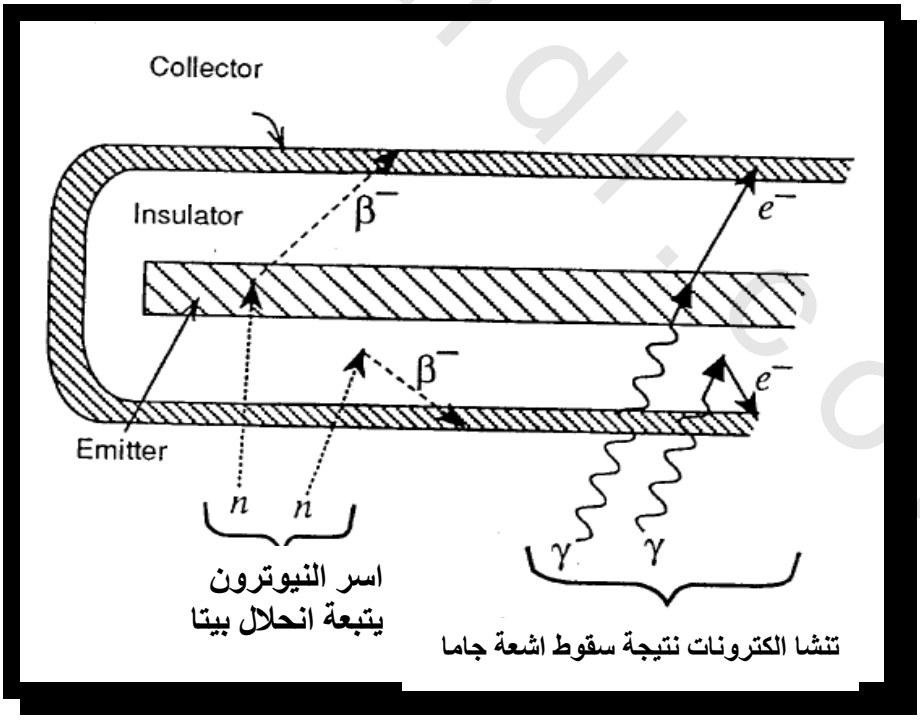
الاولى:

طلاء الكاثود بطبقة رقيقة من البورون سمكها بحدود 0.5 مغلم / سم ^{2} أو أقل لأنه إذا كان سمك طبقة الطلاء أكبر من مدى جسيمات الفا (0.75 ملغم / سم^2) فإن حساسية العداد سوف تكون قليلة . أهم مزايا هذا العداد إمكانية استخدام الغازات الاعتيادية للكشف عن النيوترونات ولكن جسيمات الفا المتولدة نتيجة تفاعل النيوترون مع البورون تفقد قسما من طاقتها للتخلص من طبقة الطلاء الرقيقة .

الثانية :

ملئ العداد بغاز ثالث فلوريد البورون BF_3 . وأهم مزايا هذه الطريقة هو أن التفاعل (n,α) يتولد داخل الجسم الحساس للعداد بذلك تفقد جسيمات الفا جميع طاقتها لتأين جزئيات ذلك الغاز لذا فإن منطقة الهضبة في هذه الحالة تكون منبسطة تماماً . وتستخدم هذه الطريق لقياس الفيض النيوتروني الواطئ .

شكل (4– 11) العداد لقياس النيوترونات



تستخدم العدادات التناسبية بشكل واسع للكشف من النيوترونات في مجال إشعاعي مختلط (نيوترونات وأشعة جاما) وهذا ما يحصل في المفاعلات النووية أو بعض المصادر النيوترونية . وهذه العدادات ليس لها القدرة على التمييز بين أشعة جاما والنيوترونات فحسب وإنما يمكن أن يميز النيوترونات الحرارية السريعة حيث توضع حول العداد المملوء بغاز BF_3 ماد ألبرافين أو البولي اثلين والتي تستطيع تهدئة النيوترونات السريعة إلى نيوترونات حرارية تكشف في العداد نتيجة للتفاعل (n,α).

ب – العدادات المملوءة بالهليوم الكشف عن النيوترونات :

يملاء العداد بغاز He^3 فيحصل تفاعلين الاول تتفاعل النيوترونات الحرارية مع الغاز لتوليد جسيمات مشحونة ،والثاني هو ان الجسيمات المشحونة تؤين جزيئات الغاز فتكون النبضة كما في التفاعل التالي:

$$^0n + {}^3He = {}^3H + P^+$$

ت – العدادات الانشطارية للكشف عن النيوترونات :

أما الطريقة الأخري للكشف عن النيوترونات الحرارية بواسطة العداد التناسبي فهي استخدام العدادات الانشطارية حيث تطلي أقطاب العداد بطبقة رقيقة من مادة انشطارية مثل اليورانيوم – 235 فعند سقوط النيوترونات الحرارية وأسرها من قبل اليورانيوم تتكون شظايا انشطارية تستطيع توليد أزواج أيونية ذات كثافة عالية في غاز العداد . أهم مزايا هذا العداد هي حساسيته الواطئة جداً لأشعة جاما ذات الطاقة العالية . وأن الارتفاع الكبير للنبضات المتولدة من تفاعل الشظايا الانشطارية مع الغاز في داخل العداد يؤدى إلى سهولة التميز بين بقية الإشعاعات بما فيها جسيمات الفا التي تنطلق نتيجة للتحلل الاعتيادي لليورانيوم - 235 .

عند استخدام هذه العدادات لقياس النيوترونات أو أشعة جاما ذات الطاقة العالية فإن جدار الكاثود يكون سمكه بضعة ملـيمترات لكي يكون تركيبه قوياً . أما في حالة الطاقات الواطئة لأشعة جاما أو الأشعة السينية فإن الكاثود يزود بنافذة من مادة رقيقة توضع في نهاية العداد أو عند أي نقطة على جدار الكاثود .

لا تكون طاقة التفريق لبعض العدادات التناسبية جيدة نتيجة للتشويه وعدم انتظام المجال الكهربائي على طول سلك الانود والسبب في التشويه أما أن يكون ناتجاً عن عدم انتظام قطر سلك الانود فتكون قيمة a متغيرة وبذلك نحصل على قيم مختلفة للمجال ويتغير تبعا لذلك معامل التضخم الغازي من نقطة إلى أخرى قرب سلك الانود ويمكن التغلب على هذه المشكلة بأخذ قطر سميك نسبياً لسلك الانود حيث أن التغيرات فيه تكون قليلة جداً نسبة إلى نصف القطر . ولكن ذلك يتطلب تسليط فرق جهد كبير على العداد للوصول إلى نفس المجال الكهربائي .

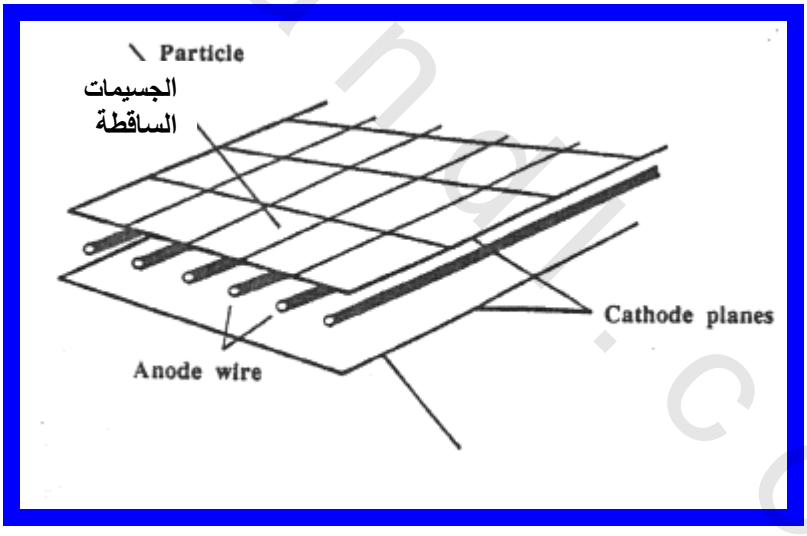
أو أن التشويه يكون ناتجاً عن التأثيرات التي تحصل عند نهايتي السلك عند دخوله في العازل نتيجة لوجود مادة الكاثود أو أي مادة موصلة قريبة من النهاية . بذلك يكون التضخم الغازي للأزواج الايونية – المتولدة عند هاتين النقطيتين – مختلفاً عن التضخيم الحاصل في باقي أجزاء السلك وللتغلب على هذه المشكلة يحاط سلك الانود عند النهايتين بأنابيب موصولة قطرها أكبر بكثير من قطر السلك وتسمى هذه بأنابيب المجال. ويسلط على هذه الأنابيب نفس جهد الانود لذلك فإن الحوادث التي تحصل عند النهايتين لا تسجل ويكون الحجم الحساس للعداد واقع بين النهايتين فقط.

ث – العداد التناسبي المتعدد الأسلاك :

صمم العداد التناسبي متعدد الأسلاك سنة 1968 م من قبل العالم جارباك (Charpak) وقد استخدم هذا العداد في السنوات الأخيرة بشكل واسع في فيزياء الجسيمات ذات الطاقة العالية أو في تجارب الفيزياء النووية . ويتكون العداد من مجموعة من الأسلاك تمثل الانود يحيط بها من على الأعلى والأسفل صفيحتان تمثلان الكاثود . وأن الأيونات التي تتكون نتيجة لمرور الاشعاع سوف تتحرك إلى سلك الانود القريب منها حيث يحصل لها تضخيم خلال حركتها . ولأن كل حادثة تتكون على انود واحد فإنها تكون بشكل عمودي على الانود وبذلك تتحدد بشكل نقطة على المحور y, x . يجب أن تكون المسافة بين سلك وآخر كافية لعدم حصول التداخل في المتسعات المتولدة بين هذه الأسلاك . شكل (4 – 12). ومن ناحية المبدأ فإن المعلومات المستخرجة عن موقع أي تفاعل يمكن أن تتم بربط سلك كل كاثود بمنظومة تتكون

من مضخم وجهاز الكتروني للعد . وهذا يعني وجود عدد كبير من المنظومات يساوي عدد أسلاك العداد التناسبي وهذه حالة غير مقبولة عملياً . لذلك تستخدم طريقة القراءة والعد باستخدام خط التأخير (delay lime) حيث أن الإشارة الخارجة من الكاثود تمر عبر خط التأخير وكل إشارة تتأخر بمقدار 5×10^{-9} ثانية كل ملمتر . لذا فإن زمن التأخير الكلي يقيس موقع التفاعل . يولد كل تأين واحد إشارة بدء في الانود واشارتين في الكاثود ، تكبر الإشارات الثلاث بواسطة مضخم ثم تمرر إلى وحدات تحويل الزمن إلى السعة . حيث أن كل وحدة من هذه الوحدات تقيس الفترة الزمنية بين إشارة الانود (البداية) وإشارة الكاثود (إشارة الوقوف) ويكون القياس بشكل نبضة للفولتية ارتفاعها يتناسب مع الفترة الزمنية ، أي مع الإحداثيات x , y لتلك الحادثة .

شكل (4 – 12) العداد التناسبي المتعدد الأسلاك

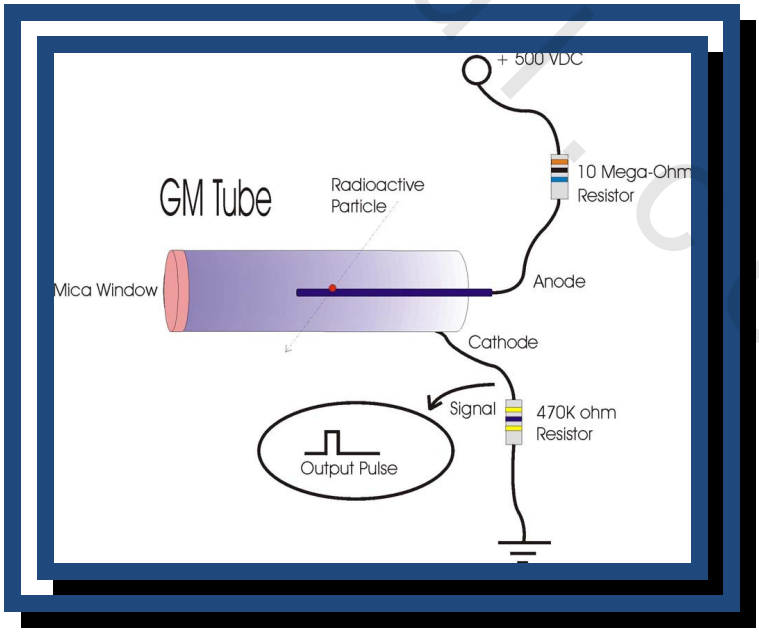


إن وحدتي تحويل (TAC) كذلك يقومان بحرف حزمة الإشارة وتوضيحها بشكل نقطة على المحور y,x . أما طاقة التفاعل فيمكن اختيارها بواسطة محلل القنوات الأحادي (SCA) .

4- 7 عداد كايكر – مللر (G- M) :

عندما تزداد الفولتية بين الكاثود والانود وتصبح أكثر من الفولتية للعداد التناسبي تصل إلى منطقة كايكر – مللر ويسمي العداد في هذه الحالة بعداد كايكر مللر . ويتكون من أسطوانة مملؤة بغاز الأرجون المطفى تحت ضغط 40 ضغط جوي . أما الانود فيكون بشكل سلك من التنجستين والكاثود هو الاسطوانة الخارجية ويصنع عادة من الحديد المقاوم للصدأ أو الألمونيوم ويطلي من الداخل بالكاربون ليصبح موصلاً للكهرباء لقد استعيض عن الاقطاب الكهربائية المتوازية بحجرة أسطوانية الشكل لأنها اكثر كفاءة للقياس . القطب الكهربائي الموجب عبارة عن سلك رفيع يمر عبر مركز الأسطوانة والقطب الكهربائي السالب هو جدار الأسطوانة شكل (4 – 13) و يملأ بغاز خامل وتغلق نهايتي الأنبوب ، ومن الغازات الأكثر شيوعا هي الهليوم أو النيون. كذلك تضاف الهالوجينات إلى الأنبوب. ويسلط فرق جهد يصل إلى +1000 فولت بين السلك والاسطوانة. وعندما يتعرض الكاشف للإشعاع المؤين ينبعث الإلكترون من اسطوانة الكاشف بواسطة أشعة جاما أو الالكترونات السريعة التي تخترق الكاشف. الالكترونات تنجذب إلى السلك المركزي بسبب جهده الموجب العالي.

الشكل (4- 13) عداد كايكر ذو الشكل الاسطواني

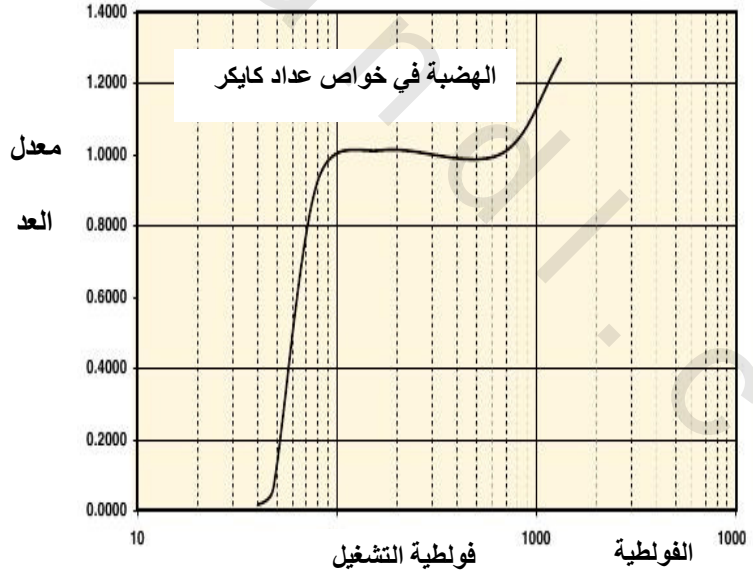


من حيث المبدأ يمكن تصنيع مثل هذا الكاشفِ بأخذ أنبوب معدني، يمر في مركزه سلك لأن كل تفاعل ابتدائي يولد أعداداً هائلة من الأزواج الأيونية الثانوية نتيجة للانهيار الذي ينتشر على عموم حجم العداد . لذلك فإن العداد يتحسس بعدد التفاعلات وليس بمقدار الطاقة المتنقلة . يتراوح مقدار التضاعف الغازى في هذه الحالة بين $10^{8} - 10^{9}$ مقارنة بالتضاعف الغازي لعداد التناسب $10^{3} - 10^{6}$ لأن التضاعف يعتمد على خواص العداد وعلى الدائرة الخارجية .

إن خواص الاشتغال لعداد كايكر موضحة في الخط البياني لمقدار معدل كدالة للفولتية المسلطة على العداد شكل (4 - 14).

حيث يلاحظ أن معدل العد يزداد بصورة سريعة في منطقة كايكر بزيادة الفولتية ثم بعد ذلك يبقى معدل العد ثابتاً بزيادة الفولتية وتسمى هذه المنطقة بالسهل أو الهضبة

شكل(4 – 14) تعين فولطية التشغيل لعداد كايكر



وتسمى أقل فولتيه تبدأ بها النبضات بالتسجيل باسم فولتية البداية وعندما تزداد الفولتية بصورة كبيرة فإن منطقة السهل تنتهي بسبب التفريغ المستمر الذي يحصل في العداد وتكون فولتيه الاشتغال للعداد عند منتصف منطقة السهل . الخط البياني

لعداد كايكر يوضح وجود حالة الإشباع التي عندها يبقى معدل العد ثابتا بالرغم من زيادة الفولطية وتسمى هذه المنطقة بالهضبة (Plateau). ومنتصف الهضبة يمثل فولطية التشغيل للكاشف والتي تبين بان معدل العد لايتاثر بتذبذب فولطية التشغيل للكاشف.

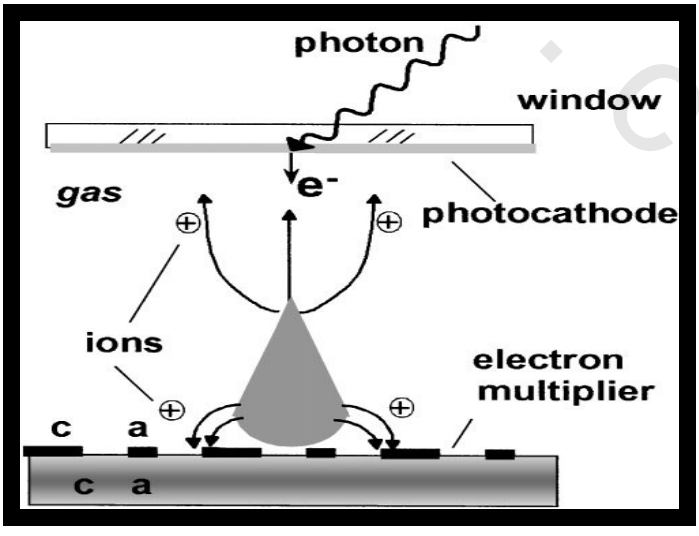
يعمل عداد كايكر في الفولطياتِ العاليةِ نسبياً والتي تتراوح بين 300- 400 فولط و تسمى فولطية التشغيل . تمتاز هذه العدادات يكونها تكشف عن الإشعاع فقط ولكنها لا تفرق بين الانواع المختلفة للإشعاع.

التضاعف الغازي في عداد كايكر G. M يولد نبضة ذات سعة منتظمة وكبيرة مما لا يستدعي تعقيداً عدد الأزواج الأيونية المتكونة من الإشعاع الابتدائي .

يستمر الانهيار في غاز العداد حتى يتولد عدد من الأزواج الأيونية في داخل العداد التي يكون مقدارها 10^9 الكترون . تتكون هذه الالكترونات بسرعة وتنتهي حالما تصل هذه الالكترونات إلى سلك الانود للعداد .

تتبع انهيارات التأين الابتدائية أخرى ويعتقد بأن كل انهيار يثار triggered من الانهيار الذي قبله وتنتقل هذه الانهيارات نتيجة لتهيج الذرات المتعادلة في منطقة الانهيار . تعود الذرات المتهيجة إلى حالة الاستقرار يبعثها لفوتونات الأشعة فوق البنفسجية والتي تولد انهيارات إضافية شكل (4 –15) .

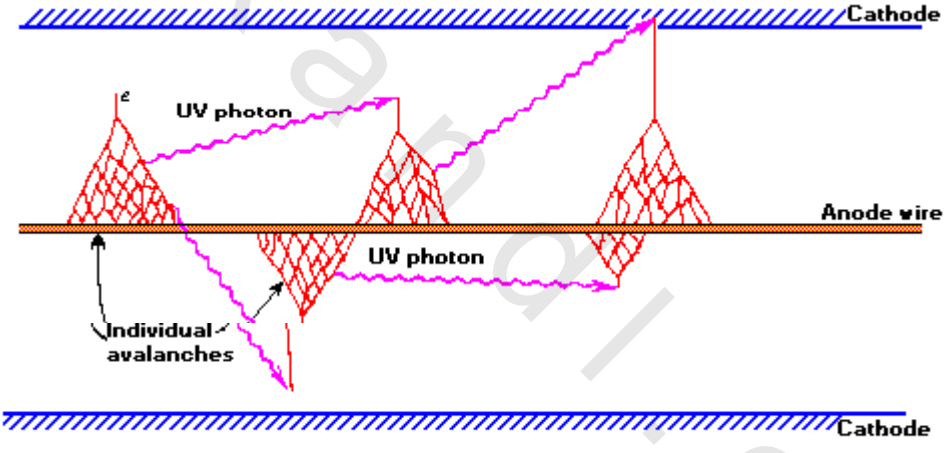
شكل (4 - 15) تضاعف الالكترونات في عدادات كايكر



مبدأ عملية الانهيار الغازي هو ان الفوتون عند سقوطة على الكاثود الضوئي سوف ينبعث الكترون ويحدث الانهيار بتكاثر عدد الإلكترونات المنبعثة والتي تحصل قريبا من ألانود . تتجمع الأيونات على اجزاء الكاثودات المجاورة شكل (4 –16) .

وتكون هذه الفوتونات السبب في انتقال الانهيار من نقطة إلى أخرى داخل الحجم الحساس للعداد . هذه الفوتونات تتفاعل مع سطح الكاثود أو مع جزئيات أخرى من الغاز حسب الظاهرة الكهروضوئية وتتولد نتيجة لذلك الكترونات ضوئية تتحرك نحو الأنود وبذلك تتكون حالة انهيار أخرى ، تتأخر الالكترونات المتولدة من الأشعة فوق البنفسجية مقارنة مع الالكترونات الثانوية المتولدة من الإشعاع الابتدائي .

شكل (4 - 16) مبدأ عملية الانهيار الغازي في عدادات كايكر



لأن الغازات النبيلة تؤدي إلى تأخر انبعاث الأشعة فوق البنفسجية في حالة تهيجها . وبالتالي تأخير تكون الالكترونات الضوئية ثم تأخير حصول الانهيار الإضافي.

عندما يكون العداد مملؤاً بغاز نقي فإن الايونات الموجبة قد تولد الالكترونات ضوئية عند تعادلها على الكاثود شكل (4 – 17). تتعادل الايونات الموجبة عند وصولها الكاثود نتيجة لاتحادها بأحد الالكترونات جدار الكاثود .

أ–مجال كهربائي كبير لايحصل عنده التفريغ

ب- قذف احد الالكترونات في منطقة التضاعف الغازي

ت– الالكترون يحفز الانهيار المضاعف وتتحرك الفجوات نحو الانود .

ث– تطفى عملية الانهيار نتيجة لتناقص المجال

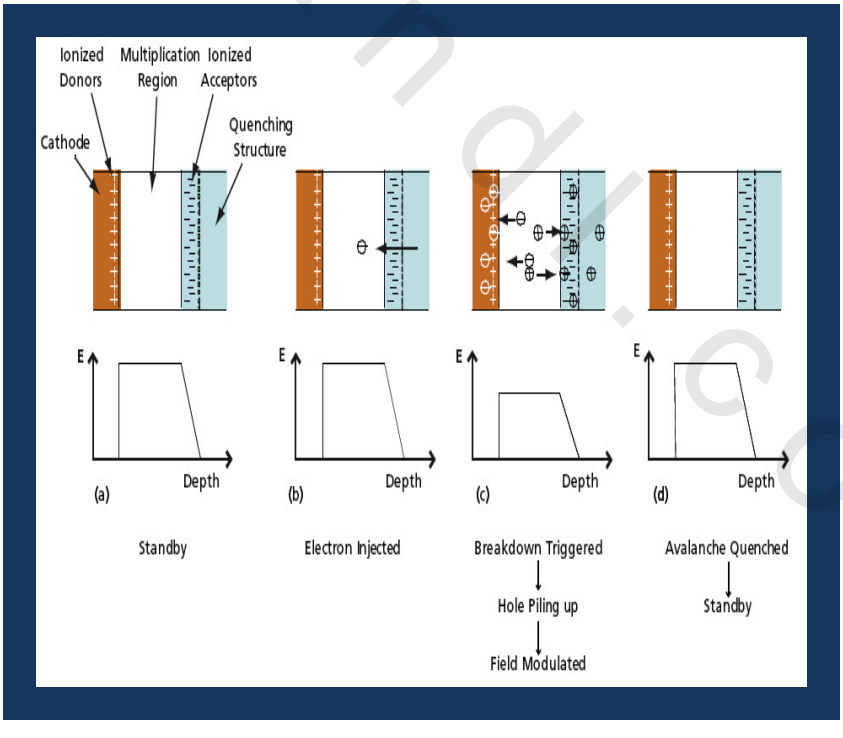
وتتولد عملية التعادل هذه الكتروناً إضافياً بطريقتين

الأولى : يؤدي فرق الطاقة بين جهد التأين للأيون ودالة الشغل للكاثود إلى انبعاث فوتونات ضوئية يؤدي تفاعلها إلى الكاثود إلى انبعاث الكترونات ضوئية .

الثانية : عندما يكون جهد التأين للأيونات الموجبة يساوي في الأقل ضعف دالة الشغل للكاثود في هذه الحالة ينبعث الالكترون وليس الفوتون .

وفي جميع الحالات يؤدي انبعاث الالكترونات إلى انهيار أخرى . يتحدد تولد الالكترونات نتيجة لتعادل الأيونات الموجبة على سطح الكاثود بسرعة تلك الأيونات ، ولأن سرعتها بطيئة سوف تتأخر الالكترونات الأولية والفرق في الزمن بين الحالتين يساوي تقريباً 200 مايكروثانية وهذا زمن خمود لا يتحسس خلاله العداد إلى النبضات الجديدة .

شكل (4 – 17) تاثير المطفئ على عمل عداد كايكر



obeikandl.com

أما السبب الآخر لزمن الخمود هو تكون سحابة من الأيونات الموجبة حول سلك العداد والتي تؤدي إلى إضعاف المجال الكهربائي حول السلك (الانود) .

يؤدى تولد الالكترونات نتيجة لتعادل الايونات الموجبة إلى حصول تفريغ في العداد . ويستمر الانهيار إذ لم تكن هناك طريقة لمنع مثل هذه الظاهرة . إن منع الانهيار يسمي بالإطفاء (quenching) .

مِنْ اهم مميزات هذة الكواشف:

1 - عدم الحاجة إلى مضخم حساس (كما الحال في حجر التأين) لهذا الكاشف بسبب تكبير الغاز فتكون الاشارة كبيرة .

2 - يجب أنْ تتوقف عملية انهيار الإلكترون لكي يعمل الكاشف كما ينبغي. فعندما تسقط الدقائق المشعة او الفوتونات فان ذرات الغاز تمتصها ويحصل تفريغ كامل للغاز وبذلك يعجز الغاز عن الكشف عن الإشعاعات التالية التي تدخل الكاشف. لذلك لابد من وجود وسائل لإيقاف انهيار الإلكترون وتعالج بعملية تسمى الاطفاء. وأحد وسائل الإطفاء تقليل الفولطية المستمرة إلكترونياً بعد كل انهيار. والطريقة الثانية الأكثر استعمالا هي إضافة كمية صغيرة من غاز مطفئ إلى الغاز الخامل، مثل غاز الكحول الأثيلي بشكل بخار يتكون من جزيئاتٍ ذات طاقة كبيرة تمتص طاقة الالكترونات وبذلك لا تصرف في عملية انهيار الإلكترون .اي ان جزيئات الغاز المطفئ الكبيرة تتصرف مثل الكابح لظاهرة الانهيار.

3- بصرف النّظر عن نوعِ الغاز المطفئ المستعمل في الكاشف فان الكاشف لايسجل امتصاص إلاشعاع لفترة زمنية صغيرة. هذه الفترة الزمنية تدعى بزمن الخمود (Dead Time) وبالرغم من ان زمن الخمود قصيرة نسبياً (200- 400 µs) لكنه يقلل من كمية الاشعاع الحقيقية الواصلة الى الكاشف. و كنتيجة لذلك نحصل على قراءة بهذا الكاشف أقل من القراءة الحقيقية. يمكن أن تحسب القراءة الحقيقية للكاشف باستعمال المعادلة التالية:

القراءة الحقيقية = قراءة الكاشف \ (1- زمن الخمود .)

إطفاء العداد : (quenching)

المقصود بإطفاء العداد هو إيقاف استمرار التفريغ في داخل العداد ويتم بطريقتين .

أ- الإطفاء الخارجي:

يتم بربط مقاومة عالية في الدائرة الخارجية للعداد قيمتها في حدود 10^{8} أوم فعند مرور تيار عابر مقداره I فإنه يمر في العداد مولدا التفريغ وعندما يمر خلال المقاومة فإنه يولد فرق جهد مقداره IR . وبذلك يكون هبوط الجهد على العداد اقل من الجهد اللازم لحصول التضخم الغازي في منطقة كايكر . وأهم مساوئ هذه الطريقة هو كبر ثابت الزمن للدائرة الخارجة الذي يصل إلى 10^{-3} ثانية وينتج عنه زمن خمود مساو له في القيمة .

ب- الإطفاء الداخلي :

تتم عملية الإطفاء في هذه الحالة بزيادة بعض الغازات والأبخرة بشكل شوائب مع الغاز الأصلي للعداد لكي تقوم بامتصاص طاقة التهيج قبل أن تؤدي إلى تأين الذرات في الحجم الحساس للعداد .

يوجد نوعان من الغازات المطفئة الأولى هي الهلوجينات والثانية هي الغازات والأبخرة العضوية . عند اضافة الغاز المطفئ تلتصق الأيونات الموجبة المتجهة نحو الكاثود بجزيئات الغاز المطفئ وعند وصولها إلى الكاثود تزيح أحد الالكترونات من جدار الكاثود وأن طاقة هذه الالكترونات تصرف في تفكيك جزئيات الغاز . فمثلاً أن جهد التأين لبخار الكحول (بخار مطفئ) هو 11.3 الكترون فولت وهو أقل من جهد التأين لغاز الاركون الذي يملأ العداد مقداره(15.7) الكترون فولت . ولذلك فإن الأيونات المتحركة نحو الكاثود يكون معظمها أيونات الكحول وهذه الأيونات تعادل نفسها بإزاحة أحد الالكترونات من مادة الكاثود ثم تقوم الأيونات بأسر الالكترون الذي يبدد طاقته يتفكك جزئيات الكحول .

عند تحلل الغازات والأبخرة العضوية مثل الكحول الأثيلي بواسطة الالكترونات فإنها لا تعود إلى وضعها الطبيعي . لذلك فإن عداد G. M الذي يستخدم مثل هذا الغاز يكون عمره الزمني محدودا لان الغاز المطفئ يفقد خواصة الاصلية.لذلك تستخدم غازات

وابخرة البروم والكلورو التي تتجدد جزيئاتها بعد فترة قصيرة من تفككها ويكون العمر الزمني لهذة العدادات كبير جداً

لا يكون الإطفاء في العدادات التناسبية مهما لأن عدد الذرات المتهيجة والايونات المتولدة أقل مما في حالة عداد كايكر . لذلك فإن الانهيارات المتولدة سوف تبدأ بالتناقص من دون أن تولد شحنات إضافية .

كفاية(كفاءة) عداد كايكر :

يمتاز عداد كايكر بأن ارتفاع النبضات المتكونة لا يعتمد على مقدار الطاقة المترسبة في العداد . وكذلك فإنها في معظم الحالات لا تعتمد على الفولتيه المسلطة (منطقة الهضبة) مقارنة مع العداد التناسبي الذي يزداد ارتاع النبضة بزيدة الطاقة المترسبة وبزيادة الفولطية المطبقة . وفي حجرة التاين فان ارتفاع النبضة يتناسب مع الطاقة المترسبة ولكنة لايعتمد على الفولطية المسلطة وتعتمد كفاية العداد على الإشعاع الساقط كما في الحالات التالية : -

أ- في حالة الجسيمات المشحونة :

تكوين زوج أيوني واحد في الحجم الحساس للعداد يكون كافيا لتولد الانهيار ثم التفريغ داخل العدد . لذلك فإن كفاية العد للجسيمات المشحونة الواصلة إلى الحجم الحساس للعداد تكون 100٪. يمكن إيجاد كفاية العد للجسيمات المشحونة الواصلة إلى الحجم الحساس للعداد والساقطة على نافذة العداد من غير امتصاص أو استطارة خلفية . ففي حالة جسيمات الفا يكون الامتصاص في نافذة العداد مهما لذلك يجب أن يكون سمك النافذة قليلاً جداً وبحدود 1.5ملغم / سم^2 وفولتيه التشغيل بحدود 1000 فولت .

في حالة الكشف عن جسيمات بيتا في الامكان استخدام نافذة مايلر سمكها أكبر من 4 ملغم / سم^2 . ويطلي المايلر عادة بطبقة رقيقة جداً من الكرافيت لغرض تحويلها إلى موصل كهربائي ومنعها من أن تتحول إلى جامع للشحنات الساكنة .

ب- النيوترونات :

استخدام عدادات كايكر للكشف عن النيوترونات غير شائع وخاصة الحرارية منها . لأن المقطع العرضي لاسر النيوترونات الحرارية في الغازات التقليدية المستخدمة في العداد

يكون قليلاً جداً بحيث أن الكفاية قليلة جداً . وفي حالة استخدام غاز فلوريد الباريوم BF_3 الذي يكون فيه المقطع العرضي للأسر كبيراً فالعداد يعمل في هذه الحالة في منطقة التناسب أكثر من عمله في منطقة كايكر .

أما في حالة النيوترونات السريعة فإنها تولد نويات مرتدة عند تفاعلها مع غاز العداد وخاصة العدادات المملؤة بالهليوم . تولد النويات المرتدة ازواجاً أيونية تكون كافية لحصول التفريغ الغازي في العداد .

لذلك فإن عداد كايكر يستخدم بشكل قليل للكشف عن النيوترونات السريعة ولكن العداد يعمل في منطقة التناسب أثناء الاستخدام .

جـ- أشعة جاما :

يستخدم عداد كايكر بشكل كبير للكشف عن أشعة جاما نتيجة لتفاعلها مع الجدار الداخلي للعداد وتكوين الكترونات ثانوية .

تعتمد كفاية العداد لأشعة جاما على عاملين هما :

1 - احتمالية تفاعل أشعة جاما مع جدار العداد وتوليد الكترونات ثانوية .

2 - وصول هذه الالكترونات إلى غاز العداد قبل نهاية مسارها .

سمك العداد يساوي تقريباً المدى الأعظم للالكترونات الثانوية في مادة الجدار (1- 2 ملم) . أما إذا كان سمك العداد أكبر من ذلك فإن التفاعلات التي تحصل خارج السمك الذي يساوي مدى الالكترونات الثانوية لا يمكنها الوصول إلى الغاز وتأينه . ويزداد احتمال تفاعل أشعة جاما مع جدر العداد (الكاثود) بزيادة العدد الذري لمادة الكاثود . ومع ذلك فإن كفاية العداد لقياس أشعة جاما قليلة ولا تتعدي بضع وحدات مئوية للمعادن الثقيلة .

في حالة الطاقات الواطئة للفوتونات (أشعة جاما الرقيقة والأشعة السينية) يحصل تفاعل مباشر بين الفوتونات والغاز لذلك يمكن زيادة كفاية العداد في هذه الطاقات باستخدام غازات ذات عدد ذري عالٍ وتحت ضغط عالٍ ما أمكن . ومن هذه الغازات الكربتون والزينون .

opelkanal.com

حجرة الشرارة :

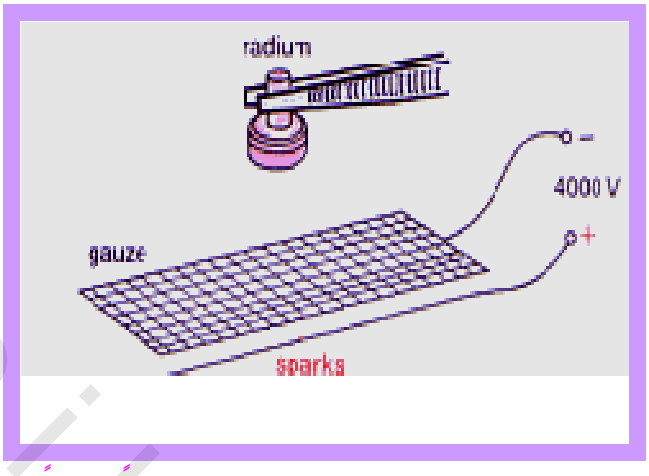
يعتبر عداد حجرة الشرارة امتداد لعداد كايكر، أو عبارة عن عداد يعمل ما بعد منطقة كايكر . يتكون من مجموعة من الاسلاك الدقيقة والتي تكون اقطاب الحجرة تطبق عليها فولطية تصل الى بضع الاف من الفولطات والتي تؤلد مجال كهربائي كبير بين الاقطاب. عند دخول جسيمات الفا اوالفوتونات بين القطبين تتولد ازواج ايونية ذات طاقة عالية تؤدي لتوليد تأين ثانوي فيحصل انهيار في غاز العداد. تتكون الشرارة بين اللوحين ويوضع مع الكاشف لاقط للصوت يولد نبضة صوتية مسموعة عند تكون الشرارة او ان الشرارة تصور بجهاز تصوير . زيادة الفولتية المسلطة على الأقطاب قد لا تكون كافية في معظم الأحيان لحصول عملية التفريغ الكهربائي بين القطبين وتولد شرارة كهربائية . ولكن مرور الإشعاع المؤين خلال غاز العداد يؤدي إلى تأين الغاز وحصول تفريغ وشرارة ويحسب هذا التفريغ أي أنه لا يقيس كمية الطاقة المترسبة .

لهذا العداد القابلية على قياس موقع الحدث شكل (4 – 18) الفولطية العالية المطبقة لها مجال كهربائي (E) وهذا المجال المتغير يولد بالحث مجال كهربائيا يعاكس المجال الاصلي(E^-) في نقاط اخرى فيحصل انهيار كلي لجزيئات الغاز مكون شرارة كهربائية .

أ- الإطفاء بالفوتونات :

يتم الإطفاء باضافة 10٪ من غاز أو بخار عضوي مثل الميثان أو الأيثانول على غاز العداد. إن زيادة كمية من الغاز المطفئ أكثر من 10٪ يؤدى إلى التصاق الالكترونات بها ويتم إبطاء الانهيار . ولكن استخدم فولتية عالية من الغاز المطفئ (أقل من 10٪) فإن التفريغ لا يحصل على في منطقة معينة وبذلك تكون الحجرة غير مستقرة.

(٤- ١٨) حجرة الشرارة رسم ورؤ ية الشرارة المتولدة



يؤدى حصول الشرارة في الغاز إلى انحلال الغاز المطفئ مكوناً جذوراً كربونية تترسب على القطبين . ولهذا السبب فإن مزيج الغاز المستخدم في العداد يجب أن يتغير باستمرار من خلال ربط العداد إلى غاز يجري باستمرار في العداد . وكذلك فإن الحرارة تؤدي إلى حفر الكاثود نتيجة لاصطدام الأيونات الموجبة به وتؤدي بمرور الزمن إلى تخرب الأقطاب وتلوث المزيج الغازي بالأيونات المعدنية .

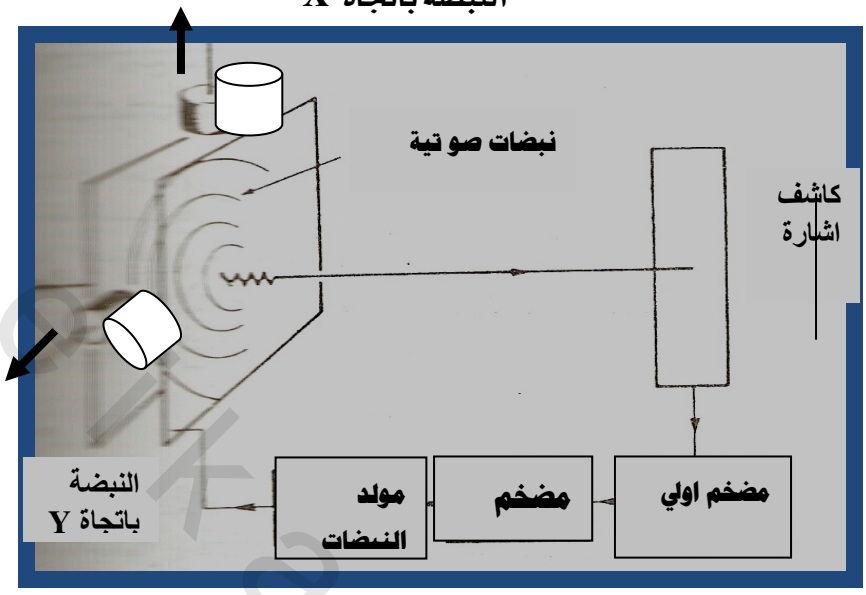
ب- الإطفاء الخارجي :

هذا النوع من الإطفاء الفعال الذي يكون ملائماً لهذه العدادات . وهناك نوعان للإطفاء الخارجي الأول يعمل بالتيار المستمر والآخر بالتيار المتناوب . في النوع الأول يسلط فرق جهد مستمر مقداره عدة كيلو فولتات من خلال مقاومة مولداً هبوطاً في فرق الجهد عبر الحمل وبين طرفي أقطاب حجرة الشرارة إلى الحد الذي لا يحصل فيه تفريغ . إن ثابت الزمن لهذه الدائرة كبير جداً لذلك فإن الخمود كبير جداً وأن معدل العدد قليل كذلك .

وفي النوع الثاني من الإطفاء الخارجي تستخدم فولتية لتيار متناوب وبشكل نبضات تصل إلى بضع كيلو فولت خلال ١٠ مايكروثانية . ويجب أن تسلط هذه الفولتية في نفس الزمن الذي تتكون فيه الأزواج الأيونية نتيجة لمرور الإشعاع .

إن الحصول على هذا التزامن يتم باستخدام منظومة الكترونية تسمى بمنظومة الإثارة كما في الشكل(4 – 19).

الشكل(4 – 19) الشرارة تعمل بالاثارة بالتيار المتناوب تولد نبضات صوتية



منظومة الإثارة تتكون فيها إشارة تمر عبر مضخم حيث تستخدم بعد ذلك لإثارة نبضات الفولتية العالية عبر حجرة الشرارة وإيقاف الشرارة الكهربائية المتكونة . وتحصل هذه العملية خلال المايكروثانية من حصول عملية التأين .

استخدام العداد التناسبي في التصوير :

يمكن استخدام العداد التناسبي متعدد الأسلاك وحجرة الشرارة في فيزياء الطاقات العالية أو فيزياء الأشعة الكونية كمنظومات لتتبع المسار . والغرض من هذه المنظومات لمعرفة خواص الجسيمات التي تتولد نتيجة للتفاعل النووي والذي يحصل داخل العداد (عندما يكون الهدف جزءاً من العداد) أو خارج العداد . تحدد خواص الجسيمات المعلومات عن مسار الجسيمات مثل المدى ، كثافة الأيونات ، كثافة خواص ألفا ، أو الاستطارة المتكررة . وللحصول على هذه العوامل يجب قياس المسار بالإحداثيات الثلاثة وتحليل هذا المسار . تستخدم عدادات التصوير الغازية لتصوير البوزترونات والتصوير بالأشعة السينية وأشعة جاما . ولكن مثل هذه العدادات تمتاز بأن تفريقها ضعيف جداً ولا يمكنها أن تقارن بعدادات تصوير الأشعة السينية بالأفلام .

4- 8 الكواشف الوميضية: (Scintillation Detectors)

العدادات المملؤة بالغاز مناسبة لأغراض كثيرة للكشف عن الإشعاعات المؤينة ولكن توجد بعض المساؤي في استخدام هذه العدادات هي :

أ- الكثافة الواطئة للوسط الغازي تجعل احتمال التفاعل بين الإشعاع وجزئيات الغاز قليلاً وخصوصاً للفوتونات أو الجسيمات ذات الطاقة العالية جداً .

ب- للحصول على حساسية جيدة لقياس الإشعاع باستخدام العدادات الغازية يجب أن يكون حجم العداد كبيراً وأن الغاز المستخدم تحت ضغط عال.

ت - ان حركة الأيونات المتكونة في الغاز تكون بطيئة لذلك فإن زمن الاستجابة بطئ جداً (بحدود 10 ثانية في معظم الأحيان) وينتج عن ذلك أن زمن الخمود كبيراً وهو الذي يحدد من معدل الكشف عن الإشعاعات المؤينة .

وللتغلب على هذه الصعوبات تستخدم المواد ذات الكثافة العالية للكشف عن الإشعاعات المؤينة والتي تتولد فيها الإشارة نتيجة تفاعل الإشعاعات المؤينة مع المادة الكثيفة بسرعة كبيرة. سمك المادة المستخدمة تكون قليلة مقارنة بسمك الغاز لأن جهد الإيقاف للمواد الكثيفة هو كبير جداً ويكون المدى فيها قصيراً .أحد هذه المواد الكثيفة هو المواد الوميضية (Scintillator) التي يعتمد أساس عملها على تكوين ذرات متهيجة .

كواشف الإشعاع الوميضية من أول الكواشف التي استخدمت للكشف عن الإشعاعات المؤينة فقد لاحظ رونتجن عند اكتشاف الأشعة السينيةِ في 1895 بطريق الصدفة انبعاث وميض عند سقوط الالكترونات المعجلة داخل أنابيب مفرغة على بلورات سيانيد البوتاسيوم، واختفاء الوميض عند فصل الأنابيب عن المصدر الكهربائي. وكذلك لاحظ رذرفورد ومساعدية سنة 1930 تألق شاشة مكونة من كبريتات الخارصين Zns عند قصفها بجسيمات الفا . ثم رصد الومضات الحاصلة في الحاجز بواسطة مايكروسكوب بسيط ومن هذه الومضات يمكن الحصول بشكل تقريبي على النشاط الإشعاعي للجسيمات .

أبسط طرق الكشف عن أشعة جاما هي الكواشف الوميضية وتمتاز هذه الكواشف بكفاءتها العالية نسبة للكواشف الغازية وبصغر حجمها لكثافتها العالية نسبة للعدادات الغازية، حيث تستجيب المواد الوميضية للإشعاع المؤين الساقط عليها عبر

تفاعلها مع الإشعاع ويتحول جزء صغير من الطاقة الحركية للإشعاع إلى طاقة ضوئية ويتبدد الجزء المتبقي من طاقة الإشعاع على شكل اهتزازات للبلورة أو في صورة حرارة . وتعتمد الاستجابة الوميضية لمادة البلورة على نوع الإشعاع الساقط ونوع المادة الوميضية ذاتها وارتفاع النبضة الذي يتناسب مع الطاقة. يعتمد أساس عملها على تأين أو تهيج ذرات بعض المواد عند سقوط الإشعاعات المؤينة كالجسيمات المشحونة (ألفا) و (بيتا) وإشعاعات جاما ثم عودتها إلى حالة الاستقرار وتبعث الطاقة الفائضة بشكل ومضات ضوئية. تعرف مثل هذه المواد بالمواد الوميضيه وللكشف عن الإشعاعات المؤنية باستخدام المواد الوميضية يتم اختيار المواد الوميضية التي تتميز بمايلي:

1 - تبعث وميضها خلال زمن قصير جدا لا يتجاوز (مايكروثانية واحدة).

2 – يتم امتصاص طاقة الشعاع الساقط كليا داخل المادة الوميضية حسب الظاهرة الكهروضوئية وتحول الطاقة الممتصة إلى فوتونات ضوئية.

3- تنتقل الفوتونات الضوئية إلي الكاثود الضوئي لأنبوبة المضخم الضوئي وتمتص طاقتها وتنبعث إلكترونات ضوئية منه.

4 – تتضاعف عدد الإلكترونات عند سقوطها على داينودات المضخم الضوئي.

5 - تتكون شحنة كهربية مناسبة على الانود والتي يتم عدها.

تمتاز الكواشف الوميضية بكفاءتها العالية للكشف عن اشعة جاما نسبة للكواشف الغازية. تستجيب المواد الوميضية للإشعاع المؤين الساقط عليها عبر تفاعلها مع الجسيمات المشحونة الناتجة ويتحول جزء صغير من الطاقة الحركية للجسيمات المشحونة إلى طاقة ضوئية ويتبدد الجزء المتبقى من طاقة الجسيمات على شكل حرارة او اهتزاز للشبكة البللورية للمادة. وتعتمد الاستجابة الوميضية لمادة البلورة على نوع الجسيم الساقط ونوع المادة الوميضية ذاتها وتكون الاستجابة جيدة إذا كانت العلاقة خطية بين حجم النبضة ومستوى الإشعاع الناتج . وتعتبر المواد الوميضية غير العضوية أفضل من حيث الاستجابة الخطية وهى الأكثر ملاءمة للكشف عن اشعة جاما خصوصاً بلورة يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم ، ويرجع ذلك إلى كبر كثافتها وكبر عددها الذرى مما يزيد كفاءة الكشف والتي تعتمد هذه الكفاءة على طاقة فوتون جاما الساقط وكذلك على أبعاد البلورة الوميضية لأن الجسيمات أو الفوتونات

الساقطة تتفاعل مع المادة الوميضية مكونة عدداً من الالكترونات ذات الطاقة المتهيجة وعند عودتها إلى حالة الاستقرار تبعث فوتونات ضوئية بشكل ومضات في المنطقة فوق البنفسجية أو في منطقة الضوء المرئي . ومن هذا يظهر بأن جميع المواد التي لها القابلية على توليد هذه الظاهرة يمكن استخدامها للكشف عن الإشعاعات المؤينة . ولكن عملياً يجب أن تتوافر بعض الشروط في المادة الوميضية لكي تستخدم للكشف عن الاشعاعات المؤينة ، ومن هذه الشروط .

أ- عملية تكوين الومضات يجب أن تحصل حال تفاعل الإشعاع مع المادة الوميضية وأن لا يكون ذلك مقروناً بإثارة المادة بطريقة أخرى لكي ينبعث الضوء .

ب- عملية رجوع الإلكترونات إلى حالتها المستقرة يجب أن يكون مصحوباً بانبعاث الضوء وليس بتحويل الطاقة الفائضة إلى حرارة ويجب أن تكون المادة الوميضية شفافة للضوء المنبعث منها لكي ينتشر الضوء خلف المادة الوميضية

مكونات الكاشف الوميضي :

المادة الوميضية

تكون المادة الوميضية الحجم الحساس للعداد . وعند سقوط جسيم أو فوتون على الحجم الحساس وتفاعله مع المادة تتولد ومضة ضعيفة جداً تحتوي بشكل عام على أقل من 100 فوتون. ولكي يمكن التحسس بهذه الكمية الضعيفة للضوء يجب تحويلها إلى نبضات كهربائية وتضخيمها بواسطة المضخم الضوئي . جميع المنظومة يجب وضعها داخل وعاء محكم غير منفذ للضوء الخارجي . وأي ثقب مهما يكن صغيراً في هذا الدعاء فإنه يسمح للضوء بالنفوذ مكوناً نبضة كهربائية في المضخم . ولكي نتأكد من عدم دخول الضوء إلى الداخل يسلط فرق جهد على الأنبوب وبزيادة الجهد تدريجياً نلاحظ تأثير الضوء الخارجي إن وجد .

تتناسب شدة الومضة الناتجة وسعتها طردياً مع الطاقة المترسبة في المادة الوميضية لذلك فإن العداد الوميضي يستخدم لقياس طيف الطاقة . لا يعتمد تحليل الطاقة على الطاقة المصروفة لتوليد الزوج الأيوني فقط وإنما على ما يحصل للنبضة في كل مرحلة من أجل العداد . حيث أن الإشارة الابتدائية تمر عبر عدة مراحل وتؤدي كل

مرحلة إلى تقليل كمية التحليل . وأول هذه المراحل هو تحويل الطاقة المترسبة في المادة الوميضية إلى ضوء ثم تحويل الضوء في المضخم إلى إشارة كهربائية .

والمواد الوميضية تكون على أنواع مختلفة مثل البلورات العضوية ، غير العضوية كذلك المواد الوميضية السائلة والبلاستيكية والغازية .

هذا وتقسم المواد الوميضية المستخدمة في عدادات الكشف عن الاشعاعات المؤينة إلى قسمين رئيسين هما المواد الوميضية غير العضوية والمواد الوميضية العضوية

1- المواد الوميضية غير العضوية :

تكون المواد الوميضية غير العضوية صلبة ، سائلة ، أو غازية وأكثر المواد الوميضية غير العضوية استعمالاً هي البلورات . لهذه البلورات عدد ذري كبير وكثافة عالية وكمية الضوء النافذ منها نتيجة لتفاعلها مع الإشعاع كبير ، لذلك فمثل هذه البلورات تستخدم بشكل كفوء للشكف عن أشعة جاما . وتكون النسبة بين الاشارة المتولدة الى الضوضاء نسبة كبيرة فتكون قوة التحليل عالية . هناك نوعان من البلورات غير العضوية .

(أ) البلورات النقية Intrinsic crystals

أول البلورات الوميضية النقية استخداماً للكشف عن بعض الإشعاعات المؤينة هي كبريتات الخارصين Zns التي تبعث ضوءاً في المنطقة الزرقاء – الخضراء عند تفاعل الإشعاعات المؤينة مع البلورات لا يمكن أن تصنع بحجم كبير وأنها غير شفافة تماماً للضوء المنبعث منها . ولكنها يمكن أن تكون مفيدة للكشف عن الجسيمات الثقيلة ذات المدى القصير مثل البروتونات وجسيمات الفا. ولكن لا يمكن استخدامها للكشف عن أشعة جاما لسمكها الصغير . لذلك اتجهت الأنظار إلى استخدام بلورات قواعد الهليدات مثل CsI , KI , NaI . لأن مثل هذه البلورات تصنع بحجم كبير .

رسم مستويات الطاقة :

لتوضيح مستويات الطاقة للمواد توجد طريقتان لرسم مستويات الطاقة .

ترسم مقدار الطاقة بشكل خطوط أفقية على محور عمودي يمثل مقياس الطاقة وتمثل الخطوط الأفقية مقدار الطاقة الحركية والكامنة . أما الطريقة الأخرى لرسم مستويات الطاقة فهى رسم الطاقة الكامنة بشكل خطوط مستقيمة كدالة للمسافة

القطرية للجسيمات عن مركز المنظومة . إن شكل منحنى دالة الجهد v(R) يعتمد على حجم المنظومة المرتبطة وطبيعة قوى التجاذب بين الجسيمات ولكن بشكل عام تكون قيمة الجهد سالبة . لذلك فإن هذه الدالة تسمى بالجهد المنخفض (Potential) . الجسيمات في هذه المنظومة لها طاقة كامنة سالبة لأنه يجب تجهيزها بالطاقة لكي تتحرك من المنظومة بطاقة حركية وكامنة مقدارها صفر . إن أخفض حالة للطاقة يكون فيه ارتباط الجسيمات قليلاً . ولكي تتحرر الجسيمات من المنظومة يجب تزويد كل جسيم بطاقة مساوية لطاقة الربط. ترى ما هو الأساس النظري لانبعاث الضوء من البلورات النقية غير العضوية .

تتكون البلورات النقية من مجموعة من المستويات أو الحزم bands وهى حزام التكافؤ Valance band الذي يكون مملوءا بالالكترونات الحرة ، حزام التوصيل Conduction band الذي يكون فارغاً من الالكترونات الحرة في الحالة الاعتيادية ويفصل بين الحزامين السابقين حزام المنع Forbidden band وهي المنطقة التي لا يمكن أن تحتوي على الكترونات حرة .

سقوط الإشعاع على البلورة يؤدي إلى تأين أو تهيج الكترونات نطاق التكافؤ . ويعمل التأين على تحرير الالكترونات من أواصرها الأيونية ويرفعها إلى نطاق التوصيل مخلفاً محلها فجوات موجبة في حزام التكافؤ تتحرك بشكل حر في داخل البلورة .

أما التهيج فيولد زوجا من الالكترون – فجوة تسمي بنواتج التهيج التي يكون ارتباطها ببعضها ارتباطاً ضعيفاً . ويكون مستوى الطاقة لزوج الالكترون – فجوة في أسفل حزام التوصيل تماماً . عند رسم كل من حزام التكافؤ والتوصيل بشكل منحني للطاقة الكامنة كدالة للمسافة القطرية R والتي تمثل بعد الالكترونات عن الذرة الأم ، فإن كلا من حزام التكافؤ والتوصيل يكونان جهداً منخفضاً له موقع تكون فيه الطاقة أقل ما يمكن . أي أن قوة الارتباط بالنواة تكون أكبر ما يكن ولأن الالكترونات في حزام التكافؤ تكون مرتبطة بقوة للنواة فإن النقطة المنخفضة للطاقة تكون قريبة من النواة .

في حالة التأين ترتفع الالكترونات بشكل رأسي من أخفض موقع للجهد في حزام التكافؤ وعلى نفس الخط الشاقولي إلى حزام التوصيل . ونتيجة لذلك فأن الإلكترون الناتج

عن التأين يحتوي على طاقة فائضة في حزام التوصيل . بعدها ينتقل الإلكترون المتهيج من حزام التوصيل إلى حزام التكافؤ متحداً مع أحد .

تتكون البلورات النقية من مجموعة من المستويات أو الحزم bands وهى حزام التكافؤ valance band الذي يكون مملوءا بالالكترونات الحرة ، حزام التوصيل conduction band الذي يكون فارغاً من الالكترونات الحرة في الحالة الاعتيادية ويفصل بين الحزامين السابقين حزام المنع forbidden band وهي المنطقة التي لا يمكن أن تحتوي على الكترونات حرة .

سقوط الإشعاع على البلورة يؤدي إلى تأين أو تهيج الكترونات نطاق التكافؤ ويعمل التأين على تحرير الالكترونات من أواصرها الأيونية ويرفعها إلى نطاق التوصيل مخلفاً محلها فجوات موجبة في حزام التكافؤ .

الالكترونات الحرة في حزام التوصيل والفجوات في حزام التكافؤ تتحرك بشكل حر في داخل البلورة .

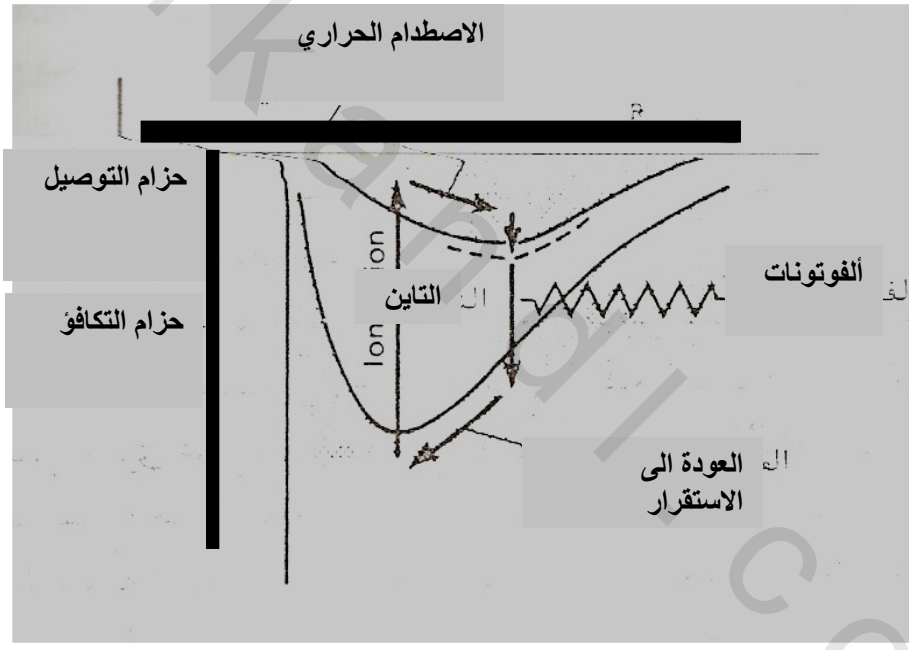
أما التهيج فيولد زوجاً من الالكترون – فجوة تسمي بنواتج التهيج (exciton) التي يكون ارتباطها ببعضها ارتباطاً ضعيفاً . ويكون مستوى الطاقة لزوج الالكترون – فجوة في أسفل حزام التوصيل تماماً . وعند رسم كل من حزام التكافؤ والتوصيل بشكل منحنى للطاقة الكامنة كدالة للمسافة القطرية R والتي تمثل بعد الالكترونات عن الذرة الأم ، فإن كلا من حزام التكافؤ والتوصيل يكونان جهداً منخفضاً له موقع تكون فيه الطاقة أقل ما يمكن أي قوة الارتباط بالنواة تكون أكبر ما يمكن ولأن الالكترونات في حزام التكافؤ تكون مرتبطة بقوة للنواة فإن النقطة المنخفضة للطاقة تكون قريبة من النواة . في الشكل(4 – 20).

في حالة التأين ترتفع الالكترونات بشكل رأسي من أخفض موقع للجهد في حزام التكافؤ وعلى نفس الخط الشاقولي إلى حزام التوصيل . ونتيجة لذلك فإن الالكترون الناتج عن التأين يحتوي على طاقة فائضة في حزام التوصيل . وهذه الالكترونات تفقد طاقتها الفائضة بشكل حرارة نتيجة للتصادم (على فرض أن درجة حرارة البلورة واطئة جداً) وتتحرك نتيجة لذلك نحو الأسفل حتى تصل إلى حزام التكافؤ متحداً مع أحد الفجوات في الحزام الأخير ليتحول إلى ذرة متعادلة وباعثاً الطاقة الفائضة بشكل

فوتونات ضوئية . تحتوي الالكترونات عند انتقالها إلى حزام التكافؤ على طاقة فائضة تجعل الإلكترون يتذبذب وتسمي حالة الالكترونات المتذبذبة بالفونون (phonon) ويفقد طاقة التذبذب بشكل حرارة فيصل إلى أخفض نقطة في منحنى حزام التكافؤ . ولأن أواطئ النقاط في منحنى الجهد لكل من حزام التكافؤ وحزام التوصيل لا يقعان على خط مستقيم شاقولي واحد فإن طاقة الاتحاد تكون أقل من طاقة التأين.

لذلك فإن طيف الانبعاث يختلف عن طيف الامتصاص . وتكون البلورة شفافة للضوء الوميضي المتكون فيها .

الشكل(4 – 20) انبعاث الومضات من البلورات النقية غير العضوية



أما الالكترونات المتهيجة فتنتقل من مستوى التهيج إلى مستوى الفونون باعثة فرق الطاقة بشكل فوتونات ضوئية .

الشرط الأساسي للحصول على الومضات بشكل كفوء هو أن الالكترونات الحاصلة نتيجة للتأين في حزام التوصيل تكون لها القابلية على فقد قسم من طاقتها بشكل حرارة تصل إلى أخفض نقطة في منحنى حزام التوصيل . وهذه تحصل عندما تكون

البلورة تحت درجات منخفضة من الحرارة (77 درجة مطلقة) أي أن البلورة تبرد باستخدام النيتروجين السائل.

وعندما تعمل البلورة في درجة حرارة الغرفة فإنها تعود من حزام التوصيل على حزام التكافؤ على نفس الخط الشاقولي أثناء عملية التأين . فيكون طيف الامتصاص مشابه تقريباً لطيف الانبعاث وتكون الومضات الحاصلة في هذه الحالة ضعيفة لان البلورة غير شفافة لها. بعض المشاكل التي تحصل في هذا النوع من البلورات هو كبر عرض حزام المنع الذي يتراوح بين 5- 10 الكترون فولت . لذلك فإن انتقال الالكترونات المتهيجة إلى الوضع المستقر يكون قليلاً ، ولكن طاقة الاشعاع الناتجة من انتقال العدد القليل للالكترونات يكون كبيرا ويكون الضوء في منطقة الأشعة البنفسجية والتى تحتاج إلى أجهزة خاصة للتحسس بها . وأهم مزايا بلورات CsI NaI النقية سرعة حصول الومضات لذلك فإن زمن انحلال النبضة يكون قصيراً جداً ويمكن استخدام هذه البلورات في حالة قياس معدل العد العالي .

أما مساوئ هذه البلورات فهي مشاكل تبريدها وتوليدها لضوء الأشعة البنفسجية الذي حدد من استعمالها .

ب- البلورات غير النقية Extrinsic crystals :

لزيادة كمية الضوء المنبعث من البلورات النقية تضاف عليه بعض السوائل تسمي بالمنشطات (activators) فيضاف الثاليوم (TI) والاريديوم (Eu) إلى البلورات النقية لقواعد الهاليدات أو تضاف الفضة إلى كبريتات الخارصين . إن عملية تكوين الومضات تكون مشابهة لما يحصل في حالة البلورات النقية . بحيث تتولد الالكترونات الحرة والفجوات نتيجة للتأين ويتكون زوج الالكترون – فجوة نتيجة للتهيج والتي أثناء عودتها إلى الحالة المستقرة تبعث بفوتونات الأشعة فوق البنفسجية . ووجود الشوائب المنشطة يؤدي إلى تكوين مستوى جديد للحالة المتهيجة والحالة المستقرة في داخل حزام المنع . فيقع مستوى الحالة المستقرة للمادة المنشطة في نهاية النصف الأسفل من حزام المنع ومستوى الحالة المتهيجة الأول للمادة المنشطة في نهاية النصف العلوى من حزام المنع . إن كلا من مستوى التهيج ومستوى الحالة المستقرة للمادة المنشطة يكون خالياً من الالكترونات أو الأيونات الموجبة في الحالة الاعتيادية . ولكن عند مرور الإشعاع تؤسر

الالكترونات في مستوى الاستقرار للمادة المنشطة من قبل إحدى فجوات حزام التكافؤ للبلورة تاركة المادة المنشطة كأيونات موجبة . تعود الالكترونات الحرة في حزام التوصيل أو في المستوى المتهيج إلى المستوى المتهج للمنشط ، ومن هذا المستوى تعود الالكترونات إلى مستوى الحالة المستقرة للمنشط باعثة فرق الطاقة بشكل فوتونات . ولأن عرض المستويات التي ولدها المنشط أقل من عرض حزام المنع فإن البلورة تكون شفافة للضوء المنبعث منها نتيجة لانتقال الالكترونات من مستوى الحالة المتهيجة للمنشط المستقرة له . وهذه الفوتونات تكون بشكل ضوء مرئي . يتضح من ذلك فائدة الشوائب المنشطة هي :

أولاً : أن مراكز المنشط تأسر الالكترونات الحرة في حزام التوصيل التي تحتوي على طاقة فائضة بشكل حرارة والتي تبرد نتيجة لعملية الأسر لذلك فإن البلورات غير النقية لا تحتاج أن تعمل في درجات حرارة واطئة كما في حالة البلورات النقية ثانياً : إن وجود الشوائب المنشطة يؤدي إلى إزاحة الطول الموجي للفوتونات من الأشعة فوق البنفسجية إلى الطول الموجي للأشعة الضوئية المرئية . .

بعض البلورات الوميضية تضاف عليها أنواع أخرى من الشوائب التي تكون مستويات للطاقة في أسفل حزام التوصيل . والتي تؤدي إلى أسر الالكترونات من حزام التوصيل وتأخير انبعاث النبضات الوميضية . هذه المستويات الجديدة تسمى بمراكز القنص والتي تزيد من شدة النبضات الوميضية .

تستخدم بلورات ايوديد الصوديوم المنشطة بالثاليوم NaI (T1) للكشف وقياس أشعة جاما . أما بلورات Cs1(T1) فتستخدم للكشف وقياس الأشعة السينية . وبلورات (Ag) Zns تستخدم للكشف وقياس الجسيمات الثقيلة . وبالرغم من الاستعمال الواسع لهذه البلورات في العدادت الوميضية فان لها بعض المساوئ وهي:

البلورات ماصة للرطوبة فهي تتلف عند التعرض للرطوبة لذلك تحتفظ بشكل دائمي في وعاء محكم الغلق . وأسفل هذه البلورات توجد نافذة من الزجاج لكي تنقل الومضات إلى المضخم الضوئي . أكثر البلورات امتصاصاً للرطوبة هي بلورة Na1 (T1) والتي تكون طبقة رقيقة من اليود على البلورة . وبلورة Cs1 (T1) يكون امتصاصها للرطوبة قليلاً . أما بلورات T1 (T1) فهي غير ماصة للرطوبة

إن وجود المادة المنشطة يؤدي إلى تأخير انبعاث الضوء فيكون زمن الانحلال ضعف زمن انبعاث الضوء في البلورات النقية .

تستخدم بلورة Na1 (T1) بشكل كفء للكشف وقياس طاقة أشعة جاما وتكون هذه البلورات بشكل أسطوانة محفوظة داخل غلاف معدني أو تكون البلورة محفورة من الوسط (well crystal) لغرض استخدامها لقياس النشاط الإشعاعي أو طاقة أشعة جاما لنموذج اسطوانة صغيرة أو قناني في داخلها العينات المراد قياس نشاطها الإشعاعي ويكون الوضع الهندسي في هذه الحالة قريباً من 4π .

مادة الثاليوم مادة سامة جداً لذلك فإنه عند تنظيف أو صقل البلورة فلا يجب مسكها باليد مطلقاً.

عند سقوط الإشعاعات المؤنية كالجسيمات المشحونة (ألفا) و (بيتا) وإشعاعات جاما على بعض المواد التى تتهيج ذراتها ثم تعود الذرات المتهيجة إلى حالتها المستقرة وتعرف مثل هذه المواد بالمواد الوميضيه Sintillators ، وللكشف عن الإشعاعات المؤينة باستخدام المواد الوميضية يتم اختيار المواد الوميضية السريعة الذي ينبعث وميضها خلال زمن لا يتجاوز ميكروثانية واحدة من لحظة التهيج. تعتبر المواد الوميضية غير العضوية الصلبة أفضل المواد من حيث الاستجابة الخطية وهى الأكثر ملائمة للكشف عن الإشعاع المؤين. يمكن الكشف عن أشعة جاما باستخدام بلورة أيوديد الصوديوم والتي تطعم بكمية قليلة (1 – 2 ٪) من الثاليوم (Nal (Tl هذه المادة هي الأكثر شيوعا في الكشف عن اشعة جاما ولكنها قابلة للتميع لذلك فإنها تغلف بالألمونيوم لمنع تسرب الرطوبة للبلورة . وتزود البلورة بسطح عاكس لمنع الضوء من التسرب وتحسين خواص التجميع وزيادة كفاءة الكاشف. تعتبر المواد الوميضية غير العضوية أكثر ملاءمة لهذا الغرض وعلي الأخص بلورة يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم ويرجع ذلك إلى كبر كثافتها وكبر عددها الذرى مما يزيد من كفاءتها. وتعتمد كفاءة الكاشف علي طاقة الإشعاع الساقط كما تعتمد علي حجم وأبعاد بلورة الكاشف . وتمتاز هذه البلورات بإمكانية تصنيعها بأحجام أسطوانية كبيرة تصل إلي قطر 35 × 35 سنتمتر دون ان تتأثر شفافيتها.

عند سقوط فوتونات أشعة جاما على البلورة يتحرر عدد من الإلكترونات وهذه الإلكترونات سريعة وتحدث تأين لمادة الكاشف ولكي تعود الى حالتها المستقرة تبعث ومضات فوتونات تتناسب مع كمية وطاقة فوتونات جاما الساقطة عليها .أما بالنسبة لجسيمات ألفا فتستخدم طبقة رقيقة من بلورة كبريتيد الخارصين المشوب بالفضة (Zn S (Ag تعتبر أقدم المواد الوامضة والتي استخدمها رزرفورد في تجاربه وتفوق في كفاءتها مادة يوديد الصوديوم إلا أنها تتوفر فقط علي هيئة مسحوق ولذلك يقتصر استخدامها علي هيئة شرائح رقيقة تصلح للكشف عن جسيمات ألفا. ويوضع العداد في حجرة مفرغة من الهواء .

كذلك تستخدم بلورة الأنثراسين $C_{14}H_{10}$ و الاستلبين $C_{14}H_{12}$ في أغراض الكشف عن جسيمات بيتا والنيوترونات السريعة وتقف هشاشة هذه المواد مانعا لتصنيع أحجام كبيرة منها. وتتميز مادة الاستلبين باعتماد زمن الاضمحلال علي نوع الشعاع الساقط ولذلك يمكن الفصل بين كل من جسيمات ألفا والنيوترونات وأشعة جاما .

تتميز بلورة ايوديد السيزيوم المشوب بالثاليوم (CsI (Tl بأنها أقل قابلية للتميع وأكثر مقاومة للاهتزازات من بلورة يوديد الصوديوم (أقل هشاشة) إلا أنها أقل شفافية منها ولذلك يفضل استخدام هذه البلورات للكشف عن الجسيمات المشحونة ذات الطاقة الواطئة .

يمكن استخدام العدادات الوميضية للكشف عن جميع أنواع الإشعاعات المؤينة وتحديد شدتها وطاقاتها ويعتمد شكل النبضة الضوئية علي نوع الجسيم المولد لها. فمثلا تؤثر النيوترونات علي المادة الوميضية من خلال البروتونات المرتدة بينما تؤثر أشعة جاما من خلال الإلكترونات، وعلي ذلك يكون شكل النبضة الضوئية الناتجة عن كل منهما مختلفا لذلك يمكن التمييز بين النيوترونات وأشعة جاما باستخدام دوائر إلكترونية خاصة للفصل بين النبضات ذات الأشكال المختلفة.

للكشف عن النيترونات تستخدم بلورة وميضية تحتوى على خليط من كبريتيد الخارصين والبارافين الذي يحتوي على نسبة عالية من الهيدروجين التي تهدا النيوترونات السريعة نتيجة اصطدام النيترون بالهيدروجين ينطلق البروتون الذى يتم تسجيله فى الكاشف. أما بالنسبة للنيوترونات الحرارية فتستخدم مادة الليثيوم التي

تحتوي على نسبة كبيرة من النظير Li^6 أو البورون الذي تحتوي على نسبة كبيرة من النظير B^{10}. عند تفاعل النيوترونات الحرارية مع هذه المواد فإنها تنتج جسيمات ألفا عالية الطاقة، ونظرا لكبر المقطع العرضي لهذه التفاعلات فتكون كفاءة الكاشف كبيرة. وتستخدم لهذا الغرض بلورة من يوديد الليثيوم المنشطة بالثاليوم أو بلورة مكونة من خليط من مركبات الليثيوم أو البورون مع كبرتيد الزنك المنشط بالفضة . اما الاشعة السينية فيتم الكشف عنها باستخدام بلورات السيزيوم المنشط بالصوديوم CsI (Na)

الغازات غير العضوية الوميضية:

أهم الغازات الوميضية غير العضوية هو النيتروجين والغازات النبيلة . تحصل عملية تكوين الومضات نتيجة للتهيج المباشر للذرات وعودتها إلى الحالة المستقرة . كذلك فإن الضوء المنبعث منها يشابه الطيف الممتص فتكون كفاية الوميض قليلة . ويسبب تراكيب المدارات المغلقة لهذه الغازات فتكون الومضات الناتجة بشكل أشعة فوق البنفسجية . لذلك فإن نافذة المضخم الضوئي والمزدوج الضوئي ووعاء الغاز يجب أن تكون جميعاً شفافة للأشعة فوق البنفسجية .

ولكن يمكن إزاحة الأشعة فوق البنفسجية نحو الطيف المرئي للاشعة الضوئية وذلك باضافة شوائبتقوم بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية ثم إعادة بعثها بشكل ضوء مرئي . إن هذه المواد تكون على شكل صلب يتم تبخيرها على السطح الداخلي للوعاء الحاوي على الغاز . وهي نفس الشوائب التي تضاف إلى السوائل الوميضية والتي سوف تشرح في الفقرات القادمة . المساوئ الأخرى لهذه الغازات إن جهد الايقاف لها قليل لذلك لا يمكن أن تستخدم للكشف عن أشعة جاما . ولكن يمكن التغلب على هذه الظاهرة بتحول هذه الغازات إلى الحالة السائلة . غير أن غلاء عملية تحويل هذه الغازات يجعلها لا تستعمل بشكل شائع في صنع العدادات .

ولكن توجد طريقة أخرى لاستخدام هذه الغازات للكشف عن الإشعاعات المؤينة وذلك بملئ العدادات التناسلية بمثل هذه الغازات فتحصل على عداد مهجن يسمي بالعداد الوميضي التناسبي .

العدادات الوميضية العضوية:

المواد الوميضية العضوية Organic scintillators :

حجم البلورات غير العضوية يكون صغيراً وغالى الثمن والتعامل مع هذه البلورات يتطلب الحذر لسهولة تشققها نتيجة الهزات الحرارية والميكانيكية . لذلك وفي التطبيقات التي تحتاج إلى حجم كبير من المادة الوميضية فإن استخدام المواد العضوية يفي بالغرض .

تكون المواد العضوية على ثلاثة أنواع : بلورية ، سائلة ، وبلاستيكية . إن العدد الذرى (Z) وكثافة المواد العضوية الوميضية يكون أقل منه للمواد غير العضوية لذلك فإنها غير كفوءة للاستعمال في عدادات أشعة جاما . ولكنها شائعة الاستعمال في التطبيقات الأخرى كشيوع استعمال Na1 (T1) لقياس أشعة جاما وذلك لوجود مزايا مهمة لهذه المواد وهي : السوائل العضوية رخيصة الثمن ويمكن أن تتحد مع مواد مختلفة بضمنها المصادر المشعة H^{3} و C^{14} . أما المواد البلاستيكية الوميضية فيمكن إضافتها لبعض المواد مثل البورون والليثيوم لغرض استخدامها للكشف وقياس النيوترونات . ويمكن تصنيع هذه المواد بحجوم وأشكال مختلفة . وأخيراً فإن الضوء المنبعث من هذه المواد يكون سريعاً جداً وفي زمن أقل من ٢٠ نانو ثانية وخاصة للسوائل والبلاستك .

البلورات العضوية :

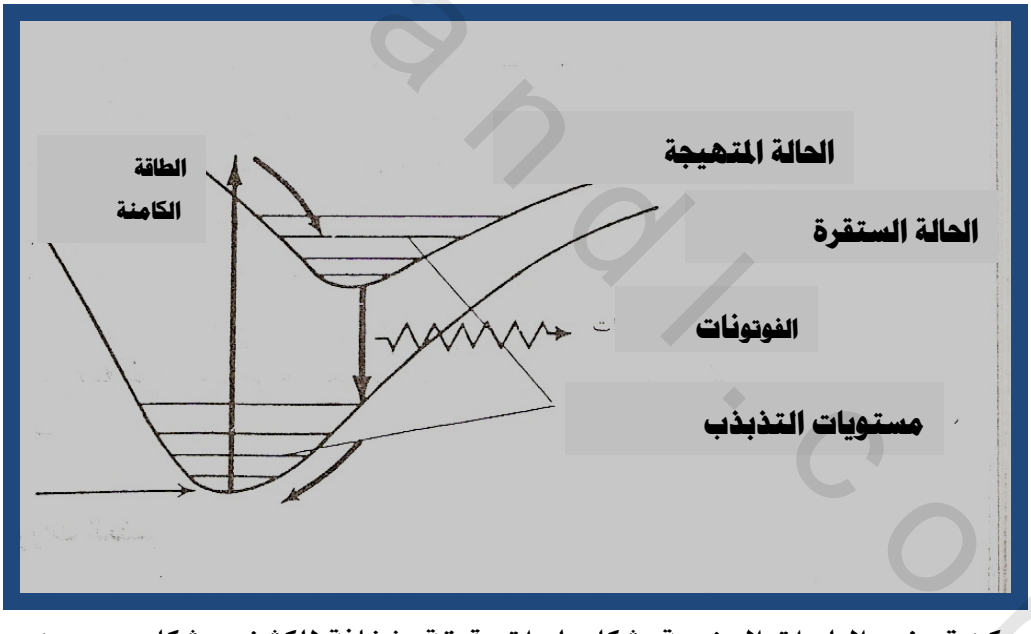
أهم البلورات العضوية هي الهايدروكربونات الأروماتيكية التي لها التركيب الحلقي . وأهم هذه البلورات هو الانثراسين $C_{14}H_{10}$ والترانس ستلبين $C_{14}H_{12}$ والنفتالين . إن كمية الضوء المنبعث من هذه البلورات نتيجة لتفاعل الاشعاع معها يساوي نصف الضوء المنبعث من بلورات Na1 (T1) تقريباً ويكون ضوءاً مرئياً . تنتج العملية الوميضية عن تهيج الالكترونات وعودتها إلى حالة الاستقرار مباشرة حيث أن الإشعاع المؤين الساقط يؤدي إلى إثارة الالكترونات من الحالة المستقرة إلى الحالة المتهيجة يكون اوطئ موضع للطاقة في الحالة المستقرة على بعد قطري (R) اصغر مما عليه في الحالة المتهيجة. شكل (4 – 21).

لذلك فإن الالكترون المتهيج يحتوي على طاقة فائضة تؤدي إلى تذبذب الالكترون الذي يفقد طاقته بشكل حرارة ويتحرك نحو الأسفل وعلى مسافة قطرية أبعد حتى يصل إلى

اوطئ نقطة في منحنى الطاقة للحالة المتهيجة . وفي هذه الحالة فإن الالكترون المتهيج لكي يعود إلى حالة الاستقرار يفقد الطاقة على مرحلتين الأولى ينقل الالكترون على نفس الخط الشاقولي من الحالة المتهيجة إلى الحالة المستقرة باعثاً الزيادة في الطاقة بشكل فوتونات ضوئية أما المرحلة الأخرى فإنه يفقد الطاقة الباقية وفي منحنى الاستقرار على شكل حرارة ليصل إلى اوطئ نقطة في هذا المنحني . وبهذا فالطيف المنبعث لا يشابه الطيف الممتص وتكون البلورة شفافة للومضات المنبعثة منها .

يشابه انبعاث الومضات من البلورات العضوية انبعاثها من البلورات غير العضوية ما عدا أنه في حالة البلورات العضوية تأخذ المستويات الجزئية molecular levels بدلاً من النطاقات البلورية في حالة البلورات غير العضوية .

شكل(4 – 21) تكوين الومضات في حالة البلورات العضوية



يمكن تصنيع البلورات العضوية بشكل بلورات رقيقة وشفافة للكشف وبشكل جيد عن جسيمات بيتا والأشعة السينية الرقيقة (soft x- ray) .

opelkanalic.com

السوائل الوميضية العضوية :

تستعمل السوائل الوميضية العضوية في العدادات للكشف وقياس الإشعاع في مختلف المجالات وخاصة في الكيمياء الحياتية ، الفيزياء النووية ، وفيزياء جسيمات الطاقة العالية .

تتكون السوائل الوميضية من مادة وميضية تسمى بالمنشط أو المذاب الابتدائي تذاب في مذيب عضوي . يكون تركيز المادة الوميضية أقل من 10 غم/لتر . واهم المواد الوميضية المذابة موضحة في الجدول (4 – 2) . أما أهم المذيبات فهي التلوين، الزايلين و 1 ، 4 – دايكسون

(4 – 2) خواص السوائل الوميضية العضوية

المذيب	الكثافة جم/ سم ^{3}	المذاب الابتدائي جم / لتر	المذاب الثانوي جم / لتر	الطول الموجي المنبعث A	الكفاءة النسبية
التلوين	0.78	Tp(9)	–	3.530	2.2
		Tp(4)	Popop(0.1)	4.320	–
		Tp(4)		–	–
		TBD(8)	DpH (0.1)	3.700	22.8
		ppo(4)	–	3. 820	23.6
			–	14 -3.25	–
الزايلين	0.86	Tp(5)	–	–	–
		Tp(5)	Popop	–	–
الاثيلات	0.86	ppo(3)	–	–	–
		ppo(3)	–	–	–

ب – العدادات الوميضية السائلة Liquid Scintillation Counters :

لقياس النشاط الاشعاعي للجسيمات ذات الطاقة المنخفضة في عينة معينة توضع مع العينة المراد عدها مذيب عضوي من مادة متبلورة حيث تحيط بنويات الذرات المشعة

أو الجزيئات بالكامل وإذا كانت العينة غير ذائبة فى المذيب العضوى يمكن وضعها فى معلق متماثل ، وهناك العديد من المواد البلورية مثل (PPO diphenylakazol) مع التلوين أو الدايوكسين كمذيب. الجدول تبنى فكرة العدادات الوميضية السائلة على أن الجسيمات المتأينة من المواد المشعة تحدث إثارة وتأين جزيئات المذيب التى بدورها تنقل الطاقة إلى جزيئات (PPO) التى تكون ومضات ضوئية نتيجة لاكتسابها هذه الطاقة وإثارتها ثم عودتها إلى المستوى الارضي (الاستقرار) و عند انبعاث هذه الومضات فإنها تصل إلى أنبوبة المضاعف الضوئى. تذوب العينات أو تعلق في سائل يسمى الكوكتيل الذي يحتوي على مذيب اورماتيكي مثل البنزين والتلوين وقد استخدمت مؤخرا مذيباتَ أقل خطر من ألمذيب الاورماتيكي. تنقل جسيمات بيتا المنبعثة من العينة طاقتها إلى جزيئات المذيب والذي يؤدي الى تهيجها ولكي تعود

الجزيئات المتهيجة الى الاستقرار فإنها تبعث الضوءِ. بهذه الطريقة فان كل جسيم من دقائق بيتا يؤدي إلى بعث نبضة من الضوءِ. في أغلب الأحيان تحتوي الكوكتيلات الوميضية بعض المواد المضافة التي تقوم بإزاحة الطول الموجي للضوء المنبعث لكشفها بسهولة أكثر.

توضع المادة المشعة والكوكتيل في قنينة شفافة أو نصف شفافة صغيرة من الزجاج أو البلاستيك في داخل العداد الوميضي السائل. وجهاز العداد الوميضي السائل له استخدام واسع فى قياس النشاط الاشعاعي لجسيمات بيتا ذات الطاقة المنخفضة مثل ^{14}C و ^{4}H. وكذلك جسيمات بيتا ذات الطاقة العالية مثل ^{32}P. كفاءة القياس لهذه العدادات يتراوح بين 30 ٪ للتريتيوم ذي الطاقة الواطئة لجسيمات بيتا إلى 100 ٪ تقريباً للفسفور - 32، ذي الطاقة العالية لجسيمات بيتا. بعض العينات تكون ملونة وعكرة وهذا يؤدي لعدم دقة عمليةِ القياس (مثل نماذج الادرار) لذلك يضاف لها بعض مركبات الكلور لقصر اللون لكي لايحصل تدخل في القياس والذي يعرف بالاطفاء.

بعض النظائر الباعثة لجسيمات بيتا ذات الطاقة العالية مثل ^{32}P تقاس في العداد الوميضي السائل بدون استخدام الكوكتيل. بتطبيق التقنية، المعروفة باسم تقانة شيرنكوف (Cerenkov). يكشف عن اشعاعات شيرنكوف مباشرة بالمضخم الضوئي وغالبا ما تستعمل تقانة شيرنكوف للقياساِت التقريبية السريعة،حيث يمكن الاعتماد

عليها عند الاختلاف الناتج عن الشكل الهندسي للعينة. وإذا كانت جسيمات بيتا ذات طاقة عالية جدا فيتم قياسها بدون استخدام العدادات الوميضية السائلة ، ويستخدم عدادات شيرنكوف (Cerenkov)، وفيها تذاب العينة المشعة فى الماء ويضع فيها محلول شيرنكوف وهذه الجزيئات المتأينة تنقل خلال الماء بسرعة أكبر من سرعة الضوء محدثة ومضة ضوئية تسمى ضوء شيرنكوف. ومن أهم مساوئ العدادات الوميضية هى قلة مقدرتها فى الفصل بين النويدات المشعة المختلفة فى العينة ويتركب جهاز العداد الوميضي السائل من :

١- أنبوبتان للمضاعف الضوئى تسجل النبضات من جهتي القنينة ويتصلان بدائرة التزامن (Coincidence circuit) وهى مصممة على استلام وإخراج نبضة واحدة من كل من أنبوبتى المضاعف الضوئى اما نبضات الخلفية الاشعاعية او النبضات الناتجة من الضوضاء الإلكترونية فسوف ترفضها دائرة التزامن والكاشف وهذه الدائرة غالباً ما تبرد لكى تقلل من الضوضاء الناشئة عن الحرارة المرتفعة فى أنبوبتى المضاعف الضوئى . شكل (4 – 22)

شكل (4 –22)انواع مختلفة من العداد ألوميضي السائل

Open Knowledge

٢ - وحدة تمييز الحدود level discriminator:

هي دائرة تسمح بمرور النبضات التى حجمها أو طاقتها أعلى من طاقة معينة (E) وترفض النبضات ذات الطاقة الأقل . تمييز الحدود السفلى فهو يسمح بمرور النبضات التى حجمها أو طاقتها أقل من E ويرفض الطاقات الأعلى وتقوم هذه الوحدات بالعمل على تجانس النبضات طبقاً لأسس معينة . تمرر هذه النبضات على جهاز القياس (Scalar)الذى يحول النبضات إلى عدات يمكن حسابها كدالة للزمن. ومن أهم مساوئ العدادات الوميضية هي قلة مقدرتها فى الفصل بين النويدات المشعة المختلفة فى العينة وتسوء هذه المقدرة كلما ازداد حجم بلورة الكاشف والذى يفضل استخدامه كلما ضعف تركيز التلوث

أهم خواص المادة المذابة هو قابليتها على الوميض عند تفاعلها مع الإشعاع وسهولة ذوبانها في المذيب المستخدم . أما أهم خواص المذيبات فهو شفافيتها للومضات المتكونة في المذاب وقابليتها على إذابة المواد الوميضية أو المصادر المشعة مثل الأدوار .

الإشعاع يتفاعل مع جزئيات المذيب مسبباً تأينها أو تهيجها وتتحد الجزئيات المتأينة بعضها مع بعض بسرعة مكونة جزئيات ذات تهيج كبير تنتشر خلال السائل وتنقل طاقة التهيج من جزئية إلى أخرى نتيجة للتصادم الاعتيادي . لذلك فانتقال طاقة التهيج ينتشر بسرعة خلال السائل الذي يحتوي على المادة الوميضية المذابة .

جزيئات المذاب الأولى التي يكون جهد التهيج لها قليلاً تمتص هذه الطاقة وتتهيج ، ونتيجة لعودتها إلى حالة الاستقرار تبعث الضوء بشكل ومضات كما في حالة البلورات العضوية . يكون الضوء المنبعث في هذه الحالة بشكل أشعة فوق البنفسجية لذلك تضاف مادة أخرى تذاب في السائل وتسمى بالمذاب الثانوي لكي تقوم بإزاحة الموجات نحو الطيف المرئي للأشعة فوق البنفسجية المنبعثة من المذاب الأولي وإزاحتها نحو الضوء المرئي وإعادتها بعثها من المادة .

أهم المواد التي تعمل على إزاحة الأمواج الضوئية هو POPOP أو مركباته . السائل الوميضي الذي يحتوي المذيب والمذاب الأولي والثانوي لا يكون شفافاً للضوء الوميضي المنبعث بشكل تام . وللحصول على الحساسية العظمي يحاط الوعاء الذي يحتوي على السائل الوميضي بعدد من المضخات الضوئية لكي تجمع الضوء المنبعث من أجزاء الوعاء . أحد المزايا المهمة للسوائل الوميضية هو إذابة المادة المشعة في السائل الوميضي قد تعمل بصورة شوائب لها مستويات خاصة للطاقة وبذلك تغير من طبيعة الومضات المنبعثة . أو أن وجودها قد يتداخل مع كمية الضوء المنبعث نتيجة لتغير لون المحلول الوميضي . تسمي عملية نقصان كفاية هذه العدادات نتيجة لإذابة المصادر المشعة بالإطفاء (quenching) التي يكون نتيجتها نقصان شدة الضوء المنبعث من السائل نحو المضخم الضوئي وبذلك يقل ارتفاع النبضة المتولدة وأهم أنواع الإطفاء هي :

الأول :

الإطفاء الكيمياوي أو الإطفاء الأولي أو الإطفاء الناتج عن الشوائب: السبب الرئيسي في هذا النوع من الإطفاء يعود إلى وجود بعض الشوائب في السائل الوميضي التي تتداخل مع الطاقة من المذيب إلى المذاب الابتدائي حيث تقوم الشوائب بامتصاص طاقة التهيج ثم تعود إلى الحالة المستقرة من دون أن تبعث ضوءاً حيث تتحول طاقة التهيج إلى حرارة . يزداد هذا النوع من الإطفاء بزيادة الشوائب ويقل كلما كان السائل نقياً . قد يولد الأوكسجين المذاب في السائل مثل هذه الظاهرة ولكن يمكن إزالة تأثيره بإدخال فقاعات النيتروجين خلال السائل والتي تقوم بطرد الأوكسجين . يمكن أن تؤدي المركبات المشعة المذابة في السائل الوميضي إلى هذه الظاهرة .

الثاني:

الإطفاء الثانوي اللوني (colour Q uenching) : يتولد هذا النوع من الإطفاء نتيجة لوجود شوائب ملونة في السائل حيث تقوم بامتصاص الضوء ويتداخل مع عملية جمع الضوء . يتولد هذا الإطفاء نتيجة لوجود المركبات المشعة ويمكن تقليل هذه الظاهرة بعملية قصر الألوان .

الثالث :

الإطفاء للفوتونات (photon quenching) تؤدي اضافة المركبات التي لا تذوب في السائل الوميضي بشكل جيد إلى تكوين خليط غير متجانس يؤدي إلى نقصان كمية الضوء النافذ من السائل.

يمكن أن تصحح أنواع الإطفاء السابقة بالطرق الآتية :

الأول :

الإطفاء يمكن أن يصحح برسم منحنى التصحيح البياني حيث يمكن رسم مثل هذا المنحنى بزيادة كميات معلومة من المواد التي تولد نوعاً معينا من الإطفاء إلى السائل الوميضي ثم إثارته بأشعة جاما من مصدر خارجي ويحسب معدل العد لكل تركيز من المادة المضافة ويرسم المنحنى البياني لمعدل العد كدالة لتركيز المادة المضافة . ومن الخط البياني نجد الكفاية النسبية للعداد .

الثاني :

طريقة إزاحة القناة . تقوم هذه الطريقة على أساس أن زيادة المادة المطفئة تؤدي إلى نقصان كمية الضوء المنبعث من السائل الوميضي وإزاحة طيف جسيمات بيتا إلى موقع الطاقات الواطئة . يمكن رسم منحنى التصحيح بحساب معدل العد لمجموعة من المواد المطفئة والتي تحتوي على كميات معلومة للنشاط الإشعاعي وتراكيز مختلفة للمادة المطفئة ثم مقارنة معدل العد في كل حالة بواسطة محلل ارتفاع النبضات في كل قناة .

وفي الحالتين السابقتين تكون المادة المطفئة القياسية (standards) هي الهكوديكين المعلم بالتريتيوم H^{3} أو الكاربون C^{14} التي تذاب في التلوين وتطفأ بإضافة $CC1_4$

أو الكلوروفورم أما المذاب فهو popop أو ppo . طريقة التصحيح هذه تكون مفيدة لقياس ^{3}H و ^{14}C والتي تبعث بجسيمات بيتا ذات الطاقة الواطئة .

الثالث :

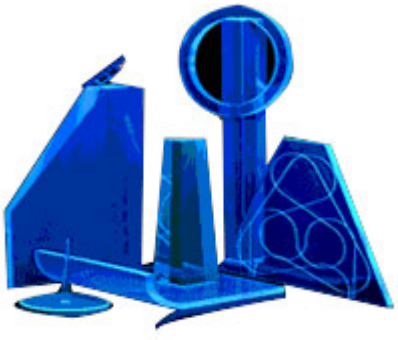
طريقة المحلول الوميضي (scintillation gels)

تسمى هذه الطريقة أحياناً (phosphor spaghetti) وفي هذه الحالة توضع المادة المشعة في محلول وميضي أو في داخل قضيب بلاستيكي يوضع في داخل السائل الوميضي حيث لا يتفاعل معه . تكون الطاقة المتنقلة إلى المادة المشعة وكمية الضوء المنبعث من السائل الوميضي قليلة ولكن عملية الإطفاء لا تحصل وفي بعض الأحيان يمكن استخدام النموذج مرة أخرى .

ت – العدادات العضوية الوميضية البلاستيكية :

المواد الوميضية البلاستيكية عبارة عن سوائل وميضية في حالة الصلابة لذا فإن خواصها وطريقة بعثها للوميض مشابهة تماماً لما يحصل في السوائل العضوية الوميضية وانتقال الطاقة فيها يكون سريعاً فيكون زمن انحلال النبضات قصير جداً كما في حالة السائل . تمزج المواد البلاستيكية بسهولة مع مواد معينة تعد هدفاً لتفاعل الإشعاع معها شكل (4 –23)**انواع مختلفة من العداد الوميضي السائل**). وأهم مساوئ هذه المواد أنها يجب أن تصنع من قبل صاحب التجربة هذه المواد يمكن أن تصنع بأي شكل أو حجم تتطلبه التجربة ولهذا فهي تستعمل في تطبيقات الفيزياء النووية وخاصة في الكشف عن النوترونات . تتوفر بعض المواد العضوية الوميضية بشكل بلاستيك polystyrene والتي يمكن تصنيعها بأي شكل وحجم .

شكل (4 –23) العداد الوميضي للمواد العضوية البلاستيكية)



انبعاث الومضات من البلاستيك الوميضي النموذجي يكون فيه لديه الحد الأقصى للوميض نحو 400 نانومتر. يتميز البلاستيك الوميضي بان الخرج الضوئي كبير نسبيا [25- 30 ٪ من عداد [NaI(Tl)]، وزمن انحلال قصير، يصل الى مرتبة النانوثانية. وهذا ما يجعل المواد مناسبة جدا لقياس زمن توقيت سريع وغالبا ما تستخدم للكشف عن الجسيمات المشحونة، أو عندما تكون هناك حاجة لاستخدام حجم كبير البلاستيك الوميضي. لأن العدد الذري والكثافة للبلاستك الوميضي منخفضة نوعا ما ، فانها غير ملائمة لقياس مصياف أشعاعة جاما. وهناك عدد كبير من البلاستيك الوميضي مختلفة ومتاحة تجاريا في مجموعة واسعة من الأحجام القياسية بشكل قضبان، أسطوانات، أو قطع مسطحة

مكونات منظومة الكواشف الوميضية:

معظم الومضات التي تولدها المواد الوميضية تكون ضعيفة ولا يمكن رؤيتها أو عدها بالعين المجردة أو المايكروسكوب . لذلك يجب استخدام جهاز ضوئي حساس للقياس . ويسمى هذا الجهاز بالمضخم الضوئي والذي يقوم بتحويل الومضات الضوئية إلى إشارة كهربائية . لذلك فإن الكواشف الوميضية تتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية وهي : المادة الوميضية ، منظومة المزدوج الضوئي ، والمضخم الضوئي .

1 – البلورة الوميضية.

تكون البلورة بشكل صلب ،مسحوق ،سائل، وبلاستك وجميعها تعمل بنفس الاساس حيث ان الاشعاع يؤين او يهيج هذه البلورات فتكون في حالة قلقة ولكي تعود الى وضع الاستقرار فانها تبعث وميضا بشكل فوتونات مرئية وغير مرئية. البلورة الوميضية(NaI Tl) يمكن ان تتلف لذلك يحيط بها غلاف من الالمنيوم يصمم لكي يعكس أي ضوء يسقط علية نحوالاسفل باتجاه المضاعف الضوئي.تتصل البلورة مباشرة الى المضاعف الضوئي .

2 - منظومة المزدوج الضوئي (optical coupling)

في حالة تولد الومضات ينتشر الضوء في جميع الاتجاهات لذا يجب أن يوجه الضوء بشكل كفء نحو المضخم الضوئي . وأي نقصان لجمع الضوء في هذه المرحلة يؤدي إلى تقليل حساسية العداد للإشعاعات ذات الطاقة الواطئة .

وقد تكون منظومة توجيه الضوء بسيطة أو معقدة . ففي حالة المنظومات البسيطة يجب أن تصقل أوجه المادة الوميضية صقلاً جيداً من جميع الجهات ما عدا الوجه الملاصق لنافذة المضخم الضوئي لتقليل الانعكاسات الداخلية بهذا الوجة . زيادة على ذلك فإن البلورة يجب أن تحاط بمادة عاكسة للضوء مثل (A1O) أو (MgO) والتي تقوم بعكس الضوء باتجاه المضخم الضوئي .

وللحصول على انتقال جيد للضوء من سطح البلورة إلى نافذة المضخم الضوئي فإن الفجوة الهوائية بينهما يجب أن تملأ بالسليكون أو الكريز لأن معامل الانعكاس لهذه المواد يكون ذا قيمة تقع بين معامل الانعكاس في المادة الوميضية ومعامل الانعكاس لزجاج نافذة المضخم الضوئي وعليه فإن كمية الضوء المنعكس على جميع هذه السطوح يكون أقل ما يمكن . وفي حالات كثيرة فالبلورة للمادة الوميضية تضغط باتجاه نافذة المضخم بواسطة نابض حلوزني .

أما في حالة المنظومات المعقدة فالمادة الوميضية والمضخم الضوئي تتصل بانبوب من الزجاج أو البرسبكس في أشكال وحجوم مختلفة قصيرة أو يكون الأنبوب الضوئي الذي يصل المضخم بالمادة الوميضية بشكل الياف زجاجية طويلة عندما تكون المادة الوميضية بعيدة عن المضخم الضوئي . كما في حالة وضع المادة الوميضية في مجال مغناطيسي عند التجارب حول المعجلات أو أن وضع المضخم في منطقة إشعاعية عالية تؤثر في خواصه . ينتقل الضوء داخل الأنبوب نتيجة للانعكاسات الكلية على طول الأنبوب الزجاجي .

3 – المضخم الضوئي (photomultiplier)

الغرض من منظومة المضخم الضوئي زيادة عدد الالكترونات المتولدة نتيجة لتفاعل الاشعاع مع المادة الوميضية لإمكانية قياسها بسهولة.

المضخم الضوئي يتكون من كاثود ضوئي وظيفته تحويل الومضاتَ الضوئية التي أنتجت نتيجة لتوهين الاشعاع داخل البلورة الى الكترونات . يتم تجميع وتركيز الالكترونات بواسطة شبكة (Grid) وإسقاطها على قطب موجب يسمى الداينود (dynode). يصنع الداينود من سبيكة خاصة والتي تبعث الالكترونات عند قصفها

بالالكترونات أي ان الالكترونات المنبعثة أكثر من الاكترونات الممتصة، عادة مايبعث الداينود بين 2 – 5 الكترون عند سقوط الكترون واحد.

الغرض من استخدام المضخم الضوئي هو تحويل الضوء ذي الشدة الواطئة إلى إشارة كهربائية ذات سعة مناسبة للقياس . تعتمد حساسية المضخم الضوئي على كفايته في تحويل الفوتونات الضوئية إلى الكترونات على سطح الكاثود وعلى معامل التضخم للالكترونات المتولدة .يتكون الكاثود الضوئي من مادة دالة الشغل لها قليلة أي أن طاقة التأين لسطح الكاثود قليلة بحيث أن الالكترونات الضوئية لا تنبعث من سطح الكاثود في درجات الحرارة الاعتيادية نتيجة للانبعاث الأيوني الحراري .

يعاني الضوء المتولد نتيجة لتفاعل الإشعاع مع المادة الوميضية عدة انعكاسات في داخل العداد ثم يسقط على الكاثود الضوئي حيث تنبعث الالكترونات الثانوية والتي تسقط على الداينود الثاني الذي فولتيته أكبر من الفولتية المسلطة على الداينود الأول . ونتيجة لسقوط الالكترونات الثانوية على الداينود الثاني يولد كل الكترون مجموعة من الالكترونات الثانوية الأخرى من سطح الداينود الثالث وهكذا .

يطلي الداينود بما مثل Ag - Mg أو Cs- sb التي تكون دالة الشغل لها قليلة فإذا فرض بأن الإلكترون الضوئي عند اصطدامه بالداينود يولد (R) من الالكترونات الثانوية التي تتجه نحو الداينود الثاني وكذلك فكل الكترون ثانوي يولد (R^2) من الالكترونات المنبعثة من الداينود الثاني والمتجه نحو الداينود الثالث تساوى (R^2) من الالكترونات . وإذا احتوى المضخم الضوئي على n من الداينودات المتتالية والتي اطبقت عليها فولطية مناسبة اعلى من سابقتها فان عدد الالكترونات الكلية الواصلة الى الانبوب هي (R^n).

إن عامل التضخم (M) يمكن أن يوضع بالشكل الآتي :

$$M = ACR^n$$

حيث أن :

A كمية ثابتة يعتمد على مادة الداينود .

C ثابت تحويل الكاثود (عدد الالكترونات / فوتون ساقط)

R معدل الالكترونات الثانوية المنبعثة من كل داينود والتي تعتمد على فولتية الداينود .

ولأن (R) تعتمد على فولتية الداينود فإن أقل تغير في هذه الفولتية يولد تغيراً كبيراً في عامل المضاعفة ولهذا السبب تكون الفولتية المجهزة للداينود ثابتة ومنتظمة.يوجد عدد من الداينودات تستعملُ لمضاعفة وتكبير الالكترونات الضوئية التي تنبعث من سطح الداينود فمثلاً عند سقوط إلكترون واحد على الداينود فإنة يتضاعف بشكل كبير ونظرا لوجود العديد من الداينودات فان الإلكترون الواحد يتضاعف إلى ملايين ألالكترونات والتي تخرج على هيئة نبضات كهربائية تتناسب مع طاقة أشعة جاما الساقطة على البلورة والتي تجمع أخيراً على القطب الموجب (الانود) . ويتم تكبير النبضة خطياً بواسطة المضخم (Amplifier) حيث يتصل إلى محلل سعة النبضات ، تخزن النبضات وتصنف تبعاً لحجمها ثم تخزن فى جزء خاص بالذاكرة الإلكترونية وبعد زمن معين تجمع القراءة المسجلة فى فترة زمنية معينة.

يَحتوي المضخم الضوئي على مجهز للفولطيةِ العاليةِ المستمرة (V_{dc}) والتي يمكن أن يكُون بحدود 1000 فولت بين طرفيها سلسلة من مجزئ المقاومات (صف من المقاومات)، كلّ منها له نفس المقاومة R وظيفتها تقسيم الفولطية العالية المستمرة (V_{dc}) إلى فولطيات متساوية تجهز إلى الداينودات شكل (4 –23)

كنتيجة لذلك تزداد الفولطيات بأجزاء متساوية وتطبق على صف الداينودات.كذلك تحتوي دائرة المضاعف الضوئي على حمل خارجي R_L يستعمل لتوليد فولطية خارجة V_{out}.

تسري هذه الإلكترونات خلال مقاومة الحمل الخارجي بشكل تيار كهربائي وتكون فولطية خارجة V_{out} طبقاً لقانون اوم الذي يقاس بمجموعة من الدوائرالإلكترونية .

الميزة المهمة للكاشفِ الوميضي هو ان الفولطية الناتجة تتناسب مباشرة إلى طاقة الإشعاع المترسبة في البلورةِ.

ويمكن بسهولة حساب الشحنة المتجمعة على الانود والتي تعطي فكرة أفضل على أداء الكاشف الوميضي.

الشحنة المتجمعة على الانود يمكن كتابتها حسب المعادلة التالية

$$Q = m f £ R^n e$$

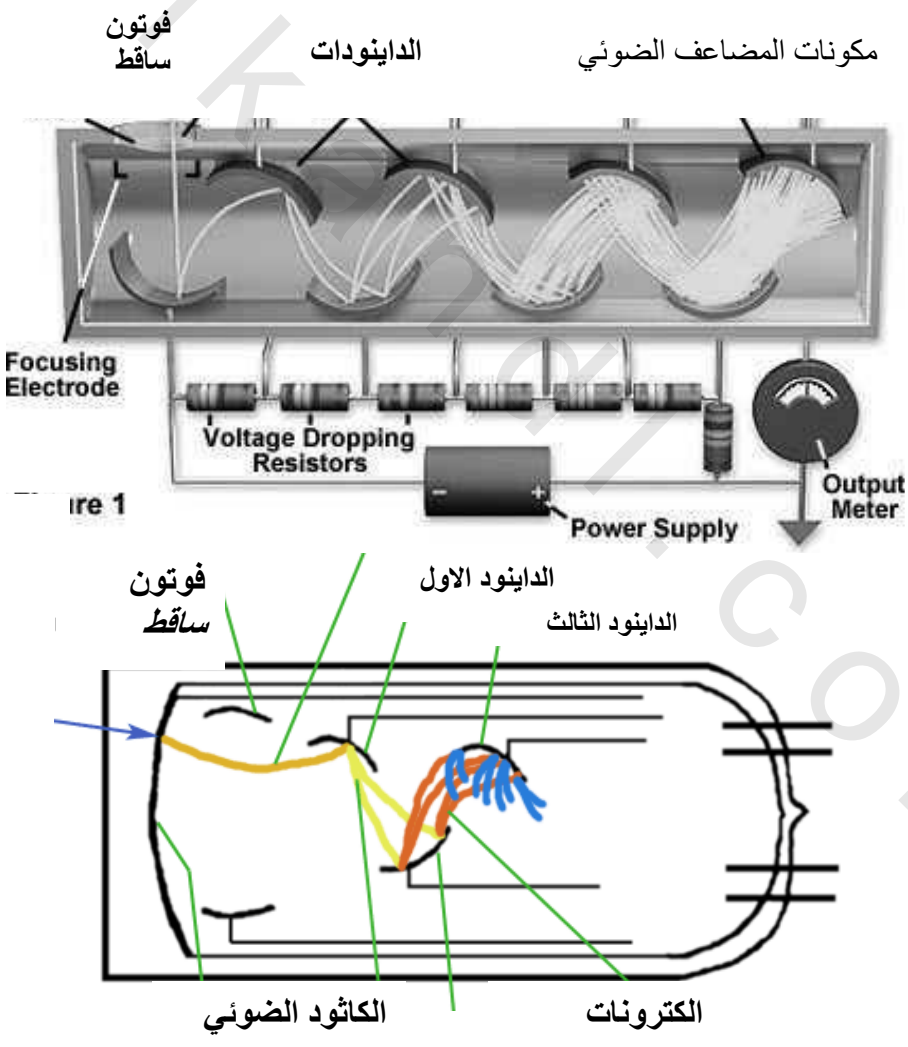
m: عدد الفوتونات المتولدة في البلورة

f: الكفاءة البصرية للبلورة، كفاءة البلورة لإرسال الضوء

£: الكفاءة الكمية للكاثود الضوئي (كفاءة للكاثود الضوئي لتحويل الفوتونات الضوئية إلى الالكترونات). n: عدد الداينودات .

R: عامل المضاعفة للداينودات.(عدد الألكترونات الثانوية المنبعثة من الداينود لكل الكترون ممتص). e: شحنة الإلكترون

شكل (4 – 24) مكونات المضاعف الضوئي



فعلى سبيل المثال نفترض ان طاقة اشعة جاما تساوي 100 كيلو الكترون فولط والتي تمتص في البلورة و عدد الفوتونات المتولدة حوالي 1000 وان البلورة الوميضية مثالية. كفاءتها البصرية ، f ،تساوي 0.5 أي ان 50 ٪ من الضوء المتولد يصل الى للكاثود الضوئي والذي له كفاءة كمية £ مقدارها 0.15 المضخم الضوئي المثالي يحتوي عشر دايونودات عامل المضاعفة لها يساوي 4.5.

لذلك $Q= m f \pounds R^n e$

نعوض في المعادلة اعلاة $Q= 100000 \times 0.5 \times 0.15 \times 4.5^{10} \times 1.6 \times 10^{-19}$

بيكو كوري $Q= 40$

هذه الكمية من الشحنة صغيرة جداً لذلك يجب استعمال مضخم حساس جداً لتضخيم هذه الإشارة هذا النوع من المضخمات يدعى المضخم الاولي (pre – amplifier)

الطيف الطاقي لأشعة جاما

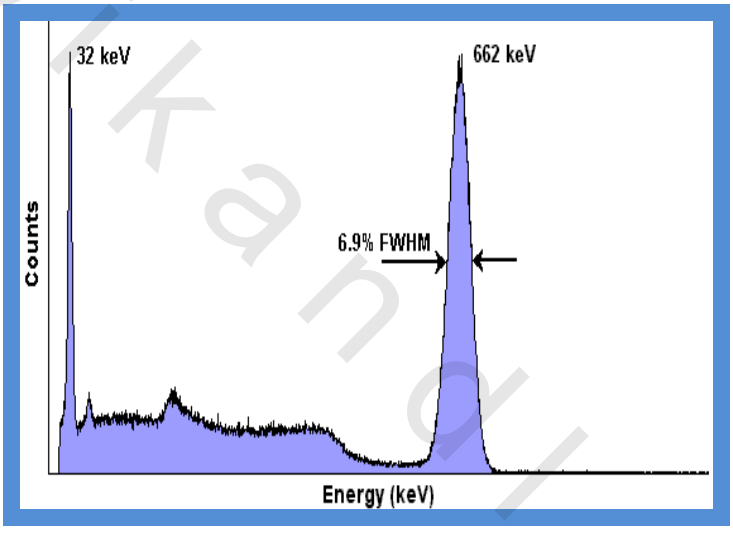
كما علمنا سابقا بان هناك آليتان لتفاعل الاشعاع مع المادة هما التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون. ونعلم ان التأثير الكهروضوئي يتضمن الامتصاص الكلي لطاقة اشعة جاما، بينما تأثير كومبتون يتضمن امتصاص جزئي لهذه الطاقة.

ولان الفولطية الناتجة تتناسب مباشرة إلى طاقة الإشعاع المترسبة في البلورة لذلك نتوقع بان التأثيرات الكهروضوئية في البلور ستولد فولطية خارجة متميزة وكبيرة نسبياً اما تأثيرات كومبتون ستؤدي إلى توليد فولطيات صغيرة .

يوضح ويوضح الشكل (4 – 25) طيف اشعة جاما المنبعثة ^{137}Cs الذي، يبعث اشعاع جاما مثل هذه الرسوم البيانية تسمى الطيف الطاقي لأشعة جاما. الشكل يحتوي منطقتان الاولى تسمى الذروة (القمة) الضوئية(Photo peak) عند الطاقتين و 32 و662 كيلو الكترون فولت والثانية تسمى تشتت كومبتون. الذروة الضوئية تنتج بسبب الامتصاص الكهروضوئي لأشعة جاما المنبعثة . العدادات الوميضية بالإضافة لكشفها عن وجود إلا شعاع وكميته فانها تزودنا بمعلومات اضافية عن طاقة الإشعاع ،

هذه المعلومات الإضافية للعددات الوميضية يمكن ان تستعمل للعديد من التطبيقات المتنوعة مثل معرفة نوع النظير المشع المجهول وكذلك لإنتاج صور الطب النووي. الذروة الضوئية لطيف طاقة اشعة جاما مهمة في الطب النووي لأنها صفة مميزة للنظير المشع والتي يمكن عزلها عن طيف تشتت كومبتون باستعمال تقنية تحليل ارتفاع النبضة . هذة التقنية تتضمن نوعين من الدوائر إلكترونية تدعى الدائرة الاولى مميز المستوى الأدنى (Lower Level Discriminator)- LLD الذي يسمح لنبضات الفولطية بالمرور خلال الدائرة عندما تكون أوطأ من النبضة المثبتة .

شكل (4 – 25)طيف ^{137}Cs باستعمال الكاشف NaI (Tl)



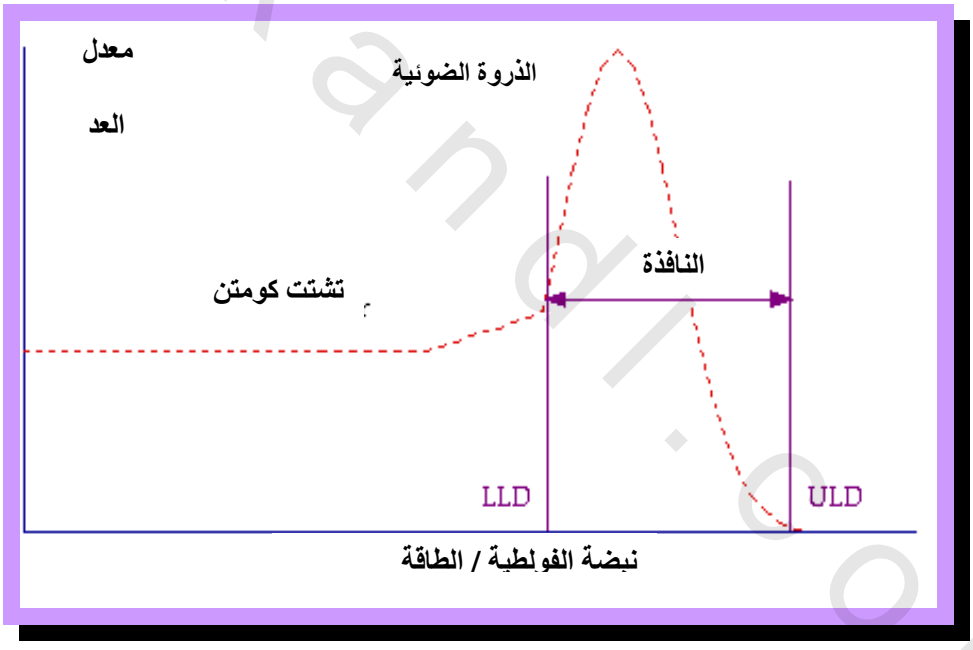
تدعى الدائرة الثانية مميز المستوى الأعلى (Upper Level Discriminator)- ULD الذي يسمح لنبضاتِ الفولطية بالمرور خلال الدائرة عندما تكون أعلى من النبضة المثبتة .

إن النتيجة لاستعمال كلتا الدائرتينِ يمثل نافذة ذات عرض متغير والتي يمكن توضع في أي مكان على طول الطيف. فعلى سبيل المثال إذا رغبنا بالحصول على معلومات عن ذروة ضوئية معينة نثبت المميز بين بدايتها ونهايتها شكل(4 - 26).

يجب ملاحظة نقطة مهمة بأن منظومة الكاشفِ الوميضي تستعمل بشكل واسع للحصول على المعلومات حول طاقات الإشعاع المنبعث من المصدر المشع والتي تسمى المطياف الوميضي. ويكون محلل المطياف على نوعين:

الاول: مُحلّل القناة المنفرد (Single ChannelAnalyzer) البسيط نسبياً يحتوي على بلورة وميضية متصلة بمضاعف ضوئي يشتغل بفولطية عالية (H.V) إنّ الفولطية الناتجة تضخم باستخدام المضخم الاولي ثم نضخم وتعدل باستخدام المكبر .نبضات الفولطية بعد خروجها من المكبر تكون في شكل مناسب لمحللِ ارتفاع النبضة (P.H.A.) حيث ان ناتج النبضات الخارجة منه يمكن أن تغذي إلى مقياس (Scalar) وعداد Ratemeter لعرض المعلومات حول جزءِ الطيف الذي سمح له بالمرور خلال (P.H.A).العداد وسيلة لعرض عدد النبضات المتولدة لوحدة الزمن. اما المقياس فيشمل عادة عرض رقمي لعدد نبضات الفولطية الناتجة في فترة زمنية محددة.

شكل (4 –26). استخدام دائرة المميز



الثاني مُحلّل متعدد القنوات (Multi- Channel Analyzer -MCA): هو مشابه تماماً لمحلل القناة الوحيد باستثناء استبدال العداد والمقياس ومحلل ارتفاع النبضة بمُحلّل متعدّد القنوات و حاسوب. إن محلل متعدد القناة (MCA) دائرة لها القدرة على

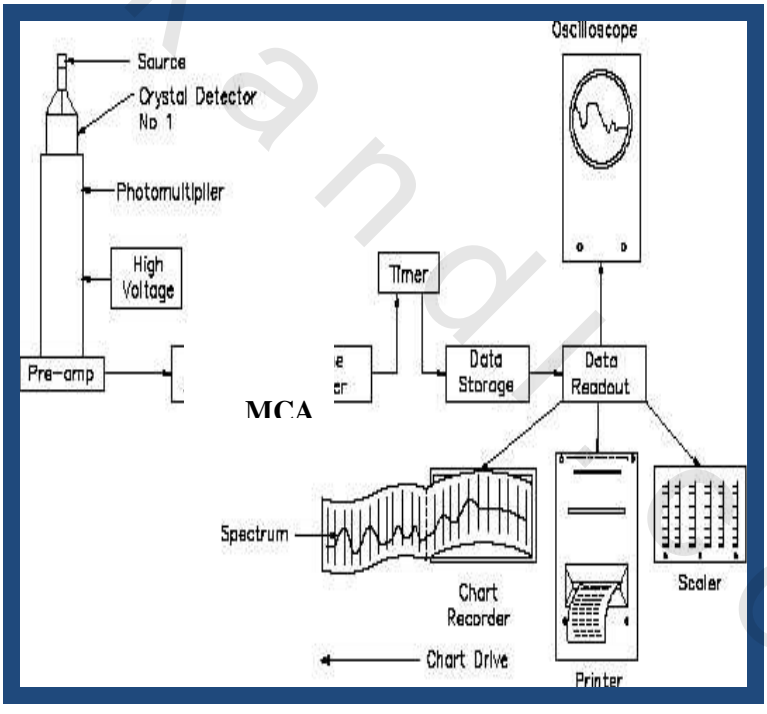
openkandi.com

تثبيت عدد كبير من النوافذ الفردية للنظر إلى الطيف الكلي مرة واحدةً .شكل (4 – 27).

احد انواع محلل متعدد القناة يحتوي على 1024 نافذة فردية والحاسوب الذي يحتوي على برامج جاهزة لمعالجة المعلومات الناتجة بطرق عديدة .

تمتاز العدادات الوميضية الصلبة غير العضوية(NaI (Tl بان كفاءتها عالية نسبيا ولكن قدرة الفصل لها قليلة. ذلك فان طيف طاقة اشعة جاما الوميضي يكون مفيدا أذا كان طيف النظير المشع يحتوى ذروة ضوئية واحدة او ذروات طاقة متباعدة لكي لاتتداخل مع بعضها..فمثلا الكوبلت - 60 له ذروتين ضوئيتين الاولى عند الطاقة 1172 keV والثانية عند الطاقة 1333keV.

شكل (4 – 27) منظومة الطيف إلجامي ألوميضي متعدد القنوات



يلاحظ ان الذروة الضوئية لها تذبذب إحصائي يعتمد مقداره على نوعية الكاشف. فالكاشف الجيد ، عالي النوعية سيكون التذبذب إلاحصائي له قليل وتكون الذروة الضوئية ضيقة.ويتكون الطيف كذلك من جزء آخر هو تشتت كومبتون والذي يحتوي مدى واسع من الفولطيات الناتجة التي تكون أوطأ من الذروة الضوئية. هذا

الطيف مؤشر على الامتصاص الجزئي لطاقة أشعة جاما في البلورة. وتأثيرات كومبتون هو تشتت فوتونات جاما مع الكترونات التكافؤ والذي ينتج نبضات فولطية كبيرة نسبياً. ومن تأثيرات كومبتون الاخرى ان اشعاع جاما ينقل الطاقة الأقل الى إلكترون التكافؤ لذلك يولد نبضة فولطية صغيرة نسبياً.

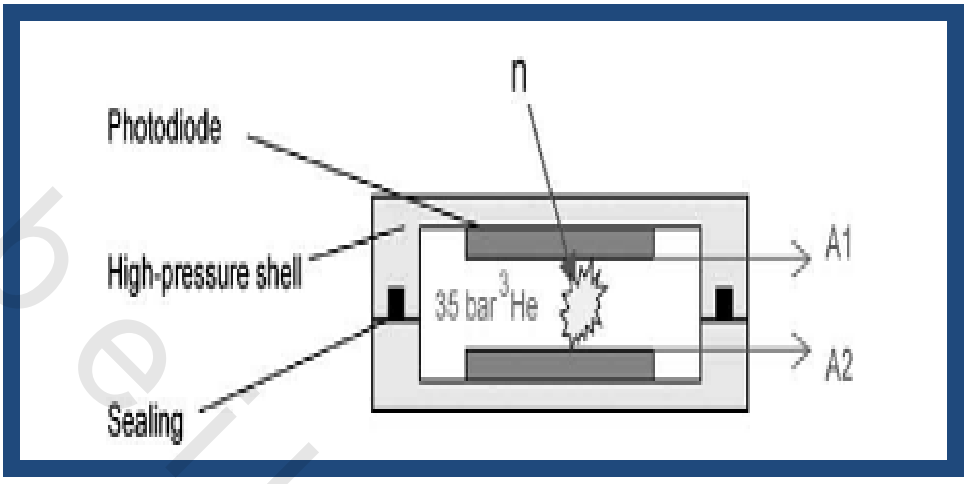
اذا كان النظير المشع يحتوي على عدد من الذروات المتقاربة فان احدهما يتراكب مع الاخر ولايكون القياس دقيقا .لذلك يفضل الاستعاضة عن الكاشف الوميضى بكاشف الحالة الصلبة.

اماالعداد الوميضي الغازي التناسبي يستخدم للكشف عن الأشعة السينية التي تتألف من غرفة مليئة بالغازات النبيلة (الخاملة) مثل الأرجون أو الزينون. يحصل تأين للغاز بواسطة فوتونات الأشعة السينية فتنتج سيل من الإلكترونات نتيجة للانهيار(avalanche). تتهيج ذرات الغاز بواسطة الانهيار وتبعث فوتونات الأشعة فوق البنفسجية ، والتي تولد ومضة تتناسب مع طاقة الأشعة السينية. هذه العدادات تمتاز بقدرتها التحليلية بالمقارنة مع العدادات الغازية التقليدية.

العدادات الوميضية الغازية يبنى عملهاعلى أساس تولد ومضات عند الضغط المنخفض (1 بار) للغازات Ar- Xe وكذلك الغازات, Ar - N_2 والتي يمكن تطبيقها على نحو مفيد للكشف عن الجسيمات المشحونة الثقيلة. عند طاقات الجسيمات اكثر 100 إلكترون فولت. خلط غاز N_2 إلى غاز الاركون والزينون يقلل من كمية الضوء ، ولكن لديه ميزة جيدة وهو تسريع انحلال الومضات وتجنب الضرورة لحرف الطول الموجي . هذا الخليط من الغازات له سرعه معقولة لانجراف الإلكترون electron drift ونشر الخصائص التي تسمح لتطوير عمل العدادات الوميضية الغازية للكشف عن الضوء والجسيمات معا.

وهناك نوع اخر من العدادات الوميضية الغازية التي تملا بغاز^3He للكشف عن النيوترونات ، يتكون العداد من زوج من الدايود الضوئي المسافة بينهما 7 ملم توضع داخل وعاء من الحديد القاوم للصدا شكل (4 – 28).

شكل (4 – 28) العداد الوميضي الغازي لقياس النيوترونات



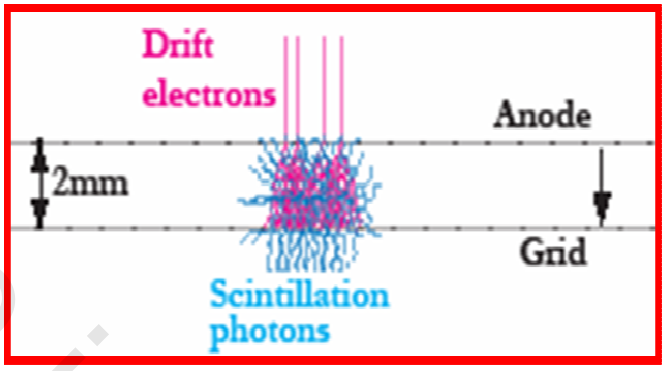
في الكثافات العالية للتأين فان العدادات الوميضية الغازية ،لا تظهر أي عيب في ارتفاع نبض ولكن على العكس تولد حصيلة عالية في ضوء المحصول بسبب التلاءلئ الذي يرافق اعادة الاتحاد للايونات على طول العمود. يمكن التحكم في حجم هذا التأثير من خلال تطبيق مجال كهربائي في حجم التفاعل. استخدام مزيج من ١٠- ١٥ ٪ من غاز N_2 و Ar فان اعادة الاتحاد للايونات على طول العمود يمكن تجنبها عن طريق تطبيق مجال كهربائي لوحدة الضغط مقدارة /١فولت. بار.

ويوجد نوع اخر العدادات الوميضية الغازية التي تستخدم غاز CF_4 في الحجم الحساس والتي تكشف ومضات الفوتونات نتيجة لانهيار الالكترونات وبذلك يمكن الكشف عن مسار الجسيملت النووية عالية الطاقة شكل (4 – 29).

4- 9- كوا شف الأثر النووي في الجسم الصلب

يعتمد هذا النوع من الكواشف على الأثر الذي تحدثه الجسيمات المؤينة في الأجسام العازلة بما فيها الزجاج و البلاستيك. وقد لوحظت الآثار النووية في الجسم الصلب لأول مرة على يد العالم يونغ (Young) عام 1985 عندما شاهد آثار صغيرة على بلورة من LiF كانت على تماس مع رقاقة من اليورانيوم شععت بنيترونات حرارية. ثم جعلت هذه الآثار مرئية بوضعها في محلول كيميائي مناسب.

شكل (4 – 29) العداد ألوميضي الغازي لقياس النيوترونات



تحدث الجسيمات المؤينة آثارا صغيرة غير مرئية يمكن رؤيتها بالميكروسكوب الضوئي العادي . ينبغي معاملة المواد العازلة المعرضة للاشعاع بمواد كيميائية لغرض الحك الكيميائي (Chemical Etching). في حالة الكواشف البلاستيكية يغمس الكاشف في محلول كيماوي قلوي من هيدروكسيد الصوديوم NaOH أو هيدروكسيد البوتاسيوم KOH بتركيز ودرجة حرارة وفترة زمنية محددة تعتمد على نوع الكاشف و الجسيم والتطبيق المستعمل. يقوم هذا المحلول بحك سطح الكاشف كاملا بسرعة تسمى بمعدل الحك السطحي (Bulk Etching Rate) V_B ، بينما يحك مكان الأثر بسرعة أكبر تسمى بسرعة حك الأثر (Track Etching Rate) V_T . وهذا يؤدي إلى جعل الآثار على شكل حفر (Pits) تدل على أثار الجسيمات المؤينة الساقطة في هذا الكاشف. وتختلف أبعاد هذه الحفر باختلاف الجسيم الساقط وطاقته وشروط الحك المستعملة، مما يجعل استعمال مثل هذه الكواشف للتمييز بين الجسيمات الساقطة. يبين الشكل (4 – 30) كيفية ظهور الأثر بعملية الحك، حيث يظهر أنه يجب ألا تقل زاوية ورود الجسيم المؤين على الكاشف عن زاوية معينة تسمى بالزاوية الحرجة (Critical Angle) θ_c و تحسب هذه الزاوية بالمعادلة.

$$\theta_c = \arcsin(V_B / V_T) .$$

من سهل فهم ميكانيكية ظهور الآثار بعملية الحك الكيميائية فيما إذا درسنا حالة السقوط العمودية للجسيمات على سطح الكاشف. من أجل التبسيط يمكن افتراض أن سرعة الحك السطحي وحك الأثر ثابتين. فعند زمن حك قدره t سيمتد الأثر للمسافة L من السطح الأصلي المشعع الشكل (4 – 31) عندها نكتب:

$$L = V_T \cdot t \ldots\ldots\ldots (1)$$

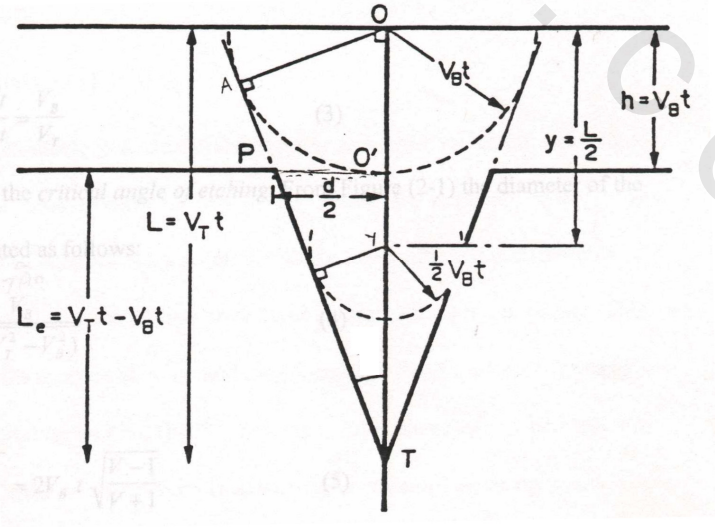
وبما أن السطح قد حك بسرعة V_B فيكون طول الأثر المحفور هو:

$$L_e = (V_T - V_B) \cdot t \ldots\ldots\ldots (2)$$

عند كل نقطة على طول الأثر سيقوم المحلول بالحك بسرعة تساوي سرعة الحك السطحي V_B. ففي اللحظة $t(y) = Y / V_T$ يصل المحلول الحاك إلى النقطة y ويبدأ بالحك القطري مبتعداً عن y مسافة تساوي $V_B(t - t(y))$. فكلما زاد العمق كلما صغر الفرق بين t و $t(y)$ وبالتالي تتناقص مسافة الحك القطري. مما يؤدي إلى تشكل مخروط زاويته θ_c تعطى من المثلث TAO:

$$\sin\theta_c = \frac{V_B \cdot t}{L} = \frac{V_B \cdot t}{V_T \cdot t} = \frac{V_B}{V_T} \ldots\ldots\ldots (3)$$

تسمى كما ذكر سابقاً بالزاوية الحرجة.



يمكن حساب قطر الأثر كما يلي:

من المثلثين TO'P وTAO يمكن أن نكتب:

$$\tan\theta_c = \frac{d/2}{L_e} = \frac{V_B}{\sqrt{(V_T^2 - V_B^2}} \text{.....(4)}$$

ومنه يمكن أن نكتب:

$$d = 2 \cdot V_B \cdot t \cdot \sqrt{\frac{V_T - V_B}{V_T + V_B}} = 2 \cdot V_B \cdot t \cdot \sqrt{\frac{V-1}{V+1}} \text{.....(5)}$$

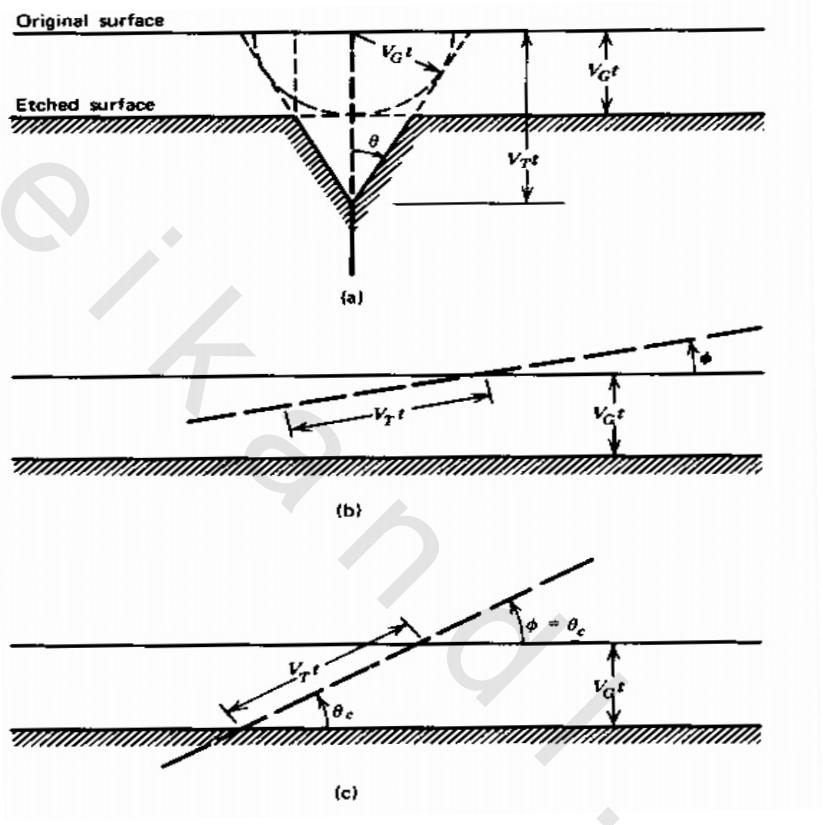
حيث $V = \frac{V_T}{V_B}$ تسمى نسبة حك الأثر، فكلما زادت هذه النسبة كلما كان تشكيل الأثر أسرعاً. فمن أجل الجسيمات الثقيلة (كنواتج الانشطار) تكون $V_T \succ\succ V_B$ وبالتالي $V \succ\succ 1$، عندها يمكن اختصار المعادلة (5) لتصبح:

$$d = 2 \cdot V_B \cdot t \text{.....(6)}$$

يمكن أن نلاحظ من هذه المعادلة أنه يمكن قياس معدل الحك السطحي لكاشف ما من خلال قياس قطر آثار نواتج الانشطار ومعرفة زمن الحك.

لنفرض أن x هي نسبة وسطي أقطار بعض الآثار إلى وسطي أقطار آثار نواتج الانشطار، وبتطبيق ذلك في المعادلة (٥) بعد استبدال $2 \cdot V_B \cdot t$ بوسطي أقطار آثار نواتج الانشطار نجد:

الشكل (4 - 30) ظهور الأثر بعملية الحك، يجب أن لا تقل زاوية ورود الجسيم سطح الكاشف وذلك بفرض أن معدل حك الأثر V_T ثابت.



$$x = \sqrt{\frac{V-1}{V+1}} \quad .....(7)$$

وبإعادة ترتيب المعادلة (٧) يمكن أن نجد:

$$V_T = V_B \cdot \frac{1+x^2}{1-x^2} \quad .....(8)$$

فيمكن معرفة سرعة الحك السطحي لكاشف في حال تعريضه لمصدرين لجسيمات ألفا ونواتج انشطار من خلال قياس أقطار آثار نواتج الانشطار

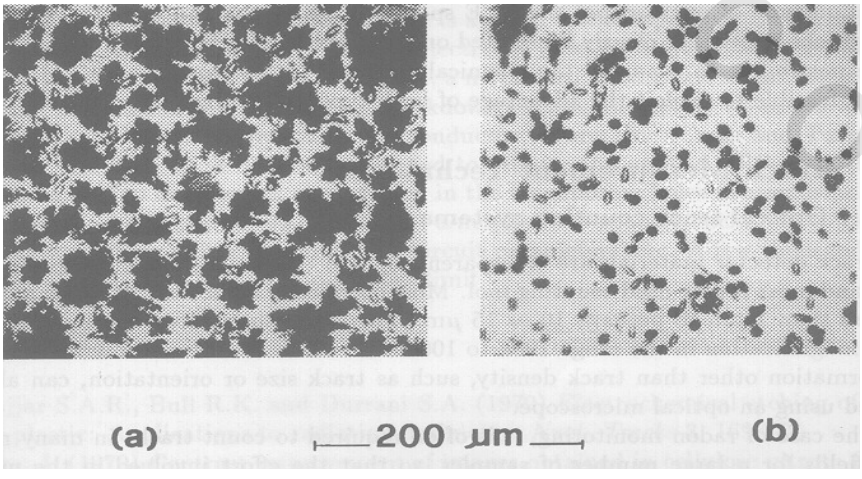
باستعمال المعادلة (6) وسرعة حك أثر جسيمات ألفا من قياس أقطار آثار جسيمات ألفا واستعمال المعادلة (8).

1 - الحك الكهركيميائي (Electrochemical Etching):

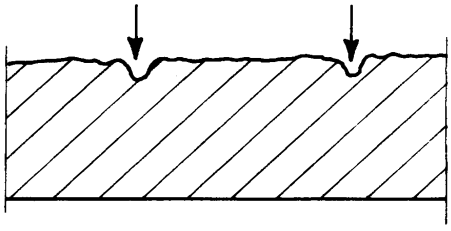
يمكن جعل الآثار الناتجة عن الحك الكيميائي في الكواشف البلاستيكية كبيرة باستعمال طريقة الحك الكهركيميائي التي تعتمد على ظاهرة التشجير (Treeing) التي تحدث عند يتم الحك ضمن حقل كهربائي متناوب كبير. حيث تتجمع خطوط الحقل في نهاية حفرة الأثر الحادة مسببة تصدعا في تركيب الكاشف البلاستيكي وهذا يؤدي إلى تكبير الأثر من 30 إلى 100 مرة حسب زمن الحك. يبين الشكل (4 – 32) شكل الآثار في حالتي الحك الكيميائي و الكهركيميائي. فيما يبين الشكل (4 – 33) مرحلتي تشكل الشجيرة وشكلها ضمن الكاشف على الترتيب.

تعتبر عملية عد الآثار على سطح الكواشف من أهم مراحل استعمالها في التطبيقات العملية فهناك وسائل متعددة لإجاد تركيز الآثار على سطح الكاشف منها الميكروسكوب الضوئي، نظام العد بطريقة الشرارة (Spark Counting System)، نظام التعداد بملأ الحفر بمادة وميضية (Scintillator-Filled Etched Pit System) و نظام العد الأتوماتيكي.

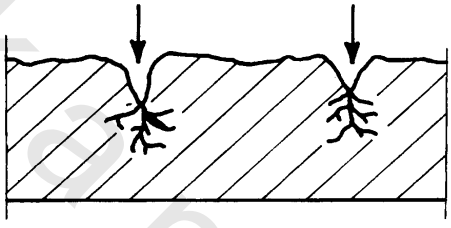
الشكل (4 – 32) شكل الآثار في حالتي الحك الكيميائي و الكهركيميائي



الشكل (4 – 33) مراحل تشكل الشجيرة عد حك



Stage 1 - Pit Formation

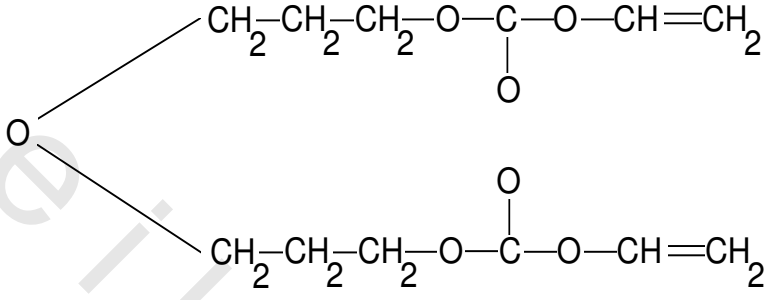


Stage 2 - Tree Formation

2- مواصفات بعض كواشف الأثر البوليرية (Polymeric Track Detector)

تعتبر الكواشف البوليرية من الكواشف الأوسع استعمالا من الكواشف البلاستيكية و منها كواشف اللكسان (Lexan)، كواشف نترات السيلولوز (Cellulose Nitrate) مثل CN-85 و كواشف CR-39. لكل كاشف من هذه الكواشف خواصه الخاصة في الكشف. فالكواشف البلاستيكية من نترات السيلولوز حساسة لجسيمات ألفا بطاقة من 0.01 إلى 4 مليون إلكترون فولت. بينما تعتبر كواشف CR-39 ذات خواص فريدة واستعمالات واسعة حيث أنها عالية النقاوة و ذات تأثر ضئيل جدا بالتغيرات البيئية. فهي حساسة جدا للأشعة المؤينة و هي الوحيدة التي تستطيع تسجيل آثار ألبروتونات.

كما و تستطيع تسجيل جسيمات ألفا بطاقات أعلى بقليل من الصفر إلى طاقة حوالي 60 مليون إلكترون فولت. و قد أوجد هذه الكواشف العالم كارت رايت و زملائه (Cart Write et al.) عام 1978. الصيغة الكيميائية لهذا لكاشف هي $C_{12}H_{18}O_7$ و لها الشكل التالي:



obeikandl.com