



جامعة بغداد

كلية التربية للعلوم الصرفة / ابن الهيثم

قسم الفيزياء

مختبر الفيزياء النووية للدراسات الاولى

انواع الاشعاعات النووية والكواشف

المستعملة في الكشف عنها

أنواع الإشعاعات النووية

أن الإشعاع النووي له عدة أنواع، وبصفة عامة فإنه يمكن تقسيم الإشعاع إلى قسمين رئيسيين:

الإشعاع المؤين:

سمي بذلك لأن هذا النوع من الإشعاع له القدرة على تأيين الذرات التي يمر خلالها وذلك بإخراج جسيم (أو عدة جسيمات) ذو شحنة معينة من الذرة المتعادلة الشحنة وتبقى بقية الذرة تحمل شحنة معاكسة لهذا الجسيم (أو الجسيمات) المنطلق من الذرة.

الإشعاع الغير مؤين:

ليس لديه المقدرة على تأيين الذرات.

1- جسيم ألفا أو أشعة ألفا

عرفت أشعة ألفا أو جسيمات ألفا عن طريق اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي للعناصر الثقيلة فوق اليورانيوم والبولونيوم.

على الرغم من تسميتها أشعة إلا أنها عبارة عن نواة ذرة الهيليوم وتتكون من بروتونين ونيوترونين، تتحد في داخل النواة بقوة نووية كبيرة، بحيث تعتبر أشد نوايا العناصر استقرارا وتماسكا، ذلك لتكونها من 2 بروتون و 2 نيوترون:

$$\alpha = 2n + 2p \text{ ----(1)}$$

هؤلاء الأربعة يتميزون بأكثر فقد في الكتلة عند اندماجهم لتكوين نواة الهيليوم. ولهذا فجسيم ألفا ينتج كثيرا في التفاعلات النووية حيث ليس من السهل تحلله أو تفككه.

وهو ذو شحنة كهربائية موجبة مقدارها 2 وحدة لاحتوائه على 2 من البروتونات، أي أن شحنتها ضعف شحنة البروتون وبالتالي ضعف شحنة الإلكترون وكتلتها أربعة أمثال كتلة الهيدروجين تقريبا. تتحرك بسرعة كبيرة $10/1$ سرعة الضوء التي تصل إلى 300.000

كيلومتر/ثانية. ونظراً لثقل هذه الجسيمات وانخفاض سرعتها فإنها ذات قوة اختراق ضعيفة مع قدرة ضعيفة على النفاذ، أي أنها لا تنفذ بسهولة خلال الأجسام، ويمكن إيقافها بقطعة من الورق المقوى. وتمتاز أيضاً بقدرة كبيرة على تأيين المواد حيث أن معدل التأين في المواد التي تتخللها جسيمات ألفا تتناسب تناسباً طردياً مع مربع شحنة الجسيم. وعندما تسقط على لوح مغطى بطبقة من كبريتيد الخارصين يحدث وميض يمكن ملاحظته.

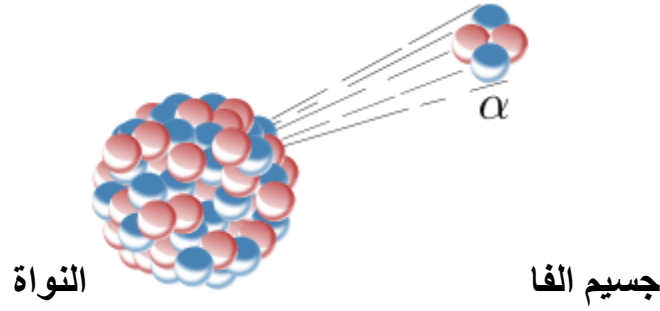
وجسيمات ألفا وهي نواة ذرة الهيليوم-4 تتكون بكميات هائلة في الشمس والنجوم، حيث تندمج أربعة من ذرات الهيدروجين مكونين نواة ذرة الهيليوم-4، وخلال ذلك التفاعل يتحول 2 من البروتونات ليصبحا نيوترونين ويتولد جسيم ألفا. هذا التفاعل الذي يتم في الشمس بمعدل بالغ العظمة هو الذي يعطي الشمس تلك الطاقة الهائلة التي تسمح باستمرار الحياة على الأرض. فبدون تولد الهيليوم من الهيدروجين في الشمس ما وجدت تلك الطاقة الهائلة التي تجعلنا على قيد الحياة.

يحدث انحلال ألفا لأنوية العناصر الثقيلة (الأثقل من الرصاص) بشرط أن تكون غير مستقرة ، وتتميز أنوية تلك العناصر بانخفاض مقدار طاقة الربط النووية ولذلك يحدث لها اضمحلال ذاتي بدون مؤثرات خارجية ، مثال على ذلك:



جسيمات ألفا لا تخترق بعيداً في مادة ويمكن وقفها بسهولة تامة. ولكنها قادرة على كسر الروابط الكيميائية التي يمكن أن تسبب الضرر أو البيولوجية عندما ضربه لاحد لجزيء ما وحجمها وكتلتها هما المسؤولان على ذلك. معظم الضرر لبواعث ألفا إذا ما تناولها الإنسان أو استنشاقها ودخلت إلى الرئتين.

تتفاعل جسيمات ألفا بصورة رئيسية من خلال القوى الكولومية مع الإلكترونات المدارية للذرات المادة.



الشكل (1): انبعاث جسيم الفا من النواة

تمتص جسيمات ألفا بسهولة من قبل المواد فجسيمات الفا المنبعثة من المصادر المشعة يمكن ان تمتص من قبل ورقة او صفيحة من الالمنيوم سمكها (4 mm) او بضع سنتمترات من الهواء .

ان الطريقة الرئيسية التي تفقد بواسطتها الجسيمات المشحونة شحنتها هي تفاعلها مع الكتلونات المادة عن طريق قوى كولوم مسببة التهيج والتأين لذرات المادة، لذلك تستطيع جسيمة ألفا انتاج ازواج ايونية بهذه العملية ، ويعبر عن شدة التأين الذي تسببه جسيمات ألفا بالتأين النوعي *Specific ionization* . ويعرف التأين النوعي بأنه عدد ازواج الايونات لكل وحدة مسار . والشكل ادناه يمثل التأين النوعي كدالة للمسافة التي تقطعها الجسيمة داخل المادة.

ان ما تفقده الجسيمة من طاقة لكل وحدة مسار في بداية دخولها المادة يكون قليلا والتأين النوعي الذي تسببه يكون ثابت المقدار تقريبا ، بينما في نهاية المسار حيث تصبح سرعة الجسيمة قليلة ستزداد احتمالية التصادم فيزداد التأين النوعي عن قيمته الثابتة ، لكنه سرعان ما ينخفض وبشكل سريع للصفر بعد فقدان جسيمة ألفا لكل طاقتها.

2-جسيم بيتا

وهي عبارة عن إلكترون أو بوزيترون ذو سرعة وطاقة عاليتين وينبعث من نوى ذات نشاط إشعاعي مثل البوتاسيوم-40. وجسيمات بيتا المنبعثة هي شكل من الإشعاعات المتأينة وتعرف أيضاً باسم أشعة بيتا. وتسمى عملية إنتاج جسيمات بيتا بتحلل بيتا. ويُرمز لجسيم بيتا بالحرف الإغريقي بيتا (β).

تمتاز جسيمات بيتا بقدرة ضعيفة على تأيين المواد الموجودة في مسارها إلا أن نفاذيتها للمواد ضعيفة نسبياً بحيث أنها تخترق صفيحة من الألمنيوم بسمك 3 ملم. كما يمكن تسريع الإلكترونات في معجل جسيمات فتزيد سرعتها إلى ما يقرب من سرعة الضوء.

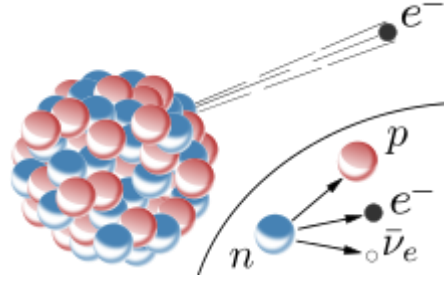
تحللات بيتا الرئيسية :

أ- تحلل β^- انبعاث الإلكترون

عند وجود نواة ذرية غير مستقرة مع فائض من النيوترونات قد يعرضها لتحلل بيتا حيث يتحول النيوترون إلى بروتون وإلكترون وضديد نيوترينو وهو (الجسيم المضاد للنيوترينو) كما في المعادلة:



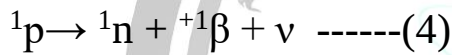
ان نواة الذرة الغير المستقرة والنيوترونات الزائدة تؤدي إلى حدوث اضمحلال بيتا β^- (يسمى الاضمحلال الإلكتروني) حيث يتحول النيوترون إلى بروتون وينتج الإلكترون والأنتي نوترينو (ضديد النيوترينو).



الشكل (2): انبعاث بيتا السالبة β^-

ب- تحليل β^+ (انبعاث البوزترون)

ان نواة الذرة غير المستقرة والبروتونات الزائدة هي التي تؤدي إلى حدوث اضمحلال بيتا β^+ ويسمى بالاضمحلال البوزتروني، تحول البروتون إلى نيوترون وينتج البوزترون و النيوترينو:



ان فقدان الطاقة بالنسبة لجسيمات بيتا خلال مرورها بالمواد تسببها نفس العمليات التي تؤثر على جسيمات الفا ، ولكن بما ان هناك اختلاف كبير في الكتل فان عددا من الفروق المهمة يمكن ملاحظتها وكما يلي:-

1- الالكترونات ، وخاصة تلك التي تنبعث من انحلال بيتا ، تسير بسرعة عالية بسبب صغر كتلتها.

2- عند التصادم مع الكترونات الذرات فان الالكترونات الساقطة تعاني من انحرافات كبيرة ولهذا فانها ستسير بمسار متعرج وليس بخط مستقيم كما هو الحال بالنسبة للجسيمات الفا .

3- اثناء مرور جسيمة بيتا بالقرب من النوى داخل المادة يمكن ان يتعرض الى تعجيلات سريعة ومفاجئة مما يؤدي الى احداث تغيرات في اتجاهه وسرعته وبسبب ذلك يتوجب على الالكترونات التخلص من الطاقة المكتسبة على شكل اشعاعات كهرومغناطيسية تسمى باشعة الكبح (Bremsstrahlung).

3- أشعة كاما

هي أشعة كهرومغناطيسية وهي تحمل أثناء انتشارها مجالين متعامدين، أحدهما كهربائي والآخر مغناطيسي تنبعث على شكل فوتونات (وهي عبارة عن كمات من الطاقة ليس لها كتلة ولها خواص تشبه خواص الضوء العادي) .

ان التحلل بانبعث اشعة كاما هو عملية انبعث اشعة كهرومغناطيسية من النواة عند انتقالها من حالة متهيجة الى حالة اخرى اقل تهيجا او الى الحالة الارضية .

تنتج أيضا من العناصر المشعة مثل اليورانيوم وباقي النظائر المشعة. وهي تنتشر في الفراغ والهواء، بسرعة تساوي سرعة الضوء، ولها طاقة أعلى، وقدرة أكبر على النفاذ من الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وموجاتها قصيرة جداً. وأشعة كاما ذات تأثير ضار جداً على الخلايا الحية، ولولا وجود الغلاف الهوائي حول الأرض الذي يمتص ويشتمت هذه الأشعة ذات التردد الموجي العالي (الطول الموجي القصير) والطاقة الكبيرة، لأنعدمت الحياة على سطح الأرض. لأن أشعة كاما لها قدرة فائقة على النفاذ واختراق الأجسام. وترجع قدرتها على تدمير الخلايا الحية أنها أشعة مؤينة، أي أنها تسبب التأين في المادة، وتأين المادة الحية يعني إضرار قد يؤدي إلى موت الخلية.

• وتعتبر أشعة كاما من أخطر الإشعاعات في المجال الكهرومغناطيسي، إذ أنها تمتلك الطاقة الأعلى بسبب ارتفاع ترددها.

• أما عن استخداماتها، فهي تستخدم في المجالان الطبي والصناعي، ولكن بكميات صغيرة جداً، حيث جرعات الأشعة التي تعطى للمريض محسوبة بدقة كبيرة بحيث تدمر الخلايا السرطانية، وأما خلايا الجسم السليمة فهي تستعيد صحتها بعد فترة نقاهة وتستطيع متابعة سير العمليات الحيوية في الجسم.

وفي العلاج الطبي فتستخدم غالباً لقتل الخلايا السرطانية، وأما في المجال الصناعي فهي تستخدم لتصوير أنابيب البترول لمعرفة جودة الأنابيب وسلامة اللحام، إضافة إلى قتل الجراثيم

في المواد الغذائية المعلبة وتعقيم الحبوب، وبما أنها نتاج للتفاعلات النووية، فإنها دون شك تستخدم في المفاعل والقنابل النووية.

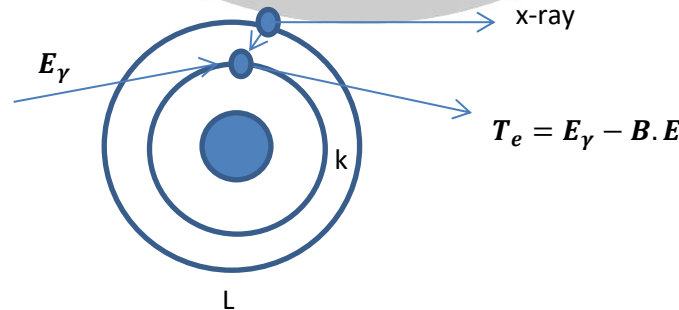
• وكما نعلم فإن خطورة الشيء تكمن في قوته، والتعرض الكثيف لأشعة الشمس التي بالتالي تنتج أشعة غاما إلا أن نسبتها في أشعة الشمس قليل جداً، وخطورة التعرض لإشعاع الشمس يكمن في الأشعة فوق البنفسجية ذات الترددات العالية، والتي قد يؤدي للإصابة المباشرة بسرطان الجلد.

• يعتني الفيزيائيون والعاملون في مجالات استخدام أشعة كاما، بوقاية أنفسهم من التعرض لتلك الأشعة. فهم يستخدمون تلك الأشعة والمواد التي تصدرها من وراء حائل من الرصاص بسماك 1 سم.

الاليات الرئيسية الثلاث التي تستقطب الاهتمام تتمثل بالظاهرة الكهروضوئية واستطارة كومبتون وانتاج الزوج.

1-التأثير الكهروضوئي (Photoelectric effect):-

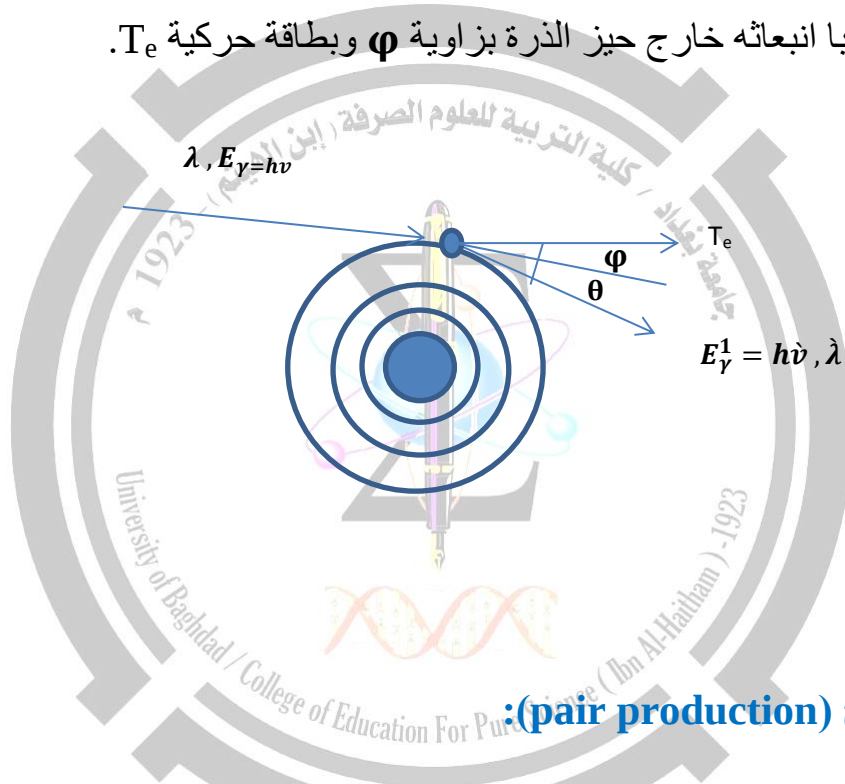
في هذه الظاهرة تمتص طاقة الفوتون (اشعة كاما) الساقط كلياً من قبل الكترون مرتبط بالمدارات الداخلية للذرة ، وبهذا سوف يختفي الفوتون وينفصل الالكترون عن الذرة تاركا اياها ايونا موجبا وكما موضح بالشكل ادناه :



ان احتمالية التفاعل بهذه الظاهرة تتناسب عكسيا مع طاقة الفوتون الساقط وطرديا مع العدد الذري للمادة الماصة حيث ان هذه الظاهرة تسود ضمن طاقات الفوتون الواطئة وللمواد ذي الاعداد الذرية الكبيرة. (التناسب يكون مع Zn حيث $n=3-5$).

2- استطارة كومبتون Compton scattering :-

وهي استطارة تحدث بين الفوتون الساقط والكترونات المدارات الخارجية للذرات اذ تكون تلك الالكترونات ضعيفة الارتباط بالنواة مما يسبب فقدان جزء من طاقة الفوتون حيث تعطى الى الالكترون مسببا انبعائه خارج حيز الذرة بزاوية ϕ وبطاقة حركية T_e .

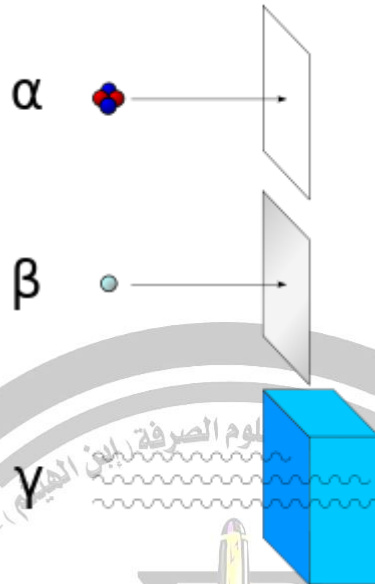


3- انتاج الزوج (pair production):

يمكن للفوتون ان يتحول الى مادة على شكل زوج الكترون – بوزترون . ان مثل هذا التفاعل يحدث بجوار المجال الكولومي للنواة وذلك لكي يكون الزخم الخطي محفوظا بمساعدة النواة التي تأخذ جزءا من زخم الفوتون في عملية التحويل . ان الطاقة السكونية m_0C^2 لكل من الالكترون والبوزترون تساوي 0.511 MeV ، لذلك فان انتاج زوج الكترون – بوزترون يتطلب في الاقل فوتونا طاقته تساوي $2 \times 0.511 = 1.022$ MeV . واي زيادة في طاقة الفوتون عن هذا المقدار تظهر بشكل طاقة حركية للالكترون والبوزترون حيث :-

$$T_{\bar{e}} + T_{e^+} = E_{\gamma} - 1.022 \text{ MeV}$$

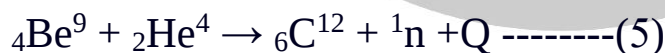
مقارنة بين قدرة أجسام ألفا وبيتا وأشعة كاما على الاختراق



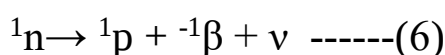
الشكل (3): مقارنة بين قدرة أجسام ألفا وبيتا وأشعة كاما على الاختراق

4- النيوترون

النيوترون جسيم نووي تم اكتشافه من قبل العالم شادويك عام 1932م عندما قذف البيريليوم بجسيمات ألفا الناتجة عن تحلل البولونيوم. فكان الناتج جسيمات جديدة متعادلة الشحنة لم تكن معروفة من قبل أطلق عليها النيوترونات كما في المعادلة التالية:



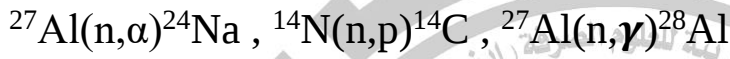
اما كتلة النيوترون تقارب لحد كبير الى كتلة البروتون. النيوترونات تكون متعادلة الشحنة إذ لا قدرة لها على إحداث التأين المباشر. يمتاز النيوترون (الحر) بأنه يتحلل منتجا بروتون وجسيمات بيتا السالبة وضديد النيوتريينو كما في المعادلة التالية:



وقد دلت التجارب على أن عمر النصف للنيوترون تقدر ب 12 دقيقة. وتصنف النيوترونات حسب طاقتها.

ان احتمالية التفاعل بهذه الظاهرة تتناسب مع مربع العدد الذري Z^2 ، حيث تسود هذه الظاهرة ضمن طاقات الفوتون العالية وللمواد ذي الاعداد الذرية الكبيرة .

تمتاز النيوترونات بكونها عديمة الشحنة لذا فقد امتازت النيوترونات بانها لا تعاني من التنافر الكولومي عند اقترابها من النواة مما يعني نفوذها في النواة اسهل من نفوذ الجسيمات المشحونة. ومن تفاعلات النيوترونات:-



ج-التفاعلات النووية الضوئية : (تفاعل اشعة كاما مع النواة) مثل :



ويمكن الحصول على طاقات عالية لاشعة كاما من التفاعلات النووية باستخدام المعجلات، ومن الامثلة على تفاعلات كاما ذلك الذي يتم به تجزئة الديوترون :



ثانيا : طاقة التصادم : اي الطاقة الحركية للذيفة ، حيث تصنف التفاعلات النووية الى:

- 1- تفاعلات حرارية (thermal) $E=0.025 \text{ eV}$
- 2- تفاعلات فوق الحرارية (Epithermal) $E=1 \text{ eV}$
- 3- تفاعلات نيوترونات بطيئة (Slow- neutron) $E \sim 1 \text{ KeV}$
- 4- تفاعلات نيوترونات سريعة (Fast- neutron) $E \sim 0.1 - 10 \text{ MeV}$
- 5- تفاعلات الجسيمات المشحونة البطيئة (low-energy charged) $E \sim 0.1 - 10 \text{ MeV}$
- 6- تفاعلات ذات طاقة عالية (high – energy reactions) $E > 10 \text{ MeV}$

كواشف الاشعاع النووية

تعتبر الإشعاعات النووية التي تصدر من أنوية الذرات من الظواهر الفيزيائية ذات التطبيقات الواسعة في حياتنا المعاصرة ورغم أن هذه الأشعاعات مفيدة إلا أن لها مضر صحية لذلك يجب قياسها وتحديد كمياتها باستخدام الكواشف الاشعاعية .

❖ العوامل التي يتوقف عليها نوع الكاشف المستخدم

- 1- نوع الجسيمات او الاشعاعات المطلوب الكشف عنها (جسيمات مشحونة ثقيلة , جسيمات مشحونة خفيفة , اشعة سينية , اشعة كاما , نيوترونات) .
- 2- طاقة هذه الاشعاعات
- 3- شدة الاشعاعات او كثافة تدفقها

❖ مبدأ الكشف عن الاشعاع

يعتمد مبدأ الكشف عن الاشعاع على طبيعة تفاعل الاشعاع مع المادة . المخطط الاتي يوضح مبدأ الكشف في الكواشف النووية

مبدأ الكشف عن الاشعاع (يعتمد على طبيعة تفاعل الاشعة مع المادة)

تفاعل الاشعة مع المادة بطريقة غير مباشرة

تفاعل الاشعة مع المادة بطريقة مباشرة

(الاشعة السينية , اشعة كاما)

مبدأ الكشف : تفاعل الاشعة التي لاتحمل شحنة مع المادة بثلاث طرق هي الانبعاث الكهروضوئي واستطارة كومبتن وتولد الأزواج وجميعها تؤدي الى تولد إلكترونات ثانوية تؤدي الى تأين ذرات المادة واثارتها وبالتالي توليد الأزواج الايونية .

الجسيمات المتعادلة الشحنة مثل النيوترونات

مبدأ الكشف : تفاعل النيوترونات المتعادلة الشحنة مع المادة فيتححرر من عملية التفاعل جسيمات مشحونة مثل البروتونات او الفا تسمى الجسيمات الثانوية وهذه الجسيمات سوف تعمل على تأين ذرات المادة وبالتالي تولد أزواج إلكترونية - أيونية

(الجسيمات المشحونة)

مبدأ الكشف يعتمد على عملية التأين او الاثارة لذرات المادة التي يسقط عليها الاشعاع فتتولد أزواج الكترونية -أيونية .

المخطط (1) مبدأ الكشف عن الاشعاع في الكواشف النووية

❖ حركة الالكترونات والايونات في الغازات

عند مرور الاشعة المؤينة في الغاز سوف تتكون ازواج الالكترونات -ايونات حركتها عشوائية عند عدم تسليط مجال كهربائي

❖ **الحركة الانسيابية:** عند تسليط مجال كهربائي فان الايونات الموجبة والالكترونات سوف تتحرك حركة انسيابية (اي ان الايونات الموجبة والالكترونات سوف تتسارع تحت تأثير المجال الكهربائي وعندما تصطدم بذرات المادة سوف تفقد كل طاقتها او جزء منها ثم تتسارع من جديد)

❖ **الالتصاق:** هي عملية التصاق الالكترون الحر اثناء حركته في الغاز مع ذرة من ذرات الغاز مكون جزيء سالب.

❖ **اعادة الالتحام:** هي عملية اتحاد الالكترون الحر الحركة مع ايون موجب لتكوين ذرة متعادلة

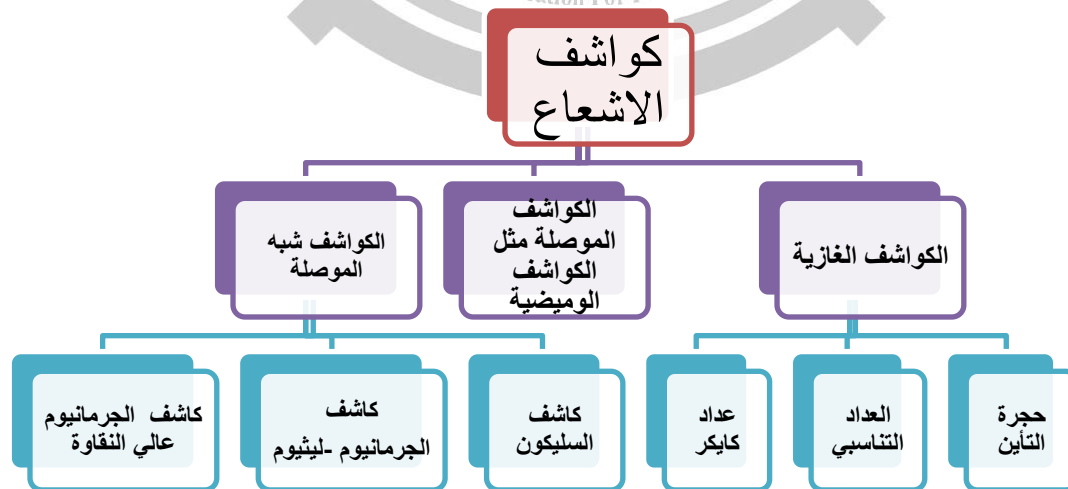
❖ انواع الكواشف النووية :

1- الكواشف الغازية

2- الكواشف الصلبة

3- الكواشف شبة الموصلة

المخطط (2) يوضح انواع الكواشف النووية



المخطط (2) انواع الكواشف النووية

1- الكواشف الغازية:

- **مبدأ عمل الكواشف الغازية:** عند مرور الاشعة المؤينة في الغاز يؤدي الى تأين جزيئات الغاز اي تكون ازواج الكترون -ايون موجب هذا يعني تكون شحنات والشحنات تعني تيار وبذلك نستطيع الكشف عن الاشعاع بقياس مقدار الشحنة او التيار .
- **انواع الكواشف الغازية الرئيسية :** يوجد الكثير من انواع الكواشف الغازية ولكن هنالك ثلاث انواع رئيسية منها هي :

1 - حجرة التأين

2 - العدادات التناسبية

3 - عدادات كايكر -مولر

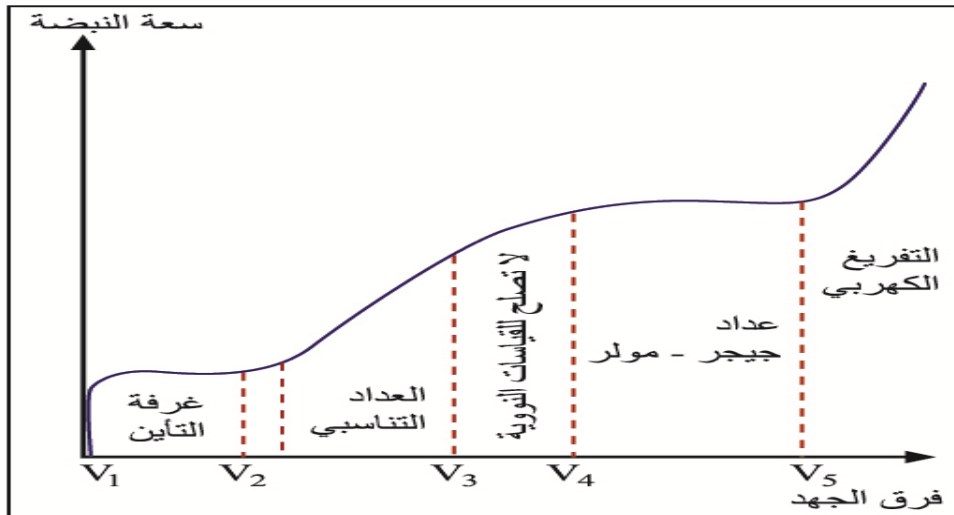
❖ ميكانيكية الكشف عن الاشعاع في الكواشف الغازية

- 1- **المنطقة الاولى ($V_2 - V_1$) :** تحدث في هذه المنطقة عمليات التأين الرئيسية وتنتج الكترونات ابتدائية. ويكون الجهد في هذه المنطقة كافي فقط لمنع حدوث عملية اعادة الالتحام
- 2- **المنطقة الثانية ($V_2 - V_3$) :**
 - أ- يكون فرق الجهد اعلى من جهد حجرة التأين
 - ب- تكتسب الكلكترونات الابتدائية طاقة وتزداد سرعتها فتتصادم مع ذرات اخرى في الغاز مما يؤدي تأينها (ازواج الكترونية -ايونية) تسمى عملية التأين بهذه الحالة بعملية التأين الثانوي وتسمى الكلكترونات الناتجة بالكلكترونات الثانوية. ويزداد اتساع هذه المنطقة بأزدياد طاقة الكلكترونات الابتدائية (الرئيسية) لانها تؤدي الى زيادة الكلكترونات الثانوية وبالتالي زيادة سعة النبضة الناتجة عن الاشعاع ويكون اتساعها بشكل خطي وهذا يعني ان سعة النبضة ضمن هذه المنطقة ينتاسب مع طاقة الشعاع الساقط وبهذه الحالة يسمى العداد بالعداد التناسبي

3- **المنطقة الثالثة** ($V_3 - V_4$): عند ازدياد فرق الجهد عن V_3 سوف يزداد تكبير الغاز نتيجة لتضاعف عدد الالكترونات ولكن العلاقة بين فرق الجهد وسعة النبضة لا يكون خطي تسمى هذه المنطقة بمنطقة التضاعف .

4- **المنطقة الرابعة** ($V_4 - V_5$): عند ازداد فرق الجهد عن V_4 سوف يزداد تكبير الغاز الى اقصى قيمة له ويصبح التأين شامل لجميع ذرات الغاز وتصبح سعة النبضة ثابتة مهما كانت طاقة الشعاع الساقط تسمى هذه المنطقة بعدد كايكر -مولر .

5- **المنطقة الخامسة**: عند ازدياد فرق الجهد بشكل كبير يحدث تفريغ كهربائي لجميع جزيئات الغاز مما يؤدي الى اتلاف العداد تسمى هذه المنطقة بمنطقة التفريغ المستمر .



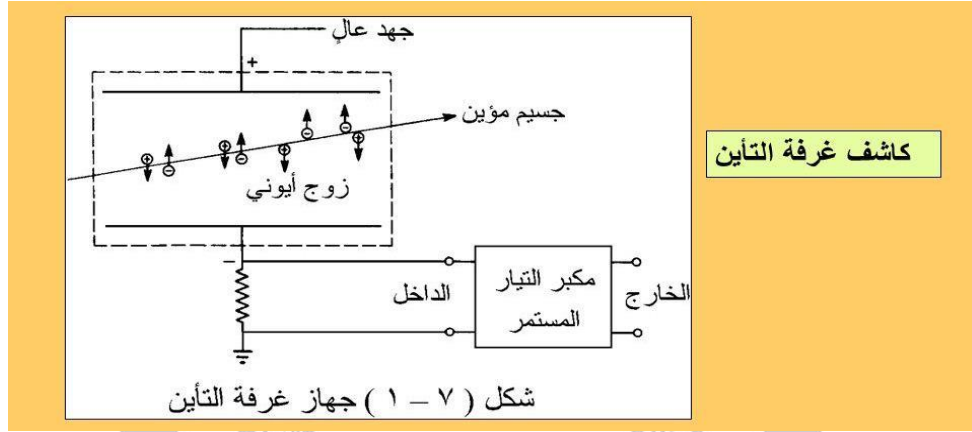
الشكل (1) ميكانيكية الكشف عن الاشعاع في الكواشف الغازية

• **حجرة التأين :**

► **مبدأ العمل** : عند دخول الاشعة المؤينة الى الحجرة سوف تتكون ايونات موجبة وسالبة فالايونات الموجبة تتجه نحو القطب السالب والايونات السالبة تتجه نحو القطب الموجب وسوف يتكون تيار التأين يتم قياسه للكشف عن الاشعاع .

► **تركيب حجرة التأين** : تتكون من قطبين مستويين (اواشكال اخرى) فلزيين موصلين بطرفي مصدر جهد عالي يوضع القطبان في اناء مفرغ من الهواء ويملى بالغاز ولكن اكثر الاحيان يكون الغاز الموجود في الحجرة هواء. القطب الذي يتصل بجهاز

قياس التيار (الاميتر) يسمى المجمع او الانود والقطب الاخر يقع تحت تأثير جهد عالي يسمى قطب الجهد العالي . ويثبت القطبان باستخدام مواد عازلة كهربائيا في الاناء الخارجي للغرفة .



الشكل (2) حجرة التأين

استخدام غرفة التأين للكشف عن الإشعاعات المختلفة

1- جسيمات ألفا والجسيمات المشحونة الثقيلة : بسبب القدرة الاختراقية الصغيرة لجسيمات ألفا لذلك فإن ألفا تمتص من قبل جدار الغرفة ولا تصل الى الداخل لذلك يجب وضع نافذة رقيقة في جدار الغرفة تسمح بدخولها . هذه الغرفة تمتاز بحساسيتها الكبيرة للكشف عن التلوث الإشعاعي الضعيف الذي لايزيد نشاطه عن جسيم واحد بالدقيقة .

2- جسيمات بيتا : القدرة الاختراقية لجسيمات بيتا كبيرة تصل عدة امتار (5 امتار) في الهواء . لذلك يجب ان يكون ضغط الغاز داخل الغرفة كبير حتى تتوقف هذه الجسيمات داخل الغرفة ويجب ان تصنع نوافذ ذات سمك كبير

3- اشعة كاما : القدرة الاختراقية لاشعة كاما عالية لذلك لاداعي لوضع نافذة في جدار الغرفة . لكن عمليات تفاعل اشعة كاما مع المادة (التأثير الكهروضوئي واستطارة كومبتن وتولد الأزواج) تكون احتمالية حدوثها صغيرة لذلك يبطن السطح الداخلي للغرفة بعنصر عدده الذري كبير مثل الرصاص ليزيد من احتمالية التفاعل وحدوث عملية التأين , ولكن يجب ان يكون سمك الطبقة الداخلية صغير وذلك لكي لا تمتص الالكترونات الناتجة من العمليات الثلاثة . ان الجزء القليل من كاما هو الذي يولد الالكترونات والباقي يمر دون ان

يسجل اي اثر لذلك تتميز جميع كواشف اشعة كاما بمعامل يسمى الكفاءة الذاتية للكاشف .
التي تمثل النسبة بين عدد الاشعاعات المسجلة في الكاشف الى العدد الكلي للاشعاعات
الساقطة عليه. تعتمد الكفاءة الذاتية للكاشف على عدة عوامل :

1 - طاقة الاشعة الساقطة حيث تتناسب تناسب عكسي مع كفاءة الكاشف

2- حجم الغرفة

3- نوع الغاز

4- ضغط الغاز

5- نوع المادة المبطنة للغرفة .

► **4- النيوترونات :** عند مرور النيوترونات في المادة فانها لاتحدث اي تأين بطريقة
مباشرة . لذلك وجب وضع مادة داخل الكاشف يمكنها ان تطلق احدى الجسيمات (الفا ,
بروتونات) اذا سقطت عليها النيوترونات مثل غاز فلوريد البوريوم الذي ينتج جسيمات الفا
التي تسبب التأين . ولايوضع نافذة للكاشف بسبب قدرة النيوترون العالية

• العدادات التناسبية

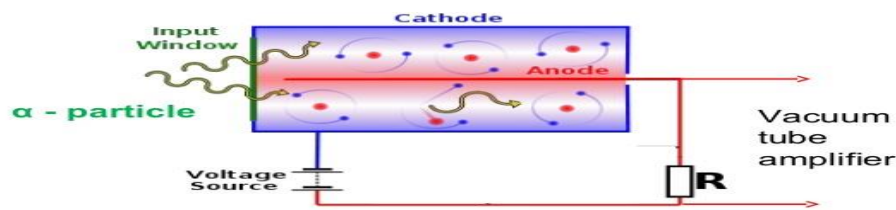
تكون العدادات التناسبية على شكل اسطوانة التي توصل بالارض (القطب السالب للجهد
العالي) وتتجمع عليه الايونات الموجبة . في داخل الاسطوانة يوجد سلك رفيع يمثل القطب
الانود تتجمع عليه الالكترونات . في حالة زيادة الجهد بشكل اكبر بعد منطقة التشبع فان
الأيونات المتكونة ستكتسب طاقة حركية عالية تحت تأثير فرق الجهد العالي وتصبح هذه
الإلكترونات قادرة على تأين ذرات أخرى منتجة أزواج ايونية ثانوية جديدة وهذه بدورها
ستكتسب طاقة حركية وتسبب تأينا جديدا وهكذا لغاية وصوله الى المجمع وتكون خلالها
شلال من الإلكترونات وتسمى هذه المنطقة بمنطقة التناسب وهذه المنطقة تكون منطقة
عمل العداد التناسبي .

• عداد كاير

يتكون من أسطوانة مملوءة بغاز الأرجون تحت ضغط 40 ضغط جوي وأنود بشكل سلك من التنجستن والكاثود وهو الأسطوانة الخارجية ويصنع عادة من الحديد المقاوم للصداً أو الألمونيوم ويطلّي من الداخل بالكربون ليصبح موصلاً للكهرباء . القطب الكهربائي الموجب عبارة عن سلك رفيع يمر عبر مركز الأسطوانة والقطب الكهربائي السالب هو جدار الأسطوانة ويملاً بغاز خامل وتغلق نهايتي الأنبوب . تطبق فولتية عن طريق مجهز فولتية يتصل بمقاومة خارجية.

► **مبدأ العمل :** عند زيادة فرق الجهد بين قطبي العداد التناسبي الى مابعد منطقة التناسب يؤدي الى ازدياد معامل التضاعف زيادة هائلة وبذلك يزداد التيار زيادة طارئة لان السبب الرئيسي في توليد الالكترونات الثانوية هي الفوتونات وتنتشر حالة التاين الثانوي الى جميع انحاء العداد فيحصل التفريغ الكهربائي . فينتج تيار عالي جدا هذا يعني ان جهد النبضة لايعتمد على عدد الالكترونات الاولى الناتجة عن الجسيم النووي . اذ يكفي تكون زوج الكتروني -ايوني لبدء عملية التفريغ اي ان جهد النبضة لايعتمد على طاقة الجسيم النووي المسبب لها لذلك لا يستخدم عداد كاير لتحديد طاقة الجسيمات النووية وانما فقط لتسجيل عدد هذه الجسيمات .. : بمجرد حدوث التأين ويحدث تفريغ لايتوقف مرور التيار داخل العداد ذاتيا واما يستمر حتى في حالة عدم وصول جسيمات نووية جديدة لذلك يجب ايقاف عملية التفريغ الكهربائي داخل العداد حتى يكون قادرا على استقبال جسيمة نووية جديدة وتسجيلها

Geiger-Muller Counter



الشكل (3) عداد كاير مولر

الزمن الميت وزمن الاسترجاع لعداد كايكر: عند تجمع الالكترونات الرئيسية والثانوية حول السلك المحوري داخل الاسطوانة (الانود) تتكون سحابة ايونية حوله ,وتبدأ بالانتقال الى الكاثود(جدار الاسطوانة) فينخفض لذلك المجال الكهربائي بين القطبين اقل من جهد كايكر-مولرو بذلك يكون العداد غير حساس لاستقبال اي جسيم نووي جديد وبمجرد وصول هذه السحابة الايونية الى الكاثود سوف سترجع العداد جهده بسرعة وتعود شدة المجال الكهربائي الى قيمتها الاصلية .ان بالفترة الزمنية بين لحظة دخول الجسيم النووي الجديد ووصول الجهد الى عتبة كايكر (اقل جهد لازم لتشغيل عداد كايكر) تسمى بالزمن الميت . اما الفترة الزمنية بين وصول الجهد الى عتبة كايكر والقيمة القصوى بزمن الاسترجاع .

2- الكواشف الصلبة (الكاشف الومضي)

• مكونات الكاشف الومضي :

- 1- المادة الومضية
- 2- انبوب توصيل الضوء
- 3- العاكس الضوئي
- 4- انبوب المضاعف الضوئي

• مبدأ الكشف باستخدام الكواشف الومضية:

- 1- امتصاص طاقة الجسيم النووي داخل المادة الومضية مما يؤدي الى اثاره او تأين ذرات المادة
- 2- تحول الطاقة الممتصة في المادة الى ضوء خلال العملية الومضية
- 3- انتقال الفوتونات الضوئية الى المهبط الضوئي لانبوب المضاعف
- 4- امتصاص المهبط لطاقة الفوتونات الضوئية وانبعاث الكترونات منه
- 5- تضاعف عدد الالكترونات داخل انبوب التضاعف الفوتوني
- 6- تجمع هذه الالكترونات عند المصعد للانبوب الضوئي وتكون شحنة كهربائية كبيرة

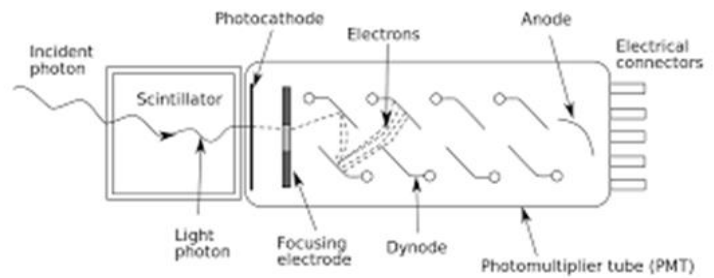
• مكونات الكاشف الومضي

يتكون انبوب المضاعف الضوئي من انبوبة زجاجية مفرغة من الهواء تفريغا جيدا ويتكون من اربع مكونات اساسية هي :

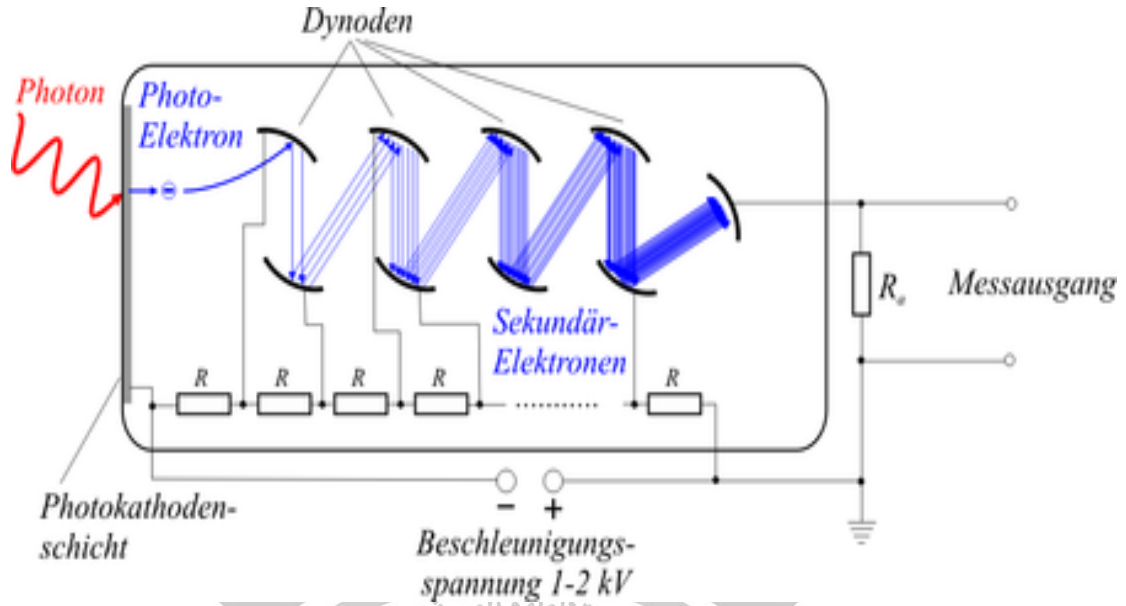
- ▶ 1- المهبط (الكاثود)
- ▶ 2- قطب تركيز الحزمة الالكترونية
- ▶ 3- الاقطاب الثانوية (الداينودات)
- ▶ 4- المجمع (الانود)

• آلية عمل الكاشف الومضي

تسقط الاشعة على المادة الومضية فتقوم المادة بامتصاص طاقة الجسيم النووي فتثار ذرات المادة فتحرر فوتونات ضوئية تمر هذه الفوتونات عن طريق النافذة الزجاجية الى المهبط ولان المهبط فلز سوف يحرر الكترونات بعملية التأثير الكهروضوئي تسقط هذه الالكترونات على قطب تركيز حزمة لالالكترونات التي تعمل كعدسة لزيادة تركيزها فتسقط هذه الالكترونات على الداينود الاول فعندما تكون طاقتها عالية سوف تحدث عملية التأين الثانوي ويتضاعف عدد الالكترونات ثم تسقط على الداينود الثاني وتحدث نفس العملية وتستمر الى اخر داينود نكون قد حصلنا على عدد هائل من الالكترونات تسقط على الانود فتظهر نبضة كهربائية سالبة .



الشكل (4) الكاشف الومضي



الشكل (5) الية عمل الكاشف الومضي

• استخدام الكواشف الومضية للكشف عن الاشعاعات

1- جسيمات الفا والجسيمات المشحونة الثقيلة :

للكشف عن جسيمات الفا والجسيمات المشحونة الثقيلة نستخدم بلورة وميضية من كبريتيد الخارصين المنشط بالفضة $ZnS(Ag)$ لانها ذات كفاءة عالية لتحويل طاقة جسيمات الفا والجسيمات المشحونة الثقيلة الى طاقة ضوئية. ولكن من اهم عيوب هذه البلورة هو ضعف شفافيتها وبسبب صغر مدى الجسيمات المشحونة الثقيلة نستخدم هذه المادة بسبك صغير حوالي 1 ملم مما يجعل ضعف الشفافية غير ذي اهمية

2- اشعاعات كاما والاشعة السينية :

نستخدم بلورة ايوديد الصوديوم المطعمة بالتاليوم $NaI(Tl)$ كمادة وميضية بسبب كبر كثافتها وكبر العدد الذري للتاليوم واليود .

ملاحظة :الكواشف الومضية افضل في الكشف عن اشعة كاما من الكواشف الغازية بحوالي عشرات او مئات المرات .

3- جسيمات بيتا :

يفضل استخدام المواد الوميضية العضوية للكشف عن جسيمات بيتا للأسباب الآتية :

أ- الوزن الذري الكبير لبلورة يوديد الصوديوم يؤدي إلى تشتت كبير لجسيمات بيتا للخلف في مادة البلورة .

ب- صعوبة استخدام بلورة يوديد الصوديوم المطعم بالثاليوم للكشف عن الإلكترونات وذلك لأنه يجب أن نحيط هذه البلورة بحافظة محكمة القفل لعزلها عن الهواء حتى لا تتميع وبالتالي صعوبة عمل النافذة

4- **الكشف عن النيوترونات** تتلخص عملية الكشف عن النيوترونات باستخدام الكاشف الوميضي بالمخطط الآتي



مخطط (3) يوضح استخدام الكاشف الوميضي في الكشف عن النيوترونات

3- الكواشف شبه الموصلة

حدث في السنوات الاخيرة تحول كبير من الكواشف الغازية والومضية الى الكواشف المجهزة من اشباه الموصلات خاصة في مجال البحوث النووية عند الطاقات المنخفضة . ويرجع السبب في ذلك الى المزايا التي تتمتع بها الكواشف شبه الموصلة , وهناك تشابه كبير بين عمل الكواشف شبه الموصلة وغرفة التأين .

ان **الكواشف شبه الموصلة** هي مادة صلبة شبه موصلة غالبا المادة الحساسة فيها تكون من مادة السليكون او الجرمانيوم . تشتغل هذه الكاشفات مثل الكاشفات الغازية , لكن هناك اختلاف بين الكواشف الغازية وشبه الموصلة هو ان حاملات الشحنة في الكواشف الغازية هي الالكترونات والايونات اما حاملات الشحنة في الكواشف شبه الموصلة فهي الالكترونات والفجوات .

الطاقة اللازمة لتوليد ازدواج ايوني في الغازات هي 35 الكترون فولت حوالي عشرة مرات الطاقة اللازمة لتوليد زوج الكتروني ثقب .

تجميع هذه الازواج في كلتا الحالتين يؤدي الى تكوين نبضة كهربائية متناسبة مع كمية وطاقة الاشعاعات الساقطة.

خصائص الكاشفات شبه الموصلة تعتمد على نوع المادة المستعملة وعلى طريقة التصنيع والمعالجة وعلى حجم الكاشف .

خصائص المادة شبه الموصلة

تنقسم المادة بشكل عام من حيث التوصيل الكهربائي الى ثلاثة انواع منها (العازل وشبه الموصل والموصل الكهربائي)

التيار الكهربائي الذي هو عبارة عن سريان الالكترونات داخل المادة يكون معدوما في المادة العازلة تحت اي جهد كهربائي الا عندما يصبح الجهد عالي جدا .

تتحرك الالكترونات الحرة بسهولة داخل الموصل مكونة بذلك تيار كهربائي تحت تأثيرات جهد يختلف عن الصفر .

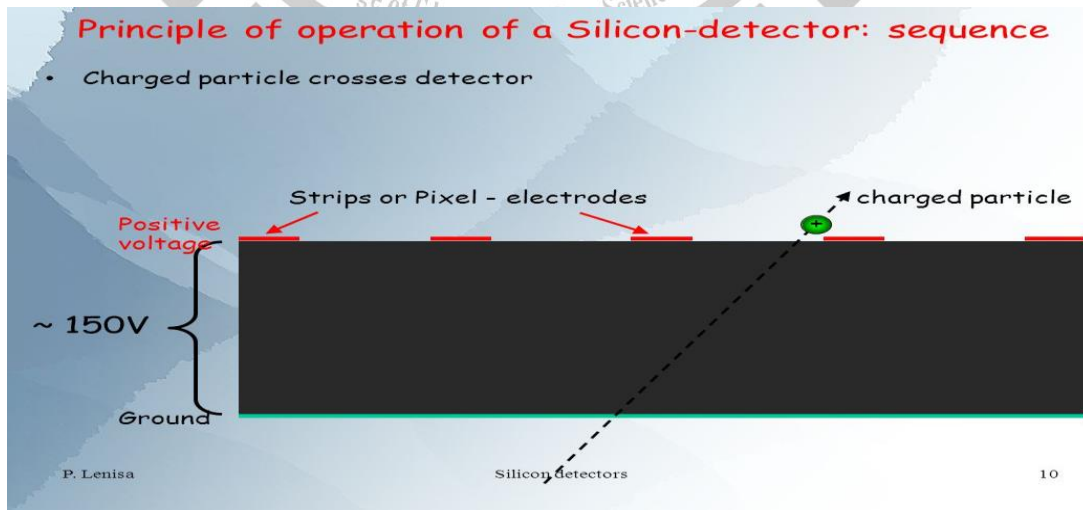
ملاحظة : عند رفع درجة حرارة أشباه الموصلات تزداد كمية حاملات الشحنة المتحركة وتقل المقاومة بشكل كبير ولكنها لا تنصف بقابلية التوصيل العالي والعكس صحيح حيث تزداد المقاومة بخفض درجة الحرارة وتصبح قريبة من مقاومة المواد العازلة , وهذا يعني ان المادة شبه الموصلة لا تسمح للالكترونات بالتحرك عندما تكون درجة حرارتها منخفضة وقريبة من الصفر المطلق.

• انواع الكواشف شبه الموصلة

1- **كاشف السليكون :** يستخدم للكشف عن الجسيمات المشحونة الثقيلة مثل الفا والبروتونات.

وهو عبارة عن ثنائي ملتقى يتميز بالاتي :

عرض N-Type اقل من مايكرومتر حتى لاتفقد الاشعاعات الساقطة جزء كبير من طاقتها فيه . ويجب ان يكون تركيز الشوائب الخماسية عاليا لصغر عرض المادة. تعتبر منطقة الاستنزاف هي المنطقة الحساسة للكاشف . حيث ان عدد الازواج الالكترونية -الثقبية الناتج عن الجسيم النووي الساقط في هذه المنطقة تناسبا طرديا مع الطاقة التي فقدها الجسيم , ويتم تسليط مجال كهربائي فتتحرك الالكترونات باتجاه المنطقة الالكترونية N-Type وتتحرك الثقوب نحو منطقة الثقوب P-Type مما يؤدي الى مرور تيار كهربائي وظهور نبضة كهربائية على مخرج الكاشف.



الشكل (6) مبدأ عمل كاشف السليكون

سبب جعل منطقة N-Type في الكاشف صغيرة وجعل منطقة الاستنزاف كافية بحيث يتوقف الجسيم النووي قبل الوصول الى نهايتها لانه عند اجتياز الجسيم النووي منطقة الاستنزاف ودخوله المنطقة P-Type سوف تتولد الازواج الالكترونية -الثقبية ولكن في هذه المنطقة غالبية حاملات الشحنة هي الثقوب يعني عدد الثقوب كبير جدا وعدد الالكترونات قليل جدا فتتحرك الثقوب ويحدث اتحاد بين الثقوب والالكترونات فيضيع جزء كبير من التيار وهذا يعني عدم تناسب طاقة الجسيم الساقط مع كمية الشحنة المتجمعة في هذه المنطقة . وكذلك عند المنطقة N-Type فعند اجتياز الجسيم الساقط منطقة الاستنزاف ودخوله الى منطقة الالكترونات N-Type سوف تتولد الازواج الالكترونية -الثقبية وبما ان عدد الالكترونات كبير جدا وعدد الثقوب قليل جدا تتحرك الالكترونات فتتحد معها الثقوب وبالتالي ضياع جزء من التيار. لذلك يجب جعل عرض منطقة الاستنزاف كافي للمحافظة على التناسب بين طاقة الجسيم النووي الساقط وبين عدد الازواج الالكترونية -الثقبية المتكونة وبالتالي المحافظة على التيار والنبضة الناتجة من الكاشف

2- كاشف الجرمانيوم - ليثيوم هو كاشف يستخدم للكشف عن جسيمات بيتا واشعة كاما يستخدم فيه الجرمانيوم بسبب كثافته العالية وعدده الذري الكبير .

هو عبارة عن ثنائي ملتقى يتميز بالاتي :

عرض منطقة الاستنزاف كبير 1-3 ملم حتى تتوقف جسيمات بيتا او الالكترونات الناتجة عن اشعة كاما في عملية التأثير الكهروضوئي .يتم غرس ذرات الليثيوم في الجرمانيوم لزيادة مقاومة المادة شبه الموصلة عند غرس ذرات الليثيوم في الجرمانيوم P-Type يقل عدد الثقوب الغالبية فيها فتصبح توصيليتها قريبة من توصيلية المادة النقية مما يؤدي الى عرض منطقة الاستنزاف حتى عند الجهود العكسية الصغيرة .

• سبب حفظ الكاشف عند درجات حرارة منخفضة جدا 196 مئوية تحت الصفر (تحت تأثير حرارة النتروجين السائل)

لانه عندما تكون منطقة الاستنزاف عريضة فان التيار العكسي يزداد وهذا التيار يعتمد على درجة حرارة المادة شبه الموصلة لذلك يجب خفض درجة الحرارة الى درجة حرارة اقل من 196 درجة مئوية تحت الصفر . وعند ترك الجرمانيوم المغروس بالليثيوم في درجة حرارة الغرفة فانه حتى في حالة توصيل الجهد العكسي اليه يمكن ان تنساق ذرات الليثيوم وتتحرك نحو السطح فيفقد الجرمانيوم هذه الذرات ويتلف الكاشف في الحال .

3-كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة :

بسبب عيوب كاشف الجرمانيوم – ليثيوم وبعد ان تمكن العلماء من تحضير احجام مختلفة من بلورات الجرمانيوم عالي النقاوة وبالتالي زيادة مقاومة الجرمانيوم المحيز عكسيا لخفض التيار العكسي حلت كواشف الجرمانيوم عالية النقاوة محلها . ولم تعد درجة الحرارة المنخفضة (حرارة سائل النتروجين) مطلوبة الا قبل عدة ساعات من تشغيل الكاشف



الشكل (7) كواشف الجرمانيوم عالي النقاوة

• مزايا الكواشف شبه الموصلة

- 1- قدرة تحليلية فائقة للطاقة افضل بكثير من القدرة التحليلية لحجرة التأين والعدادات الوميضية لان عدد الازواج الالكترونية – الثقيبية اكثر بعشر مرات من الازواج الالكترونية الايونية في حجرة التأين .
- 2- يوجد علاقة خطية بين طاقة الجسيم النووي وبين النبضة الكهربائية الناتجة .
- 3- قصر زمن النبضة الكهربائية الناتجة عن الجسيم النووي الساقط بسبب صغر حجم منطقة الاستنزاف وهذا يؤدي الى امكانية عد وتحليل عال للجسيمات يصل 1000000 جسيم/الثانية
- 4- امكانية التحكم بعرض منطقة الاستنزاف عن طريق التحكم بالجهد العكسي
- 5- له القدرة على فصل الانواع المختلفة من الجسيمات المشحونة الثقيلة عن بعضها . مثلا اذا كانت الجسيمات الساقطة عبارة عن بروتونات وجسيمات الفا واردا ان نفصلهما عن بعضهما نقوم بتغيير عرض منطقة الاستنزاف بحيث لايزيد عن مدى جسيمة الفا عن طريق تغيير الجهد العكسي عدة فولتات فسوف تمر البروتونات من هذا العرض دون ان تفقد جزء ملموس من طاقتها فيتم تسجيل جسيمات الفا دون البروتونات .
- 6- صغر حجم الكاشف وسهولة التعامل معه
- 7- عدم حساسيته لتغير المجال المغناطيسي
- 8- يمكن اعداده على اشكال هندسية مختلفة مثل الكواشف ذات النقب المحوري لاجراء القياسات عند الزوايا القريبة من 180 درجة

• عيوب الكواشف شبه الموصلة

- ▶ 1- عدم القدرة على استخدامها للكشف عند الطاقات العالية
- ▶ 2- قصر عمر الكاشف نسبيا اما حدوث تغيرات في تركيب المادة عند السطح او التلف بسبب التعرض لاشعاعات كثيفة مثل النيوترونات
- ▶ 3- ضرورة تبريد الجهاز فلا يمكن تشغيله عند درجات الحرارة المرتفعة
- ▶ 4- عند الاحجام الكبيرة لها سوف يؤدي الى زيادة زمن النبضة اي تقل القدرة على العد والتحليل .