الباب الثامن

كواشف الإشعاعات النووية

obeikandl.com

obeikandl.com

الباب الثامن

كواشف الإشعاعات النووية
Nuclear Radiation Detectors

تتطلب جميع القياسات النووية سواء في معامل البحوث أو في محطات القوي النووية، ، توافر الأجهزة الخاصة بتسجيل الأنواع المختلفة من الإشعاعات. وتعرف هذه الأجهزة بكواشف الإشعاعات (radiation detectors) وتستخدم الكواشف عموماً لتحديد نوع الإشعاعات وقياس كمياتها وتحديد طاقتها. ويتوقف نوع الكاشف المستخدم علي عدة عوامل أهمها:

١- نوع الجسيمات (جسيمات مشحونة ثقيلة أو إلكترونات أو إشعاعات أو نيوترونات)

٢- طاقة وشدة هذه الإشعاعات.

وفي أغلب الكواشف تكون طريقة الكشف عن الإشعاعات باستخدام تأين أو إثارة الإشعاعات لذرات المادة عند المرور فيها. ونتيجة لذلك التأين توجد إلكترونات سالبة وأيونات موجبة وتكون زوجاً من الإلكترونات والأيونات. ومتوسط الطاقة اللازمة $\overline{E}$ لتكوين زوج واحد من الإلكترونات السالبة والأيونات الموجبة تعتمد فقط علي نوع المادة ولا تعتمد علي نوع أو طاقة الإشعاعات. وقيمة $\overline{E}$ في حالة الهواء تساوي تقريباً $35eV$. وعند مرور بروتون طاقته $1MeV$ في الهواء فإن عدد الأزواج التي تنتج تساوي $(1\times10^{6})/35 \times 2.86\times10^{4}$ زوج إلكترون- أيون وذلك علي طول مدي هذا البروتون. وأن شحنة الإلكترون أو الأيون تساوي $1.6\times10^{-19}C$، فتكون الشحنة الناتجة من البروتون في الهواء تساوي $4.58\times10^{-15}C$ $1.6\times10^{-19}\times2.86\times10^{4}$. وبذلك يكون من السهولة قياس مثل هذه الشحنات. وبالنسبة للنيوترونات كجسيم متعادل فهو لا يؤين

المادة المار بها ولكن تنطلق جسيمات ثانوية مثل البروتونات أو جسيمات ألفا تحمل الجزء الأكبر من طاقة النيوترون فيؤدي ذلك إلي تأين المادة المار بها ويتكون زوجاً من الإلكترونات- والأيونات. وبالنسبة لأشعة جاما تقوم الإلكترونات الناتجة من التأثير الكهروضوئي أو تشتت كومبتون أو إنتاج الأزواج بعملية التأين وتكوين الأزواج الإلكترونية الأيونية فيها.

٨-١ بعض الظواهر الموجودة في كواشف الإشعاعات النووية

١- ظاهرة إعادة الالتحام Recombination

تعرف ظاهرة إعادة الالتحام بأنها يمكن للإلكترون السالب والأيون الموجب أن يعيدا التحامهما مكونين ذرة أو جزيئاً متعادلاً. وذلك لأنه لا تتمكن جميع الأيونات التي أنتجها الإشعاع في الغاز من الوصول إلى القطب الخاص به وذلك لضعف المجال الكهربي الناتج ومن ثم ستتمكن بعضها من إعادة الالتحام مع بعضها البعض (الأيونات الموجبة والإلكترونات) وتكون ذرات وجزيئات مرة أخرى. وكلما زاد فرق الجهد (V) يزيد عدد الأيونات التي تصل إلى الكاثود ويزيد عدد الإلكترونات التي تصل إلي الأنود.

ويتناسب معدل إعادة الالتحام تناسباً طردياً مع شدة كل من الإلكترونات n_{-} والأيونات n_{+} وتكون العلاقة هي:

$$\frac{dn_{+}}{dt} = \frac{dn_{-}}{dt} = \alpha n_{+} n_{-} \qquad (٨-١)$$

حيث α ثابت معامل إعادة الالتحام وتتراوح قيمته للهواء بين $10^{-7}, 10^{-10}$ وذلك عندما تكون الشحنات السالبة والموجبة موزعة توزيعاً متجانساً. وإذا كانت الشحنات تتركز في منطقة معينة يزيد معامل إعادة الالتحام زيادة كبيرة.

٢- ظاهرة سرعة الانجراف (الانسياق) Drift Motion

وحيث أن الإلكترونات أقل وزناً من الأيونات الموجبة فسوف تتحرك بسرعة أكبر من سرعة الأيونات وتكون المحصلة العامة لحركة الأيونات الموجبة في اتجاه خطوط المجال الكهربي أي أن هناك محصلة لسرعة الانجراف (الانسياق) Drift Velocity في اتجاه المجال ، حيث تتناسب هذه السرعة (v) مع شدة المجال الكهربي (E) وعكسياً مع ضغط الغاز (P) وينتج أن:

$$v = \mu \frac{E}{P} \qquad (٨-٢)$$

وتعرف μ بالحركية (mobility) وهي تتوقف علي نوع الغاز، شدة المجال الكهربي وضغط الغاز. وتكون μ صغيرة عندما تكون $\frac{E}{P}$ صغيرة، ولكنها تصبح ثابتة عندما تكون $\frac{E}{P}$ كبيرة.

٣- ظاهرة الالتصاق (Attachment)

هي ظاهرة تحدث أثناء حركة الإلكترونات والأيونات في الغاز تسمي ظاهرة الالتصاق (Attachment) وهي تحدث عند تصادم الإلكترون الحر مع جزيء متعادل أو ذرة من جزيئات الغاز يمكن أن يلتصق هذا الإلكترون مع الجزيء المتعادل أو الذرة ويتكون جزي سالب. ويعرف معامل الالتصاق (h) بأنه عبارة عن احتمال حدوث الالتصاق عند تصادم إلكترون واحد بجزيء متعادل. ويعتمد هذا المعامل علي نوع الغاز وتصل قيمته بالنسبة للأكسجين وبخار الماء والغازات الهالوجينية الأخرى إلي حوالي 10^{-3}. ويؤدي الالتصاق إلي فقد الإلكترونات الحرة من مجموعة الإلكترونات الناتجة عن التأين، ولذلك يجب عدم استخدام الغازات الهالوجينية أو الأكسجين أو بخار الماء في بعض الكواشف الغازية.

obeikandl.com

٨-٢ حركة التيار الإلكتروني والأيوني في الغازات

عند مرور الإشعاعات في الغاز تتكون أزواج إلكترونية- أيونية، وتكون كل من الإلكترونات والأيونات حرة الحركة. ونتيجة لهذه الحركة يتصادم كل منها مع جزيئات الغاز الذي تتحرك فيه. ويتناسب متوسط المسار الحر(متوسط المسافة التي يتحركها الجسيم دون تصادم) للإلكترونات أو الأيونات في الغاز المعين تناسباً عكسياً مع عدد جزيئات الغاز في وحدة الحجوم. ويبلغ متوسط المسار الحرفي الظروف القياسية للضغط والحرارة حوالي 10^{-4} ◘ 10^{-5}. ونتيجة لحركة الإلكترونات والأيونات في الغازات يتولد تياراً كهربياً شدته I ◘ I_+ ◘ I_- حيث I_+ شدة التيار الأيوني، I_- شدة التيار الإلكتروني. وتنتشر كل من الإلكترونات والأيونات بسبب ظاهرة الانتشار (Diffusion) من الوسط الأكثر تركيزاً إلي الوسط الأقل تركيزاً. ويكون لهذا الانتشار تيار كهربي للأيونات شدته:

$$I_{D_+} = -eD_+ \frac{dn_+}{dx} \qquad (٨-٣)$$

وتكون شدته للإلكترونات هي:

$$I_{D-} = +eD_- \frac{dn_-}{dx} \qquad (٨-٤)$$

حيث D_+ معامل انتشار الأيونات ، D_- معامل انتشار الإلكترونات، $\frac{dn_-}{dx}$ معدل تغير شدة الأيونات مع تغير المسافة، $\frac{dn_+}{dx}$ معدل تغير شدة الإلكترونات مع تغير المسافة. وفي حالة وجود مجال كهربي شدته E تتحرك كل من الأيونات والإلكترونات حركة انسياقية تحت تأثير المجال بالإضافة إلي حركة الانتشار ويكون التيار الكهربي للأيونات هو:

$$I_{E_+} = +en_+v_+ \qquad (٨-٥)$$

وللإلكترونات هو:

$$I_{E} = en_{e}v_{e} \qquad (٨-٦)$$

حيث v_{e} هي السرعة الانسياقية للأيونات، v_{e} هي السرعة الانسياقية للإلكترونات. وبذلك يكون شدة التيار الكلي الناتج عن الانتشار والمجال الكهربي هو:

$$I = I_{D_{e}} + I_{D_{e}} + I_{E_{e}} + I_{E_{e}} \qquad (٨-٧)$$

٨-٣ أنواع الكواشف الإشعاعية

يقوم عمل الكاشف الإشعاعي بشكل عام علي مبدأ الأثر المؤين للإشعاع في المادة المار فيها والتي تكون محصلته النهائية تحول طاقته إلي أزواج إلكترونية-أيونية أي شحنات كهربية (تيار كهربي) . وعند قياس هذه الشحنات الكهربية، يمكن الكشف عن هذه الإشعاعات. ومن المعلوم أن مادة الوسط المار فيها الإشعاعات تلعب دوراً هاماً في الكشف عنها، لذلك يمكن تقسيم الكواشف الإشعاعية إلي عدة أنواع منها:

١- الكواشف الغازية Gas Detectors

غرفة التأين- العداد التناسبي- عداد جايجر-موللر- الغرفة السحابية

٢- الكواشف الوميضية Scintillation Detectors

أنبوب التضاعف الفوتوني

٣- الكواشف شبه الموصلة Semiconductor Detectors

كواشف السليكون- كواشف الجرمانيوم- ليثيوم- العداد الشراري- كواشف تشيرنكوف- كواشف المستحلب النووي

وسنركز في هذا الباب علي الكواشف الغازية.

٨-٤ الكواشف الغازية Gas Detectors

الكواشف الغازية بصورة عامة تتركب من اسطوانة تحتوي علي غاز له خواص وضغط معين يتناسب مع نوع الإشعاع المطلوب الكشف عنه (حسب نوع الكاشف وجهد تشغيله) كما يوضع على طول محورها سلكا

openkanal.com

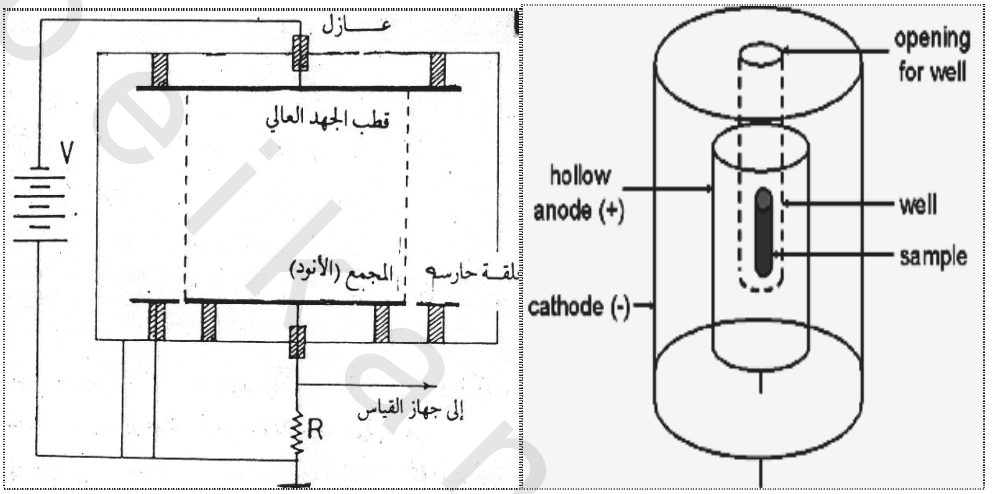
معدنيا يوضع عليه جهد موجب وبذلك يعتبر المصعد (الأنود) للجهاز. والجدار الخارجي للأسطوانة يعتبر الكاثود (المهبط) ويوضع عليه جهد سالب أو يوصل إلى الأرض. فعندما يسقط الإشعاع على الكاشف فإنه يعمل على تأيين جزيئات الغاز إلى أيونات موجبة تتجه ناحية الكاثود وإلكترونات سالبة تتجه ناحية الأنود وذلك تحت تأثير المجال الكهربي الناتج عن جهد البطارية. وعندما تصل كل من الأيونات والإلكترونات إلى الإلكترودين ينتج تيار كهربي يعرف بتيار التأين في الدائرة الخارجية حيث يمكن تسجيله بطرق عديدة. ويعتمد عدد الأيونات التي تصل إلى الألكترودين على كل من تصميم الحيز الذي يحوي الغاز، طبيعة ونوع الغاز المملوء به وفرق الجهد المؤثر.

٨-٥ غرفة التأين Ionization Chamber

تتركب غرفة التأين من قطبين معدنيين على شكل ألواح مستوية موصلين بطرفي مصدر جهد عالي. ويوضع القطبان داخل أنبوبة مفرغة من الهواء الجوي وتملأ بغاز معين تحت ضغط معين كما في شكل (١-٨). ويعرف القطب المتصل بجهاز قياس التيار بالأنود. والقطب الأخر يكون تحت تأثير الجهد العالي. ويثبت القطبان بمواد عازلة كهربياً في الأنبوبة الخارجية. ويستخدم في كثير من غرف التأين حلقتان حارستان ويجب أن يكون الجهد لهما قريباً من جهد المجمع. والغرض من الحلقتين هو جعل خطوط المجال الكهربي بالقرب من أطراف القطب المجمع تكون مستقيمة وموازية للخطوط التي في الوسط. ويؤدي ذلك إلي تحديد حجم الغرفة التي تجمع منها الشحنات الكهربية تحديداً دقيقاً ويعرف هذا بالحجم الفعال للغرفة. وعند مرور الإشعاعات بين قطبي الغرفة يتأين الغاز وتتجمع الشحنات الناتجة عن التأين داخل الحجم الفعال علي المجمع بينما الأيونات والإلكترونات المتكونة خارج هذا الحجم تتجمع علي الحافات

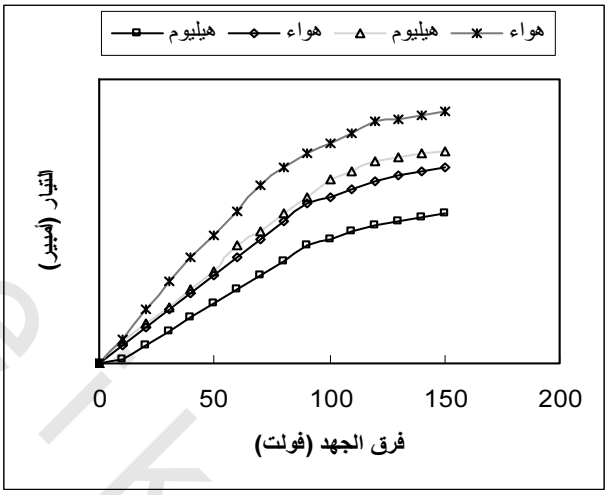
الحارسة ومنها إلي الأرض. وعند إهمال الانتشار وإعادة الالتحام يكون التيار الناتج هو:

$$I_s = e\int N_0(x)dx \qquad (٨-٨)$$



شكل (١-٨) غرفة التأين ذات قطبين مستويين

حيث $N_0(x)$ هو عدد الأزواج المتكونة في وحدة الحجم في الثانية الواحدة. وتعني هذه العلاقة أن الشحنات الناتجة عن التأين تتجمع بالكامل علي المجمع ويعرف التيار في هذه الحالة بتيار التشبع. شكل (٢-٨) يوضح المنحني المميز لغرفة التأين وهو عبارة عن العلاقة بين فرق الجهد بين القطبين والتيار المتجمع. ومن الشكل سنجد أن هذا المنحني يعتمد علي شكل الغرفة ونوع الغاز المستخدم وضغطه ونوع الإشعاع المار وشدته. ففي حالة الهواء يختلف عنه في حالة البروتونات أو الجسيمات المشحونة الثقيلة لأن أعادة الالتحام يلعب دوراً كبيراً في هذه الحالة لأن التأين النوعي لهذه الجسيمات كبير جداً ولا يحدث التشبع إلا عند جهود أعلي.



شكل (٢-٨) المنحني المميز لغرفة التأين

وتستخدم غرف التأين في الكشف عن الأنواع المختلفة من الإشعاعات ولذلك يتوقف حجم الغرفة وضغط ونوع الغاز بداخلها علي نوع وطاقة هذه الإشعاعات المطلوب الكشف عنها. وتنقسم غرف التأين من حيث الكشف علي الإشعاعات إلي الأتي:

١- غرفة التأين للكشف علي جسيمات ألفا والجسيمات المشحونة الثقيلة لأن قدرتها علي الاختراق ضعيفة ولذلك فإن هذه الجسيمات تمتص كاملة في جدار الغرفة ولا تمر فيها. ولذلك يجب عمل نافذة تمر منها الأشعة إلي الغرفة وتصنع هذه النافذة من مواد خفيفة مثل البريليوم أو المواد العضوية الخفيفة وتكون علي شكل غشاء رقيق حتى لا يمتص جزءاً كبيراً من الإشعاعات. ويستخدم هذا النوع من الغرف في الكشف عن جسيمات ألفا وتتميز هذه الغرف بالحساسية الشديدة للأشعة ويمكنها الكشف عن أقل تلوث يحدث ولا يزيد نشاطه عن جسيم واحد في الدقيقة.

٢- غرفة التأين للكشف علي جسيمات بيتا لأن قدرتها علي الاختراق كبيرة عن جسيمات ألفا وتصل مداها في الهواء إلي عدة أمتار، ولذلك يجب أن يكون ضغط الغاز داخل الغرفة كبيراً حتى تتوقف هذه الجسيمات داخل الغرفة. ولذلك يجب أن تكون النافذة التي تمر منها الأشعة إلي الغرفة ذات سمك أكبر لتتحمل فرق الضغط داخل الغرفة وخارجها.

٣- غرفة التأين للكشف علي أشعة جاما لأن قدرتها علي الاختراق كبيرة جداً وتصل مداها في اختراق عدة سنتيمترات من الرصاص ، ولذلك لا يلزم وجود نافذة تمر منها هذه الأشعة. ويبطن السطح الداخلي للغرفة بطبقة رقيقة من الرصاص ليزيد من احتمال حدوث واحدة من عمليات تفاعل جاما مع المادة وهي التأثير الكهروضوئي و تشتت كومبتون وتكوين الأزواج لكي ينطلق إلكترون إلي داخل الغاز ويحدث عملية التأين. ومن المعروف أن جزء قليل من أشعة جاما يؤدي إلي انطلاق إلكترونات تحدث التأين والجزء الأكبر يمر من الغرفة دون أن يترك أي أثر ولذلك تتميز جميع كواشف إشعاعات جاما بمعامل يعرف بكفاءة الكاشف وهو عبارة عن نسبة عدد الإشعاعات المسجلة في الكاشف إلي العدد الكلي للإشعاعات الساقطة علية. وتتناسب كفاءة غرفة التأين مع حجم الغرفة ونوع الغاز المستخدم وضغطه وعلي نوع المادة المبطنة للغرفة.

٤- غرفة التأين للكشف علي النيوترونات، وعند مرور النيوترونات في المادة لا ينتج عنها أي تأين لأنها غير مشحونة ولذلك يوضع داخل الكاشف النيوتروني مادة معينة يمكن أن ينطلق منها بروتونات أو جسيمات ألفا. ويستخدم في العديد من غرف التأين الخاصة بالكشف علي النيوترونات غاز ثالث فلوريد البورون BF_3. فعند سقوط

النيوترونات علي هذا الغاز يتفاعل مع البورون وينتج عنه جسيمات ألفا طبقاً للتفاعل الأتي: $n + {}^{10}_{5}B \rightarrow {}^{7}_{3}Li + \alpha$ ويقوم جسيم ألفا بتأيين الغاز. وتكون كفاءة الكاشف النيوتروني صغيرة وتتوقف علي طاقة النيوترونات وكثافة الغاز وحجم الغرفة. ولا تستخدم نوافذ في الكواشف النيوترونية بسبب قدرة النيوترون علي اختراق جدار الغرفة.

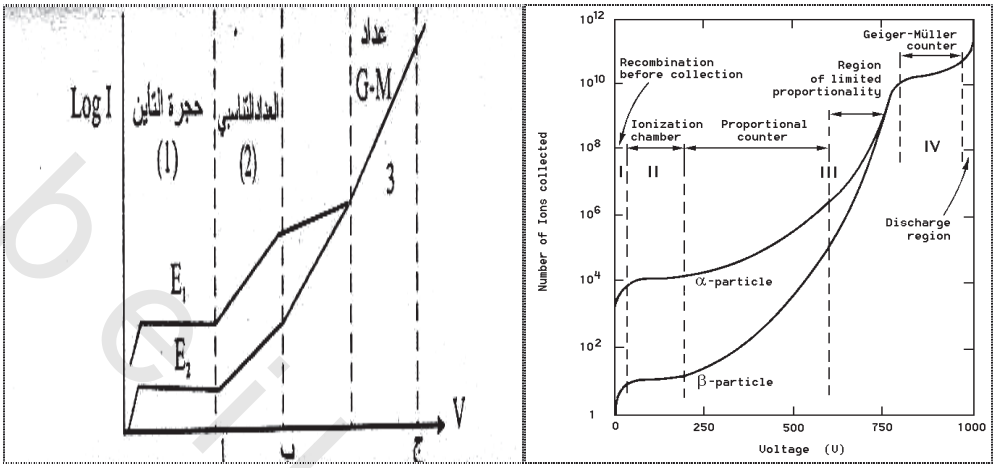
٨-٦ العدادات التناسبية Proportional Counters

عند زيادة فرق الجهد بين قطبي غرفة التأين إلي قيم أعلي من تيار التشبع يبدأ العداد في العمل كعداد تناسبي. ويرجع السبب في ذلك إلي أن الإلكترونات الناتجة من التأين وبسبب تأثير فرق الجهد تكتسب طاقة حركة تتناسب مع قيمة ذلك الفرق في الجهد الذي تمر منه. وعند زيادة فرق الجهد تزيد الطاقة التي تكتسبها الإلكترونات فتكون قادرة علي تأيين ذرات جديدة من الغاز، وبالتالي تتكون مجمعة ثانوية من الأزواج الإلكترونية- الأيونية بالإضافة إلي المجموعة الأولي التي نتجت بسبب الإشعاع النووي. وتستمر هذه العملية وتؤدي إلي مضاعفة عدد الإلكترونات. وكذلك عند تصادم الإلكترونات المعجلة مع جزيئات الغاز يمكن أن تنطلق فوتونات عبارة عن أشعة سينية نتيجة لإثارة الجزيئات عند التصادم وبالتالي تؤدي هذه الفوتونات إلي خروج عدد أخر من الإلكترونات من جزئيات الغاز بسبب صغر جهد التأين لها وبالتالي تنتشر عملية التأين في الحجم الكلي للغاز ويحدث ما يشبه التفريغ الكهربي للغاز ويمكن حساب معامل التضاعف M من المعادلة الآتية:

$$M = \frac{n}{1 - n\alpha} \qquad (٨-٩)$$

حيث α هو احتمال تكوين إلكترون كهروضوئي بواسطة الإلكترون الواحد، n هو عدد الإلكترونات الثانوية الناتجة من تصادم إلكترون واحد بالذرات،

n هو عدد الإلكترونات الكهروضوئية الناتجة من الإلكترون الثانوي. ثم يتضاعف هذا العدد بسبب التصادمات ويكون متوالية هندسية عبارة عن مجموع هذه الأعداد وهي (n^2, n^2) من الإلكترونات الكهروضوئية. ومن المعادلة (٩-٨) نستنتج أن معامل التضاعف M هو عدد مرات تضاعف الإلكترونات الابتدائية الناتجة عن الجسم النووي ذاته. فإذا كانت n فيصبح معامل تضاعف العداد مساوياً M ويكون التضاعف ناتجاً عن التأين الثانوي فقط ولا تكون للفوتونات دوراً أساسياً في التأين، ويمكن اعتبار أن قيمة تساوي صفر. ويسمي العداد في هذه الحالة بالعداد التناسبي نظراً لأن العدد الكلي للإلكترونات الثانوية يتناسب مع عدد الإلكترونات الابتدائية الناتجة عن الجسيم النووي. شكل (٣-٨) يبين العلاقة بين الجهد والتيار لنفس نوع الإشعاع في العدادات الثلاثة وهي غرفة التأين، والعداد التناسبي، وعداد جايجر- ميولر. من الشكل نري أن المنطقة ١ هي التي تعمل فيها غرفة التأين. وعند زيادة الفرق في الجهد بين القطبين فيما بعد عتبة التشبع يبدأ العمل كعداد تناسبي. من الشكل نلاحظ أن المنطقة ٢ التي يعمل فيها العداد التناسبي يزيد التيار زيادة كبيرة مع زيادة فرق الجهد وعلي من هذه الزيادة في التيار فإنه يكون متناسباً مع عدد الأزواج الإلكترونية الأيونية الناتجة عن الجسيمات النووية وبالتالي يكون متناسباً مع طاقة هذه الجسيمات. فعند دخول جسيمين لهما طاقتين مختلفتين هما $E_1, E_2 (E_1 \neq E_2)$ فسينتج عنهما تياران مختلفان سواء في منطقة غرفة التأين أو في منطقة العداد التناسبي وبذلك يمكن الفصل بينهما. وفي نهاية منطقة العداد التناسبي يصبح من الصعب تمييز الطاقات المختلفة. ويتركب العداد التناسبي كما في شكل (٤-٨) غالباً من اسطوانة يمر بها سلك في المنتصف علي طول محورها ويعتبر هو المجمع أو الأنود ويوصل بالقطب الموجب لمصعد الجهد الكهربي. أما جسم الاسطوانة فيوصل بالأرض أي بالقطب السالب لمصدر

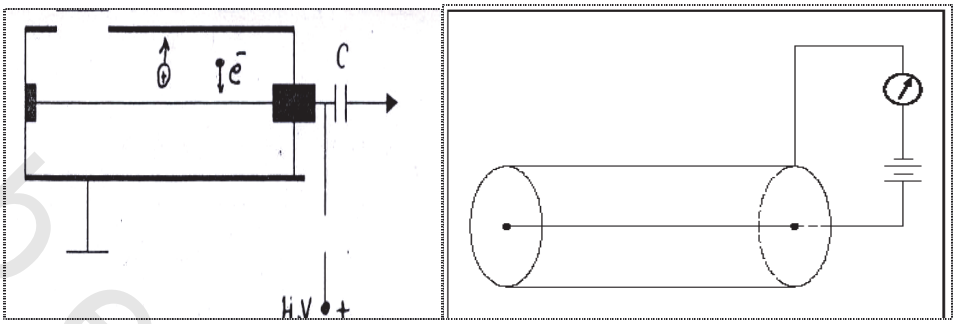


شكل (٣-٨) يبين العلاقة بين الجهد والتيار لنفس نوع الإشعاع في العدادات الثلاثة

الجهد الكهربي ويعتبر الكاثود. وأحياناً توجد نافذة حسب نوع الإشعاع الداخل فيمكن أن تكون علي جدار الأسطوانة. والدائرة الخارجية التي توصل بها الأسطوانة بها مكثف C ليمنع وصول الجهد المستمر من مصدر الجهد الكهربي إلي جهاز القياس. ويمكن حساب شدة المجال الكهربي E في أي نقطة بداخل الاسطوانة وتبعد مسافة r عن محورها من العلاقة الآتية:

$$E = \frac{V}{r \ln(b/a)} \qquad (٨-١٠)$$

حيث V هو جهد الأنود، b هو نصف القطر الداخلي للاسطوانة، a هو نصف قطر السلك المحوري. ويحدث التأين الثانوي بالقرب من سلك الأنود. ولو تكونت الإلكترونات الابتدائية بعيداً عن الأنود فإنها تتحرك أولاً بسبب المجال في اتجاه الأنود ثم تبدأ مراحل التأين الثانوي عند اقترابها منه. والعدادات التناسبية تستخدم أساساً النظام النبضي وتنتج النبضة عن المركبة الأيونية وليس عن المركبة الإلكترونية للتيار.



شكل (٤-٨)العداد التناسبي

والسبب في ذلك هو تكون الأيونات الناتجة عن التأين بالقرب من الأنود. وعند وصول الإلكترونات السريعة إلي الأنود تكون الأيونات الموجبة ما زالت قريبة منه فتعادل أثر الإلكترونات علي جهد الأنود. وحيث أن التأين الثانوي يحدث أساساً بالقرب من الأنود فإن معامل التضاعف M يكون كبيراً ولا يعتمد جهد النبضة علي مكان مرور الجسيمات النووية في العداد. ويلاحظ دائماً أن جهد النبضة يزيد بسرعة في البداية ثم يقل ثم تزيد ببطء إلي أن يصل جهدها إلي أقصي قيمة له. ويمكن أن تستمر عند هذه القيمة فترة قد تصل إلي ١ ميلي ثانية وخلال هذه الفترة يكون العداد غير مستعد لاستقبال أي جسيم أخر وتسجيله. ويسمي هذا بالزمن الميت أو بزمن التأخير(Dead or Delay time) ويحدث هذا التأخير نتيجة عن زمن مرور الإلكترونات الأولية من مكان تكونها داخل العداد إلي أن تقترب من الأنود وبالتالي يعتمد الزمن علي مكان مرور الجسيم النووي. ويمكن تقليل هذه الفترة الزمنية باستخدام دوائر معينة لهذا الغرض وتكون غالباً مكونة من مقاومة ومكثف عند مخرج العداد.

ومن المشاكل التي تواجه العداد التناسبي هو أن القدرة التحليلية للطاقات تكون أقل من مثيلتها في غرف التأين وتبلغ قيمة القدرة

التحليلية للعداد التناسبي حوالي ١٠ -٣٠ %. وكذلك اعتماد معامل التضاعف في العداد التناسبي علي الجهد مما يسبب اختلاف جهد النبضة الخارجة عند حدوث تغير طفيف في جهد المصدر ولذلك يجب استخدام مثبت التيار الكهربي.

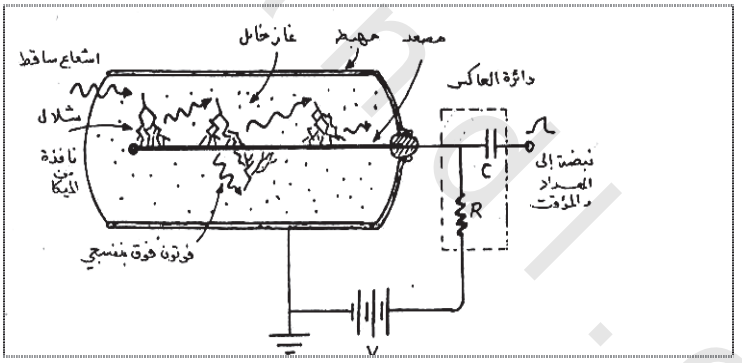
٨-٧ عدادات جايجر- موللر :Geiger – Muller Counter

عند زيادة الجهد بين قطبي العداد التناسبي يعمل هذا العداد في قطاع جايجر كما في شكل (٣-٨). ويزيد معامل التضاعف M زيادة هائلة وبالتالي يزيد التيار زيادة طارئة. ويرجع السبب في ذلك إلي زيادة احتمال انطلاق الفوتونات فوق البنفسجية عند تصادم الإلكترونات بجزيئات الغاز وتكوين إلكترونات كهروضوئية أي زيادة قيمة احتمال γ.وعند الجهود العالية تصبح هذه الفوتونات هي المسئولة عن الإلكترونات الثانوية. وينتشر التأين الثانوي في جميع أنحاء العداد وبالتالي يصل العداد إلي حالة التفريغ الكهربي وينتج عن ذلك تيار كبير للغاية دون النظر لعداد الإلكترونات الأولية ويعرف العداد في هذه الحالة وعند هذا الجهد باسم عداد جايجر- موللر. وعند النظر إلي العلاقة (٨-٩) نلاحظ أن هذا الأمر يتحقق عندما تصبح قيمة $n\gamma \gg 1$ وعندئذ يصبح معامل التضاعف يساوي ما لانهاية أي:

$$M \to \frac{n}{1 - n\gamma} \to \infty \qquad (٨-١٠)$$

وفي هذه الحالة فإن جهد النبض لم يتوقف علي عدد الإلكترونات الأولية الناتجة عن الجسيم النووي ويكفي تكوين زوج واحد إلكتروني – أيوني لبدء عملية التفريغ وظهور جهد النبضة. وبالتالي فإن جهد النبضة لا يتوقف علي طاقة الجسيم النووي المسبب لها، ولذلك لا يستخدم عداد جايجر- موللر لتحديد طاقة الجسيمات النووية ويستخدم فقط لتسجيل عدد هذه الجسيمات دون النظر إلي طاقاتها. ويتركب عداد جايجر-

موللر كما في الشكل (٥-٨) من اسطوانة معدنية هي المهبط ويغطي سطحها الداخلي بالجرافيت أو الكربون وذلك لضمان انتظام توزيع المجال الكهربي داخل الجهاز وتملأ هذه الأسطوانة بغاز مناسب يتكون غالبا من خليط من غاز الأرجون الخامل (حوالي 90%) بالإضافة إلى غازات عديدة الذرات (Polyatomic) مثل الكحول الإيثيلي أو الكلور بنسبة تمثل أقل من 10% من الخليط وتحفظ هذه الغازات تحت ضغط يقدر بحوالي 200 ميليمتر زئبق. أما المصعد فعبارة عن سلك دقيق من التنجستن وذلك للحصول على مجال كهربي عالي بالقرب منه لأن شدة المجال تتناسب عكسيا مع مساحة مقطع السلك ويزود عداد جايجر عادة بنافذة رقيقة من الميكا عندما يراد استخدامه للكشف عن جسيمات α أو جسيمات β وتستخدم عموما هذه العدادات كأجهزة مسح إشعاعي لمراقبة التلوث بالإشعاع وكذلك للكشف عن المعادن.



شكل (٥-٨) عداد جيجر ـ موللر

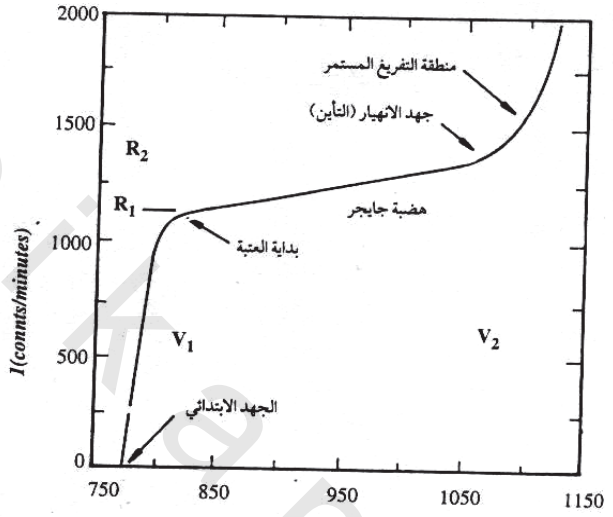
وعند سقوط الإشعاع على العداد تنتج الأيونات وتتجه الإلكترونات نحو المصعد وحيث أن شدة المجال الكهربي ستكون كبيرة فإنه ينتج عن حركة الإلكترونات انطلاق شلالات منها نحو المصعد وعلى طول محور الأنبوبة وعند وصولها جميعاً إلى المصعد تنتج نبضه كهربية ذات سعة كبيرة تبلغ حوالي فولت واحد وفي واقع الأمر تمثل هذه النبضة كمية كبيرة من الشحنات الكهربية المتجمعة على المهبط والمصعد تبلغ حوالي

(10^9 ◘ 10^{10}) زوجاً من هذه الأيونات ونتيجة لتولد تلك النبضة الكبيرة فإن ذلك يعني تبسيطا كبيرا في الإلكترونات المرافقة للجهاز لأنه لا نحتاج هنا إلى المضخم كما في حالة الكاشف التناسبي ، بينما يمكن تمرير النبضة مباشرة إلى العداد والمؤقت ومن ثم التسجيل معدلات العد مباشرة ويتضح ذلك من الشكل (4-8) حيث نجد أننا نوصل فقط مقاومة (R) ومكثف (C) مع العداد فيما يعرف بدائرة العاكس وحيث تنتج نبضة مربعة الشكل تقريبا وموجبة تغذي مباشرة العداد والمؤقت.

زمن التحليل لعداد Resolving Time :

عندما يتم التفريغ الكهربي ووصول الإلكترونات إلى المصعد ينخفض المجال الكهربي حالاً حول المصعد بفعل تأثير الشحنة الموضعية الموجبة حوله ، حيث تعمل على وفق التفريغ وفي هذه الأثناء لا يستطيع الجهاز أن يرى الجسيمات الإشعاعية لأنه إذا حدث ودخل جسم إشعاعي إلى العداد في هذه اللحظة الزمنية فلن يحدث التفريغ ويقال هنا بأن الجهاز خامل أو ميت Dead لأنه غير قادر على الإحساس بالإشعاع وبمرور الوقت تبدأ هذه الشحنات في التحرك بعيدا عن المصعد (نحو المهبط) تاركة الفرصة للمجال الكهربي للنمو حول المصعد من جديد وفي لحظة زمنية معينة تبدأ نبضات صغيرة في الظهور وتعرف الفترة الزمنية التي تمضي بين لحظة التفريغ الكامل وبدء ظهور نبضات صغيرة في الظهور بزمن التحليل Dead Time ويستمر ظهور النبضات الصغيرة التي تتزايد سعاتها باستمرار حتى يعود المجال الكهربي حول المصعد إلى قيمته العظمى الابتدائية وهنا تظهر نبضة كاملة تعبر عن حدوث تفريغ كامل مرة أخرى وتعرف الفترة الزمنية بين بدء ظهور النبضات الصغيرة وظهور النبضة الكاملة بزمن الاسترجاع Recovery Time أما الفترة الزمنية التي تمضي بين ظهور نبضتين كاملتين (تعبران عن تفريغين كاملين متتاليين) فتعرف بزمن التفريغ أو التباين للعداد Resolving

Time . شكل (8-5) يوضح المنحني المميز لعداد جايجر- موللر ويظهر فيه الجهود المختلفة للعداد.



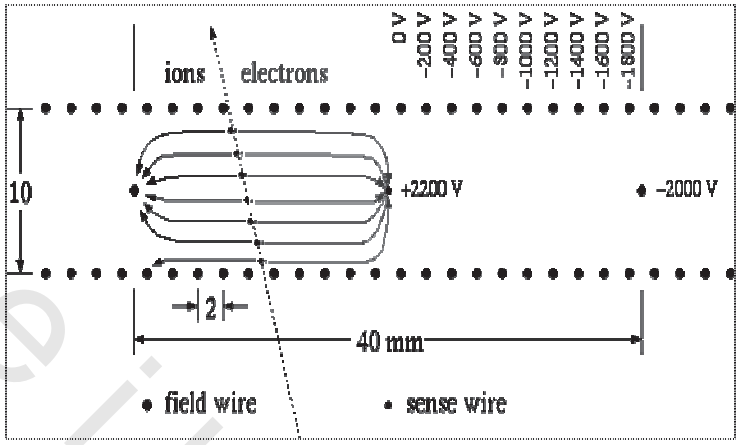
شكل (8-6) يوضح المنحني المميز لعداد جايجر- موللر

وتوجد مشكلة أخرى تسمي الإطفاء تواجه عداد جايجر- موللر وهي إمكانية توليد نبضات مستمرة وزائفة لا تمت للإشعاع بصلة ناتجة عن التفريغات الثانوية.وذلك لأن الأيونات الموجبة ستتعادل مع الالكترونات وينتج عن ذلك انطلاق الفوتونات التي قد تتصادم مع جدار الأنبوبة وينتج عن هذا التصادم انطلاق إلكترونات من الجدار حسب التفاعلات الكهروضوئية،وهنا قد تبدأ هذه الإلكترونات بتكوين شلالات جديدة أو تفريغات ثانوية، وثم تنتج نبضة زائفة،وللتخلص من ذلك يجب إطفاء الجهاز قبل استفحال الأمر، ولهذا السبب تضاف الغازات عديدة الذوات التي يمكنها امتصاص هذه الفوتونات قبل أن تبدأ تفريغات ثانوية،كما وأنه ينتج عن تصادم الأيونات الموجبة مع جدار المهبط انطلاق الالكترونات

التي قد تبدأ التفريغ الثانوي.فإذا أضفنا الغاز العديد الذرات كالكلور أو الكحول الإثيلي الكاشف فإنها تستطيع أن تزود أيونات الأرجون الموجبة بالإلكترونات ومن ثم تتعادل الأخيرة قبل وصولها إلى المهبط،أما أيونات الكحول فسوف تتحرك ببطء نحو جدران الكاشف حيث تنزع إلكترونات من هناك وتتعادل كما ويمكن أن تستخدم طاقتها الزائدة في تفكيك المزيد من جزئيات الكحول بدلاً من إنتاج المزيد من الإلكترونات التي قد تسبب التفريغات الثانوية.

٨-٨ حجرة التدفق Drift Chamber

تتركب الحجرة كما بالشكل (٧-٨) من مجموعة من الأسلاك الدقيقة بقطر يساوي حوالي 4×10^{-4} cm يوضع عليها جهد موجب وتكون هي المصعد (الأنود). وتوجد مجموعة أخرى من الأسلاك الأكثر سمكاً بقطر قدره حوالي ٠,٠٠١ cm ويوضع عليها جهد سالب وتكون هي المهبط (الكاثود) وتوجد مجموعة من الأسلاك تعرف بأسلاك المجال Field wires قطر كل منها حوالي ٠,٠٠١ cm التي تستخدم لتنظيم خطوط المجال. وترتب هذه الأسلاك جميعاً بحيث تقع في اتجاه المجال المغناطيسي. وترتب أسلاك المصعد والمجال في مستويات أفقية يفصلها عن بعضها مسافة قدرها حوالي 1.2 cm . وعندما يمر جسيم مشحون وليكن الميزون وأثناء مروره فإنه تنتج أيونات وإلكترونات حيث تتجه الأخيرة نحو المصعد وعند وصولها إليه تنتج نبضة كهربية. وبقياس الفترة الزمنية التي مضت منذ مرور الميزون (وكشف عنها كاشف الوميض) حتى وصول الإلكترون إلى المصعد فإنه يمكننا تعيين الموضع الذي دخل عنده الميزون الكاشف.

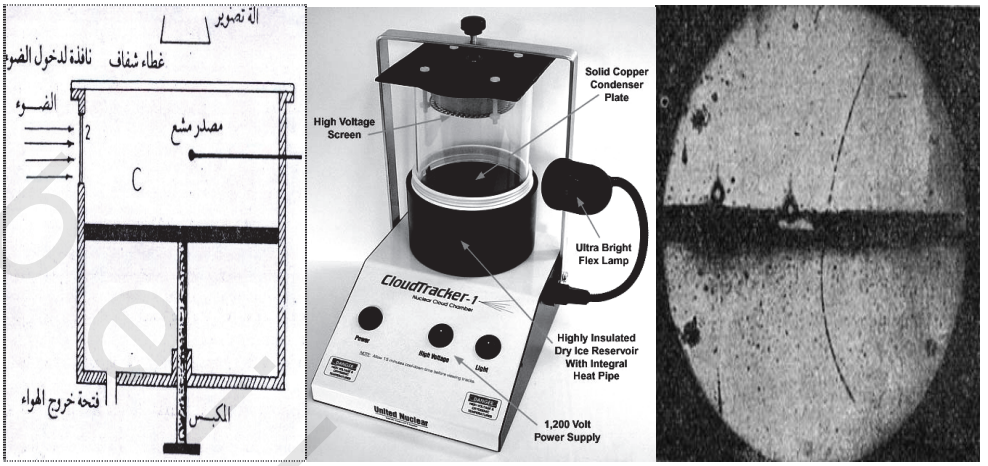


شكل (٧-٨) تركيب حجيرة التدفق

و يستخدم هذا الجهاز لقياس الموضع بدقة كبيرة تصل إلى حوالي 0.01 mm . ويمكن قياس هذا الزمن باستخدام المذبذب Oscillator. كما يمكن ترتيب مجموعة الأسلاك في مستويين متعامدين ومن ثم يمكن قياس الزمن في الأبعاد الثلاثة وبالتالي نستطيع تكوين صورة ثلاثية الأبعاد لتفاعلات الأجسام عند مرورها في الحجرة.

٨-٩ الغرفة السحابية Cloud Chamber

استخدم ويلسون لأول مرة عام ١٩١٢م الغرفة السحابية للكشف علي الجسيمات المشحونة بالرؤية المباشرة وتعتبر من أقدم الوسائل للكشف عن هذه الجسيمات المشحونة. شكل (٨-٨) يوضح تركيب الغرفة السحابية حيث يملأ الفراغ الداخلي للغرفة بالهواء النقي تماماً من الغبار والمشبع ببخار الماء عند درجة حرارة الغرفة. وعندما يتحرك المكبس بسرعة إلي أسفل يحدث تمدد مفاجئ لخليط الهواء وبخار الماء مما يؤدي إلي الانخفاض المفاجئ في درجة الخليط ويصبح بخار الماء في حالة ما فوق التشبع.



شكل (٨-٨) تركيب الغرفة السحابية وظهور أثر الجسيمات المشحونة فيها

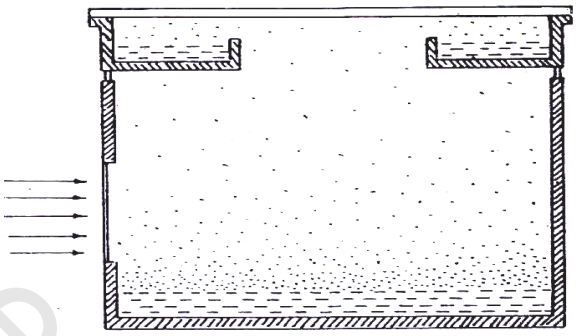
وعندما تمر جسيمات مشحونة وتؤدي إلي تكوين أزواج إلكترونية وأيونية داخل الفراغ الداخلي C يتكثف بخار الماء فوق المشبع علي الأيونات ويظهر أثر لقطرات الماء المتكثفة علي الأيونات علي طول أثر الجسيمات المشحونة ويمكن رؤية هذه القطرات وأثر الجسيم بالعين المجردة أو التصوير عند إدخال ضوء من فتحة جانبية خلال الغطاء الشفاف العلوي للغرفة. وبعد التصوير يعود المكبس إلي وضعه الأصلي، ويتم توصيل جهد الغرفة لسحب الأيونات من داخلها فتكون الغرفة جاهزة لدورة قياسات أخري. ويتم تجهيز الغرفة بأدوات آلية لسحب المكبس وأعادته والتصوير بحيث تتم الدورة كلها وتصبح الغرفة جاهزة آلياً. ويمكن استخدام الغرفة السحابية في تحديد شحنة الجسيم وطاقته. وإذا تعرض الفراغ الداخلي للغرفة بعد التمدد مباشرة لمجال مغناطيسي كثافة الفيض له B ينحرف مسار الجسيمات تحت تأثير المجال المغناطيسي ويصبح المسار عبارة عن جزء من محيط دائرة نصف قطرها R ويكون مسار هذه الجسيمات حسب حركة الجسيمات المشحونة في المجال المغناطيسي من العلاقة:

$$mv = qBR \qquad (٨-١١)$$

حيث m هي كتلة الجسيم النووي، v سرعته، q شحنته. ويحدد اتجاه الانحراف نوع الشحنة ويمكن تحديد طاقة الجسيم من طول الأثر. ومن أهم عيوب الغرفة السحابية هو صغر الزمن الحساس وهو زمن استمرار القطرات المكثفة و يكون حوالي نصف ثانية لأن هذه القطرات تتبخر من جديد بسبب الحرارة الناتجة من خارج الغرفة.

٨-١٠ غرفة الانتشار Diffusion Chamber

بسبب صغر الزمن الحساس للغرفة السحابية فقد تم تطوير غرفة جديدة عام ١٩٣٦م تعرف بغرفة الانتشار كما في شكل (٨-٩). وتتكون الغرفة من وعاءين أحدهما علوي والأخر سفلي. ويملأ الإناء العلوي بسائل مثل الكحول الميثيلي لأن بخاره قابل للتكثف. وتكون درجة حرارة هذا الإناء هي درجة حرارة الغرفة. أما الإناء السفلي فيجب تبريده إلي حوالي ٦٠ درجة مئوية وذلك باستخدام خليط من الكحول الميثيلي وثاني أكسيد الكربون الصلب. ويؤدي ذلك إلي تدرج درجة الحرارة بين الإناء السفلي والعلوي. وعند تبخر السائل الموجود بالإناء العلوي ينتشر هذا البخار إلي أسفل بسبب انخفاض درجة الحرارة عند القاع، ولذلك يكون البخار في حالة ما فوق التشبع في المنطقة السفلي من الغرفة. وعند مرور جسيم مشحون في هذه المنطقة وتتكون الأيونات يتكثف بخار الماء عليها مكوناً قطرات السائل وبالتالي يمكن تصوير أثر الجسيم. ولكي تستعد الغرفة لدورة قياسات جديدة يتم سحب الأيونات من داخلها باستخدام مجال كهربي وتتميز هذه الغرفة بكبر الزمن الحساس ويكون



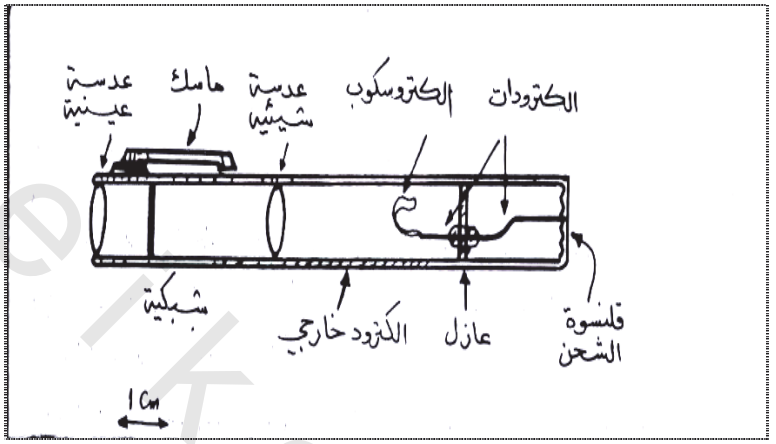
شكل (٩-٨) غرفة الانتشار

حوالي ١٠ ثوان. وتستخدم هذه الغرف لتحليل الجسيمات النووية المشحونة ذات الطاقات العالية، ولذلك يجب أن يكون ضغط الغاز بداخلها كبيراً جداً حتى تقف هذه الجسيمات ذات الطاقة العالية بداخلها.

٨-١١ الكاشف الجيبي Pocket Dosimeter

هو جهاز بسيط في حجم قلم الحبر يضعه العامل في الأماكن الإشعاعية في جيبه ليبين له جرعة الإشعاع الممتصة يوما بيوم وبطريقة بسيطة ومباشرة. ويتركب الجهاز كما بالشكل (١٠-٨) من اسطوانة معدنية تعتبر الكاثود للجهاز أما الأنود فهو عبارة عن سلك قصير تلامسه شعيرات مرنة من الكوارتز تكون في مجموعها الإلكتروسكوب أما الفراغ بين القطبين فيملأ بالهواء. ويتم شحن الكاشف عن طريق إبرة الشحن بواسطة جهد خارجي يقدر بحوالي 200 فولت حيث تتباعد شعيرات الكوارتز عن بعضها البعض نظرا لقوة التنافر بينها. وعند النظر إلى هذه الشعيرات أمام تدرج معين يعاير بحيث يقع الظل عند صفر التدريج. وعندما يتعرض الإنسان للإشعاع وكذلك الجهاز يحدث تأيين للهواء وتنتشر هذه الأيونات لتعادل بعض الشحنات المتراكمة على شعيرات الكوارتز ومن ثم يقل تباعدها عن بعضها وبالتالي يتحرك ظلها على التدريج عندما ينظر إليه من خلال العدسة العينية. ويعتمد هذا التباعد

على كمية الأيونات المتكونة وبالتالي على جرعة الإشعاع الممتصة وهكذا يمكن معايرة الجهاز ليقرأ جرعة تصل إلى 50 رام .



شكل (١٠-٨) الكاشف الجيبي

obeikandl.com