الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المركز الجامعي بالوادي
كلية العلوم والتكنولوجيا

رقم الترتيب:
رقم التسلسل:

مذكرة تخرج لنيل شهادة
ليسانس أكاديمي

مجال: علوم المادة

تخصص: فيزياء الإشعاع

من إعداد: العوامر نجيبة- معروف فاطمة

الموضوع

الكشافات الغازية النووية - تطبيق العداد غايغر- مولر-

نوقشت يوم: 2014/06/03م

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

لتيم فتحي	أستاذ مساعد أ	رئيسا
عسكري سهيلة	أستاذ مساعد أ	مناقشا
عطية محمد الهادي	أستاذ مساعد أ	مؤطرا

السنة الجامعية :2013م-2014م.

بسم الله الرحمن الرحيم

شكر و عرفان

على بركة الله تخرجنا فالحمد لله الذي وفقنا لهذا، و بشكره نستهل صفحتنا و الشكر موصول لكل من وقفنا معنا و شجعنا و لو بكلمة طيبة، فمن لم يشكر الناس لم يشكر الله، و في مقدمة هؤلاء اللذين لم يدخروا جهدا في مساعدتنا للحصول على هذا النجاح والدينا الغوالي الأعزاء اللذين كان توفيقنا إجابة لدعواتهم الصادقة، و لا ننسى أيضا إخواننا اللذين وضعوا بصمتهم في أغلب مراحل دراستنا و تعبوا في سبيل راحتنا و نيلنا هذا النجاح فكانوا نعم الأسوة علما، عملا و خلقا، و إلى جانب هؤلاء هناك أشخاص كان لهم فضل كبير علينا ليس في هذه السنة فقط بل و في الكثير من سنوات دراستنا و كانت وقفتهم و مساعدتهم حاضرة في الكثير من مواقفنا الحرجة، و نعني بآخر كلامنا: الأستاذ المحترم غندير السعيد الذي لم يتوانى يوما في إسداء خدمة كانت محل طلبنا، الأستاذ علي شمسة، الدكتور قدة الحبيب، و الأستاذ اللبي ياسين، و الأستاذان بسر الزوبير و عطية محمد الهادي اللذان لم تخلو يومياتنا الدراسية من توجيهاتهم الناصحة لنا في مشوارنا.

الفهرس

الفصل 1 : النشاط الإشعاعي	
مقدمة عامة	
1-1 مقدمة	3
2-1 النواة الذرية	3
1-2-1 مكونات النواة	3
2-2-1 تمثيل النواة	4
3-1 النظائر	5
4-1 النشاط الإشعاعي	5
5-1 قانون الانحلال الإشعاعي	6
1-5-1 ثابت التفكك الإشعاعي	8
2-5-1 زمن نصف العمر	8
3-5-1 متوسط العمر	8
6-1 معدل الانحلال (الشدة الإشعاعية)	8
7-1 الأساس النظري لانحلال النشاط الشعاعي	8
8-1 التأريخ بالنشاط الإشعاعي	9
9-1 الاضمحلال (الانحلال) الإشعاعي	9
1-9-1 الجسيمات ألفا α	9
2-9-1 الجسيمات بيتا β	10
3-9-1 الأشعة غاما γ	11
الفصل 2 : مبدأ عمل الكشافات الغازية	
1-2 مقدمة	12
2-2 كشف الإشعاع المؤين و قياسه	12
1-2-2 طرائق التأيين لكشف الإشعاع (الجسيمي أو الموجي)	12
2-2-2 المنحني المميز (فولت- أمبير) للإنفراغ في الغاز	14
3-2 أنواع الكواشف الغازية	16
1-3-2 حجرة التأين	16
2-3-2 العدادات التناسبية	18
3-3-2 عداد غايغر- مولر	19
1-3-3-2 مبدأ عمله	20
2-3-3-2 عدادات غايغر ذات الإطفاء الخارجي	21
3-3-3-2 عدادات غايغر ذات الإطفاء الذاتي	21

2-3-3-4 خصائص عداد غايغر مولر	22
2-3-3-4-1 المنطقة المستقرة للجهاز	22
2-3-3-4-2 الزمن الميت	23
2-3-3-4-3 زمن الاسترجاع	23
2-3-3-5 استخدامات عداد غايغر- مولر	24
2-3-3-6 بعض الشروط الواجب توفرها في الجهاز	24
الخلاصة العامة	
قائمة المراجع	

مقدمة عامة

اصبحت الفيـزياء النـووية ذات أهمية بالغة في معـرفة أسـرار الكـون، لأنها تهتم بظاهرة النشـاط الإشعاع لأنـوية الـذرات الغير مستقرة في الـطبيعة.

فقد اصبحت الفيـزياء احـدى الأسس الكبـرى لبناء المستقبل نظـرا لما تـوفره من امكانيات جبارة وطـرق سهلة للتحكم بالطاقة، فالفيـزياء النـووية الآن اصبحت تستعمل في كثير من حقول المعرفة كالطب و الصناعات و الجيولوجيا و الفضاء و الآثار، وغيرها من الاستخدامات.

فكانت البداية عندما تم اكتشاف النشاط الإشعاعي عن طريق الصدفة سنة 1896 من طرف الفيزيائي "هنري- بيكريل". وبعدها قام العالم رذرفورد وآخرون دراسة طبيعة الأشعة سنة 1898م فكان تصنيفها إلى ثلاث أنواع ألا وهي (α, β, γ) وذلك تبعا لقدراتها على اختراق المواد.

إن المفعولات البيولوجية للنشاط الاشعاعي و التي منها التأثير على الأنسجة الحية و الذي يتوقف على عدة عوامل : عدد الجسيمات المستقبلة في الثانية و يتعلق هذا العدد بنشاط المنبع و ببعده، الطاقة و طبيعة الجسيمات الصادرة و طبيعة الأنسجة المصابة، فالجسيمات المؤينة و الاشعاع γ لها القدرة على افتعال تفاعلات كيميائية و تغيرات في بنية الجزيئات التي تتشكل منها المادة الحية، يمكن أن يؤدي ذلك إلى حدوث تشوهات جينية، و لكن بالمقابل فإن النشاط الاشعاعي له أيضا تطبيقات مفيدة للإنسان في مجال الطب.

تتطلب جميع القياسات النووية توفر الأجهزة الخاصة بالكشف عن الأنواع المختلفة من الإشعاعات النووية و تسجيلها، و تعرف هذه الأجهزة بكواشف الإشعاعات، و تستخدم هذه الكواشف عموما لتحديد نوع الإشعاعات و قياس كمياتها و تحديد طاقتها.

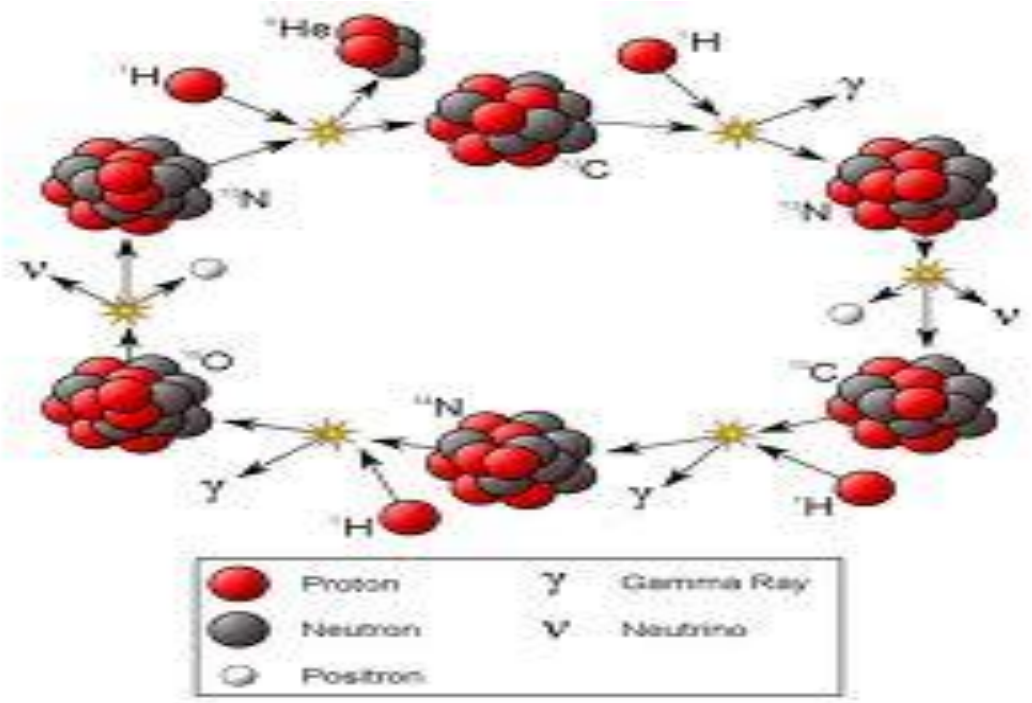
و يقوم مبدأ الكشف عن الإشعاعات في كثير من الكواشف على استخدام ظاهرة تأين أو إثارة الإشعاعات لذرات أو جزيئات المادة عند المرور فيها.

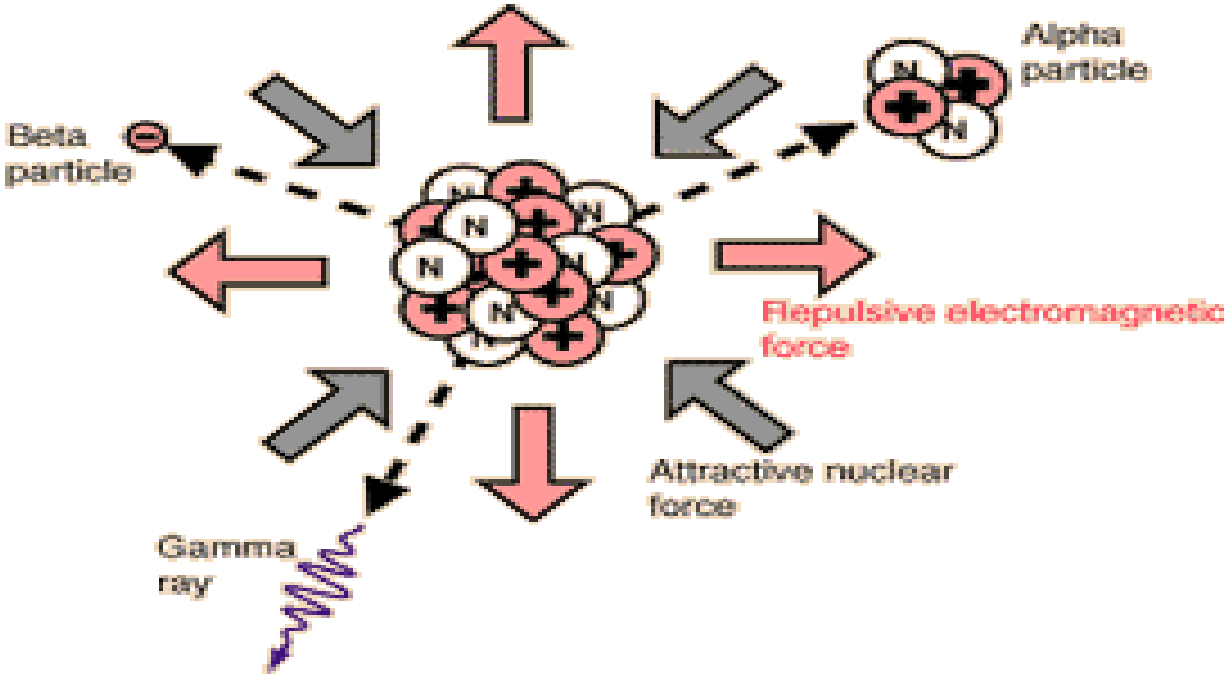
سنتطرق في مذكرتنا هذه إلى دراسة أنواع كشافات الأشعة الغازية النووية، ويتضمن هذا البحث فصلان:

- أولهما: سندرس فيه ظاهرة النشاط الاشعاعي و الذي يعني انحلال (اضمحلال) تلقائي للنواة.
- ثانيهما: سندرس فيه مختلف أنواع الكشافات الغازية النووية و على وجه الخصوص عداد غايغر- مولر الذي نريد معرفة ما مبدأ عمله؟ ما مميزاته؟ و ما مجالات استخدامه؟

الفصل الأول:

الإشعاعات النووية





1-1 مقدمة:

لقد بدأت الفيزياء النووية سنة 1886م عندما تم اكتشاف النشاط الإشعاعي عن طريق الصدفة من طرف العالم هنري بيكريل Henri Becquerel عام 1896م، عندما لاحظ بأن أملاح اليورانيوم الموضوعة داخل درج مغلق تترك أثرا على لوحات فوتوغرافية موضوعة بجوارها كما لو عرضناها للضوء، استنتج بيكريل من هذه الملاحظة أن هذه الأملاح التي تحوي على اليورانيوم تنتج تلقائيا إشعاعا غير مرئي، ثم جاء الثنائي كلا من ماري كوري Marie Curie وزوجها بيار كوري Pierre Curie للبحث عن سبب هذا النشاط إذ تبين أن صفائح بيكريل كانت تحتوي على اليورانيوم هو سبب الحصول على هذه الإشعاعات ووجود تناسب طردي بين شدة هذا النشاط وكمية اليورانيوم في هذه الأملاح [1].

و بعد ذلك بدأ آخرون من بينهم رذرفورد في دراسة طبيعة هذه الأشعة سنة 1898م فوجدوا أنه بالإمكان تصنيفها إلى ثلاث أنواع تبعا لقدرتها على اختراق المواد، فإحدى هذه الأنواع تستطيع بالكاد اختراق قصاصة ورق، النوع الثاني فكان يستطيع المرور خلال سمك من مادة الألمنيوم قدر 3 mm. أما النوع الثالث يمكنه اختراق عالي بحيث يمكن له المرور خلال عدة سنتمترات من مادة الرصاص اطلق عليها اشعة الفا بيتا غاما على التوالي [2]

ويطلق اسم إشعاع نووي على كل شيء تصدره النواة سواء كان فوتونا أو بروتونا أو نيوترونا أو إلكترونا أو أي جسم آخر [3].

1-2- النواة الذرية:

1-2-1- مكونات النواة:

فيما مضى تم الاعتقاد بأن نواة الذرة تتركب من عدد من البروتونات مساويا للعدد الكتلي الذري (A) و من عدد من الإلكترونات مساويا للفرق بين العدد الكتلي (A) و العدد الذري (Z) أي (A-Z).

مثل هذا التركيب لا يفسر كتلة و شحنة النواة فحسب و إنما يعلل وجود الإلكترونات التي تنبعث عن طريق هذه النوى و التي تعرف ببواعث بيتا (β-emitters). على أي حال، رفض رذرفورد (Rutherford) هذه الفرضية و تنبأ بوجود النيوترون (Neutron) [4].

الإلكترون (l' electron):

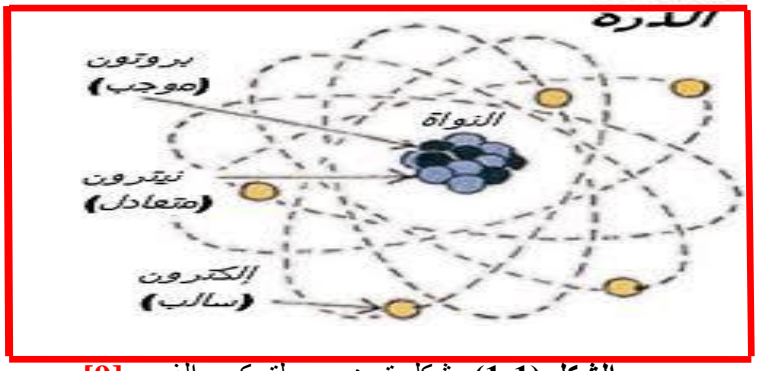
جسيم يدور في مدارات خاصة حول النواة و يحمل شحنة كهربية سالبة (أي أنها تساوي 1.6×10^{-19} c) و كتلة الإلكترون أصغر من كتلة البروتون بحوالي 1840 مرة حيث تبلغ 9.11×10^{-31} kg [4].

البروتون(le proton):

جسيم نووي يحمل شحنة كهربية مساوية تماما لشحنة الإلكترون و لكنها موجبة. و تبلغ كتلة السكون للبروتون 1.6726×10^{-27} kg. وعند استخدام وحدات الكتلة الذرية (atomic mass unitsamu) تساوي كتلة البروتون 1.007276 وحدة كتلة ذرية [4].

النيترون (le neutron):

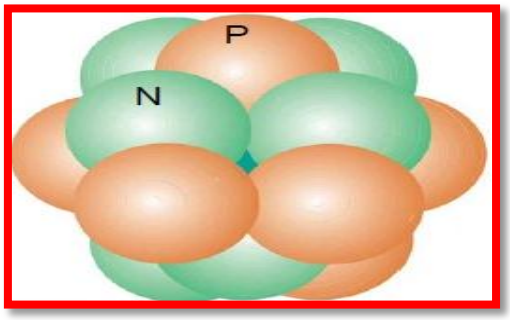
هو جسيم نووي متعادل الشحنة (أي لا يحمل شحنة كهربية)، و كتلته مساوية تقريبا لكتلة البروتون، حيث تبلغ 1.6749×10^{-27} kg (أي 1.0086649 و.ك.ذ). و غالبا ما يتكون النيترون نتيجة لاتحاد بروتون و إلكترون حيث أن الإلكترون الحر (أي خارج النواة) يعيش في المتوسط لمدة 15min ثم يتفكك تلقائيا إلى بروتون و نيترون [4].



الشكل (1-1): شكل توضيحي لتركيب الذري [9].

1-2-2-تمثيل النواة:

تمثل النواة بالرمز ${}^{A}_{Z}X$ حيث X هو العنصر الكيميائي الموافق. أما العدد Z فيسمى بالعدد الذري أو الشحني (و هو عدد البروتونات بالنواة الذي يكون مساويا لعدد الإلكترونات بالذرة المعتدلة). و يسمى العدد A بالعدد الكتلي (و هو عدد النويات بالنواة). و يكون: عدد النيوترونات N=A-Z [5].



شكل (1-2): شكل توضيحي للنواة[3].

ويرمز للنواة بالرمز ${}^{A}_{Z}X$ حيث :

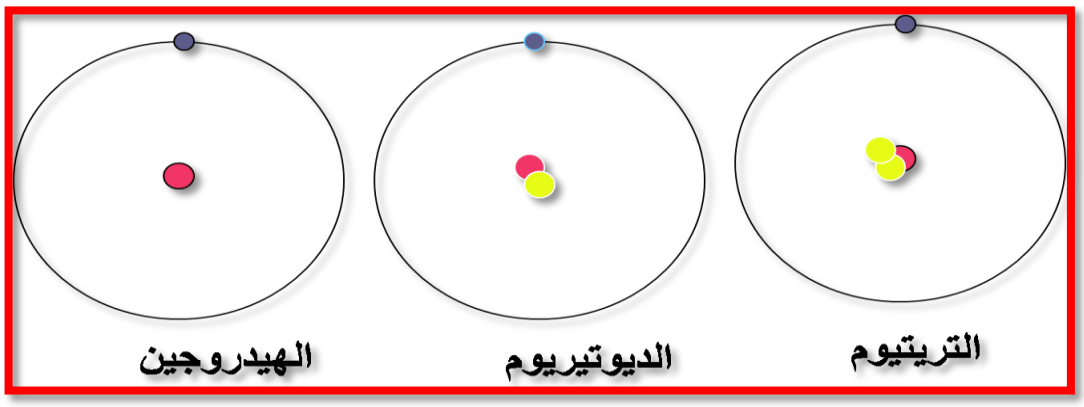
- X : يرمز للعنصر الكيميائي.
- A : يمثل عدد النكليونات.
- Z : عدد الشحنة.

3-1 النظائر(Isotope):

هي تلك العناصر التي لها نفس العدد الذري Z لكن عددها الكتلي A مختلف من خلال اختلاف عدد النيوترونات .

مثال: للهيدروجين ثلاثة نظائر (كل نظير نسبة إلى عدده الكتلي):

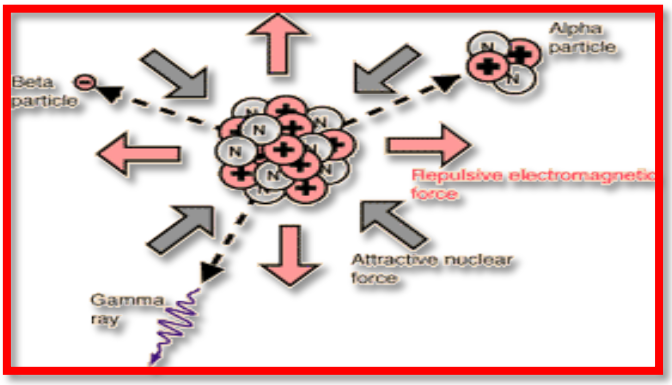
الهيدروجين1(^1_1H) الهيدروجين2(^2_1H) الهيدروجين3(^3_1H)



الشكل (1-3): نظائر الهيدروجين [15].

4-1 النشاط الإشعاعي (radioctivity):

هو تفكك تلقائي لنواة النظير مع إصدار جسيمات نووية مثل جسيمات ألفا أو بيتا وقد تتبعها إشعاعات جاما يحدث للنواة سواء كانت بحالة نقية أو ضمن مركبات كيميائية ولا تعتمد عملية التفكك على الظروف الطبيعية مثل الحرارة أو حالة النظير [9].



الشكل (1-4): نواة عنصر مشع تصدر إشعاعات نووية [2].

التحلل الإشعاعي و التفاعلات النووية موصوفة بواسطة الانتقال من نظام ابتدائي (النواة الأم) إلى نظام نهائي (النواة الوليدة) وهي تحدث بإحدى الطريقتين:

1-4-1طريقة تلقائية:

إذا كانت الطاقة الكلية للنواة البنت أقل من الطاقة الكلية للنواة الأم فإن الانتقال يمكن حدوثه تلقائيا.

2-4-1 طريقة صناعية:

إذا كانت الطاقة الكلية للنواة الأم أقل من الطاقة الكلية للنواة البنت فإن الانتقال لكي يتم فلا بد من أن تعطى النواة الأم طاقة لكي يحدث الانتقال.

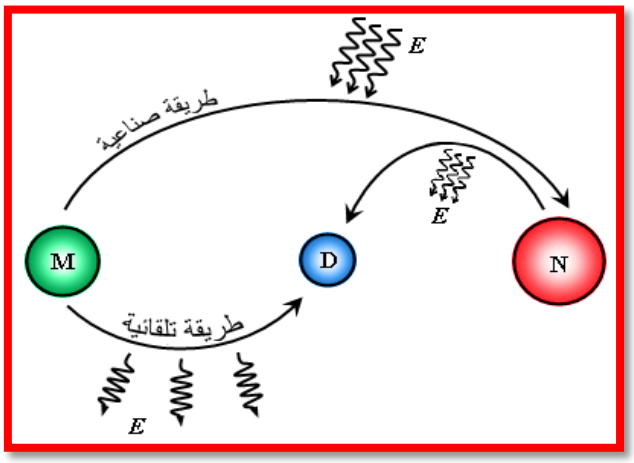
ومعادلة النشاط الإشعاعي الطبيعية تكتب على الشكل :

$$^{A1}_{X1}M \rightarrow {}^{A2}_{X2}D + Decay\ particles\ (\alpha\ ,\beta\ ,\gamma) \qquad (1\text{-}1)$$

حيث :

M : النواة الأم .

D : النواة البنت .



الشكل(1-5): طريقة التحلل الإشعاع [9].

5-1 قانون الانحلال الإشعاعي:

إن أي عينة ماكرو سكوبية من نظير مشع تتكون من عدد كبير من الأنوية المشعة، هذه الأنوية لا تشع جميعها في آن واحد بل تشع واحدة تلو الأخرى بفترة زمنية، أي أن عملية الإشعاع هي عملية عشوائية، ذلك أنه لا يمكننا التنبؤ متى ستنحل نواة معينة. لكن يمكننا حساب عدد النوى التي ستنحل في فترة زمنية معينة وذلك الاعتماد على أساس احتمالي.

إن عدد الانحلالات ΔN التي تحدث في فترة زمنية قصيرة Δt تعطى بالعلاقة التالية:

$$\Delta N = -\lambda N \Delta t \qquad (2\text{-}1)$$

حيث:

λ: ثابت الانحلال الإشعاعي الذي يكون مختلف باختلاف النظائر.

كلما كانت λ كبيرة كلما كان معدل الانحلال كبير. أما الإشارة السالبة فتدل على أن N في حالة نقصان ومنه:

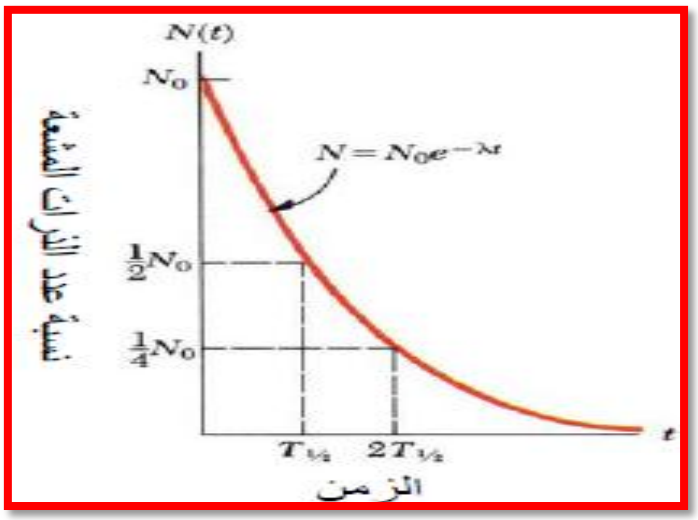
$$N = N_0 e^{-\lambda t} \qquad (3\text{-}1)$$

حيث:

N_0:عدد الأنوية الابتدائية عند $t = 0$.

N: عدد الأنوية المتبقية عند الزمن t.

وتسمى العلاقة (3-1) قانون انحلال النشاط الإشعاعي. ونلاحظ أن عدد الأنوية المشعة لعينة معينة يقل أسيا مع الزمن كما هو موضح في الشكل (4-1).



شكل (1-6): تغير عدد ذرات مادة مشعة مع الزمن [2].

وبما أن كتلة المادة المشعة m(t) متناسبة مع عدد ذراتها N(t) يمكن كتابة القانون (3-1) كما يلي [10]، [4]:

$$m = m_0 e^{-\lambda t} \qquad (4\text{-}1)$$

1-5-1 ثابت التفكك الاشعاعيλ:

يعرف المعاملλ باسم ثابت التفكك الاشعاعي وهو عبارة عن احتمال تفكك نواة واحدة معينة في ثانية واحدة وحدة قياس هذا المعامل هي مقلوب الثانية أي (S^{-1}) حيث انها تعبر عن احتمال تفكك النواة في الثانية، كلما كانتλكبيرة كلما كان معدل التفكك أكبر [11]، [2].

2-5-1 زمن نصف العمر $t_{\frac{1}{2}}$:

الزمن اللازم لتفكك نصف عدد النوى الابتدائي أو بمعنى أخر و هو اضمحلال نصف عدد نوى العينة المشعة في الثانية الواحدة.

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda} \qquad (5\text{-}1)$$

3-5-1 متوسط العمر τ :

إن متوسط العمر لعينة مشعة ومتوسط الزمن الذي تستغرقه نواة العنصر المشع قبل أن تتفكك أو تضمحل كليا، ويحدد كالأتي [4]:

$$\tau = \left(\frac{1}{N_0}\int_0^{\infty} \lambda N(t) t dt\right) = \frac{1}{\lambda} = \frac{t_{\frac{1}{2}}}{0.693} \qquad (6\text{-}1)$$

6-1 معدل الانحلال (الشدة الإشعاعية) A(t) :

إن معدل الانحلال هو عدد الانحلالات في وحدة الزمن، وانطلاقا من العلاقة (3-1) نستطيع ايجاد علاقة عامة تحدد الشدة الإشعاعية حيث [12].

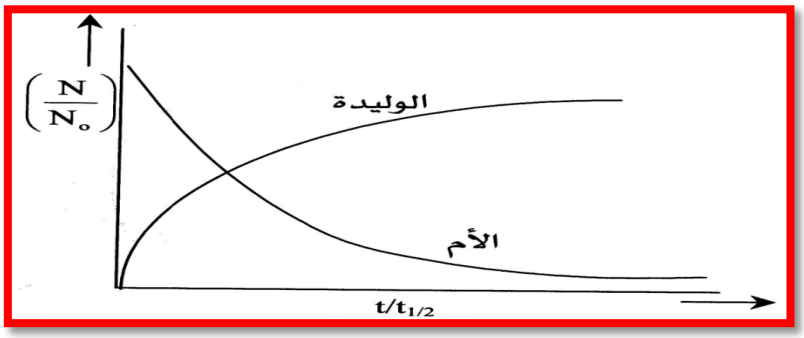
وتعرف $A_0 = \lambda N_0$ بالشدة الإشعاعية للعينة عند اللحظة $t = 0$، لذا فإن [11]:

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \qquad (7\text{-}1)$$

7-1 الأساس النظري لانحلال النشاط الإشعاعي:

لقد تم دراسة انحلال النشاط الإشعاعي لنواة الثوريوم الأم (كمادة نشطة إشعاعيا) و النواة الوليدة من قبل رذرفورد و سوديوقد وضع النتائج كما هي في الشكل (5-1) كمخطط توضيحي. إن منحنى الانحلال الأسي للنواة الأم هو انحلال أسي في طبيعته، بعبارة أخرى من الممكن التعبير عن النشاط الإشعاعي للنواة كدالة للزمن بواسطة المعادلة الآتية:

$$A(t) = A(0)e^{-\lambda t}$$



شكل(1-7): عمليات الانحلال للنواة الأم والوليدة [4].

بعد مرور فترة زمنية مقدارها (t)، أما المنحنى المتعلق بالنواة الوليدة فقد وجد أنه يحقق المعادلة التالية:

$$A_d(t) = A(0)\{1 - e^{-\lambda t}\} \qquad (8-1)$$

إذ أن الرمز (d) يشير إلى النواة الوليدة، وأن (λ) له نفس القيمة في المعادلة $\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}}$ والمعادلة $dN = -\lambda N dt$ لذلك فإن منحنيات الانحلال والنمو للنواتين الأم والوليدة تكون متناظرة [4].

8-1 التأريخ بالنشاط الإشعاعي:

يمكن بواسطة الإشعاع تقدير عمر المواد العضوية النباتية أو الحيوانية ذات عمر يقارب 40000 سنة باستعمال الكربون 14. يتواجد عنصر الكربون 14 في كل المركبات العضوية. يتكون هذا العنصر أساسا من الكربون 14 المشع الذي يتميز بنصف عمر قدره 5730 سنة. يستند مبدأ التاريخ بواسطة الكربون 14 على النظرية القائلة بأن نسبة الكربون 14 على الكربون 12 في الكون وفي العالم الحي ثابتة عموما. تم هذا بفضل التبادلات مثل التحليل الضوئي والتغذية التي تحدث باستمرار [6].

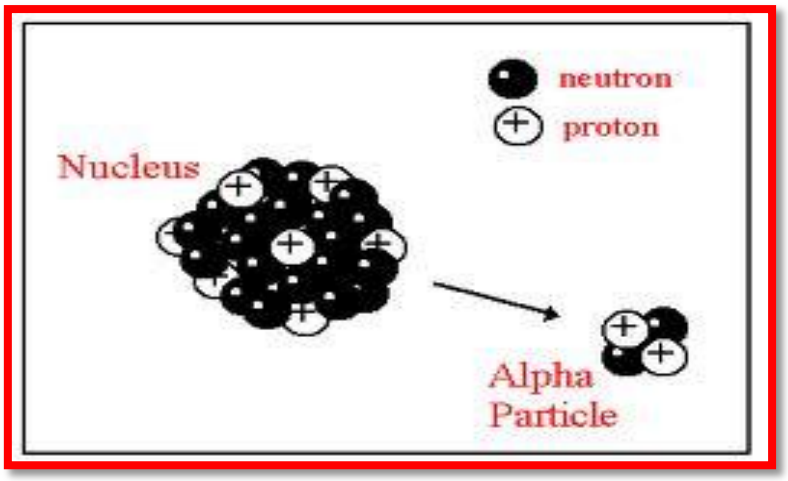
9-1 الإضمحلال (الانحلال) الإشعاعي (Radioactive decay):

النواة ذات النشاط الإشعاعي يحدث لها اضمحلال (انحلال) عن طريق عمليات ثلاث و هي انحلال α، انحلال β، و انحلال γ و سوف نتناول العمليات الثلاث و التفاعلات أو التغيرات النووية التي تصاحبها.

1-9-1 الجسيمات ألفا α:

و هي عبارة عن نواة الهيليوم و تتكون من بروتونين و نيترونين و هي جسيمات مشحونة إيجابا يمكن التحكم في مسارها باستخدام المجالات الكهربائية أو المغناطسية، كما يمكن تسريعها إلى طاقات عالية. و لها طاقة تعادل 5Mev و هي ذات قدرة اختراق منخفضة جدا.

جسيمات ألفا تقذف من طرف جميع نوى النظائر الكبيرة مثل اليورانيوم، الثوريوم، الأكتنيوم و الراديوم و بسبب شحنتها و كتلتها الكبيرة يتم امتصاصها بواسطة المواد و هي تسافر في الهواء لعدة سنتمترات و يمكن امتصاصها بطرف ورقة عادية أو الطبقات الخارجية من جلد الإنسان إلا إذا هضمت أو دخلت عن طريق التنفس فهي تصبح خطرة جدا.



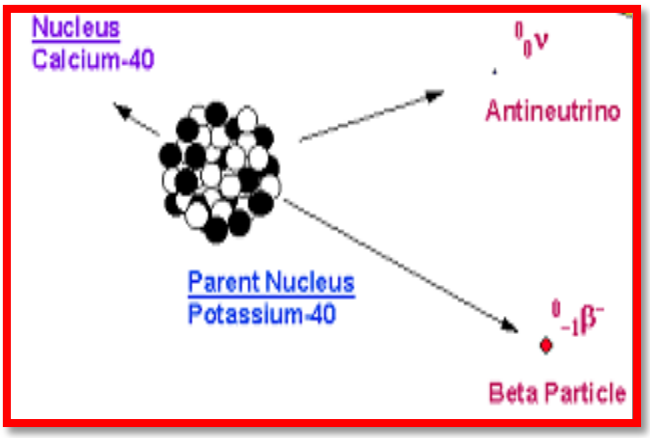
الشكل (1-8): تحلل النظير و تولد جسيم ألفا [9].

1-9-2 الجسيمات بيتا β:

تتكون من إلكترونات أو بوزترونات عالية السرعة و عالية الطاقة تبث من طرف أنواع معينة من نوى النظائر المشعة مثل البوتاسيوم 40 و تنقسم جسيمات بيتا إلى نوعين:

- جسيمات بيتا السالبة β^- (الإلكترونات)
- جسيمات بيتا الموجبة β^+ (البوزترونات)

يمكن تعريف البوزترون على أنه جسيم مساو في كتلته للإلكترون و لكن شحنته موجبة. و بما أن هذه الجسيمات مشحونة فإنه يمكن التحكم في مسارها باستخدام المجالات الكهربائية أو المغناطسية، كما يمكن تسريعها إلى طاقات عالية.

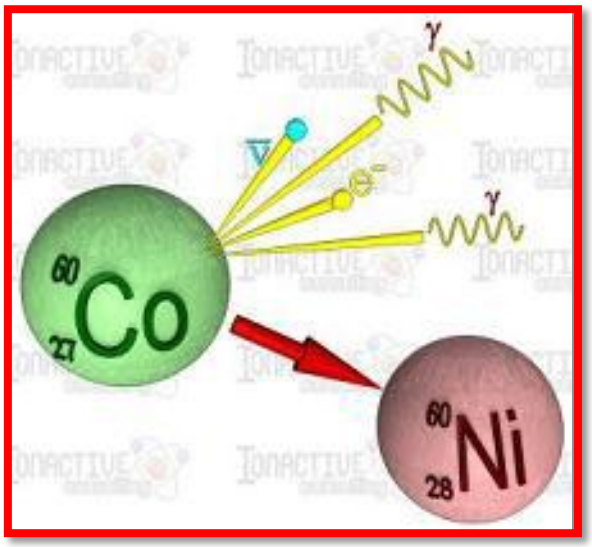


الشكل(1-9): تحلل النظير و تولد جسيمات بيتا [22].

1-9-3 الأشعة غاما γ:

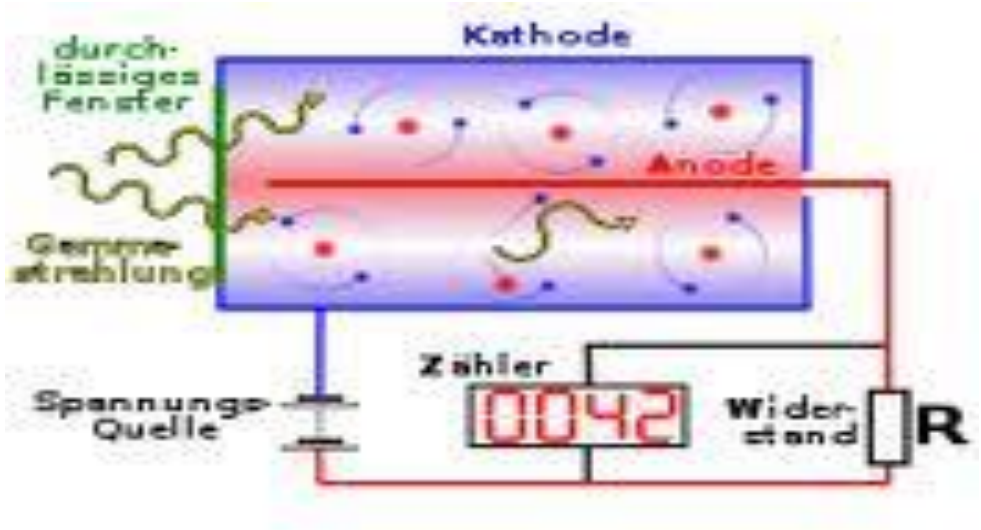
في أغلب الأحيان تكون النوى الوليدة الناتجة عن تفكك ألفا أو تفكك بيتا في حالة مثارة. و سرعان ما تنتقل إلى حالة أقل إثارة أو إلى الحالة الأساسية و تتخلص من الطاقة الزائدة عن طريق إصدار إشعاعات

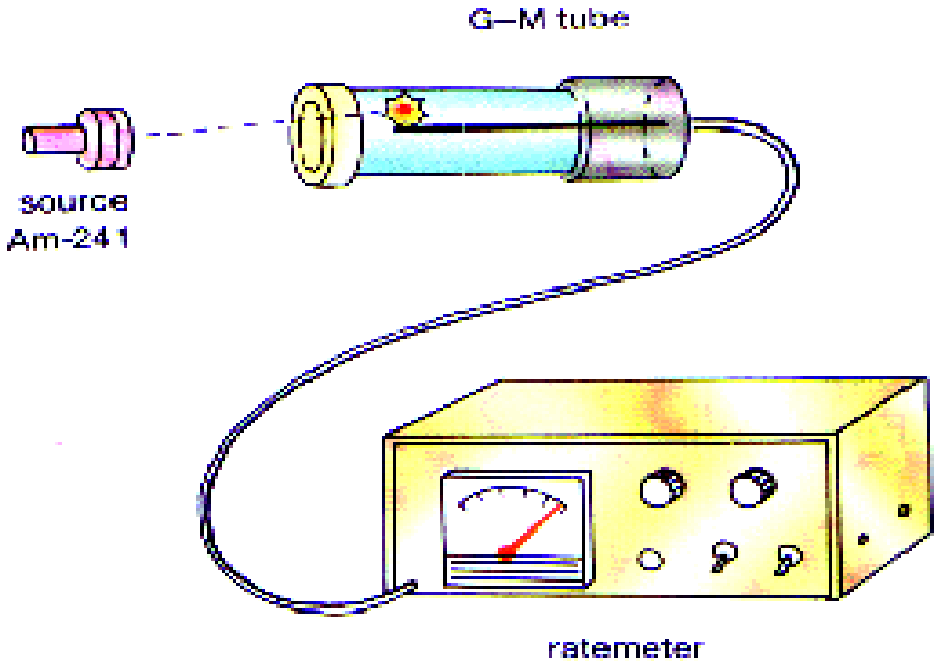
كهرو مغناطسية تعرف باسم إشعاعات غاما. كذلك يمكن إثارة النوى المستقرة بطرق مختلفة كالتفاعلات النووية مثلا حيث تعود هذه النوى المثارة من جديد إلى حالتها الأساسية بعد إصدار أشعة غاما.



الشكل (1-10):تحلل النظير و تولد أشعة غاما [9].

الفصل الثاني :
مبدأ عمل الكشافات الغازية





2-1 مقدمة:

إن تفاعل الأشعة المؤينة مع المواد المختلفة تنجم نتائج عدة تتوقف على نوع الإشعاع و طبيعته و شدته، و كذلك طبيعة المادة. و تسمى المواد التي تتأثر بالإشعاع بشكل يمكن معه الاستفادة من الأثر الناتج "كواشف الإشعاع". فعندما تتفاعل على اختلاف أنواعها سواء أكانت جسيمات مشحونة أم غير مشحونة مثل جسيمات ألفا أو بيتا أو الأشعة الكهرو مغناطسية مثل غاما مع الكاشف فإن الحصيلة النهائية لتبادل التأثير بالنسبة لأغلب أنواع الكواشف هي تشكل كمية من الشحنات ضمن مادة الكاشف (أو ما يسمى بالحجم الفعال للكاشف) التي تجمع عند قطب معاكس، حيث يقوم مبدأ الكشف عن الإشعاعات في كثير من الكواشف على استخدام ظاهرة تأين أو إثارة الإشعاعات لذرات أو جزيئات المادة عند المرور فيها.

هناك عدة أنواع من الكواشف منها الغازية و منها الصلبة حيث تصنف حسب نوع مادة الكاشف: الكواشف الصلبة، و الكواشف الغازية حيث يقوم مبدأ الكواشف الغازية على تجميع الشحنات الكهربية (الإلكترونية و الأيونية) الناتجة عن تأين ذرات أو جزيئات الغاز عند مرور الإشعاعات المؤينة فيه. و بقياس الشحنة الكهربية الناتجة أو التيار الناتج عنها يمكن الكشف عن مرور الإشعاعات في الغاز.

و تنقسم الكواشف الغازية حسب شروط تشغيلها إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

-غرفة التأين
- العدادات التناسبية
-عدادات غايغر- مولر

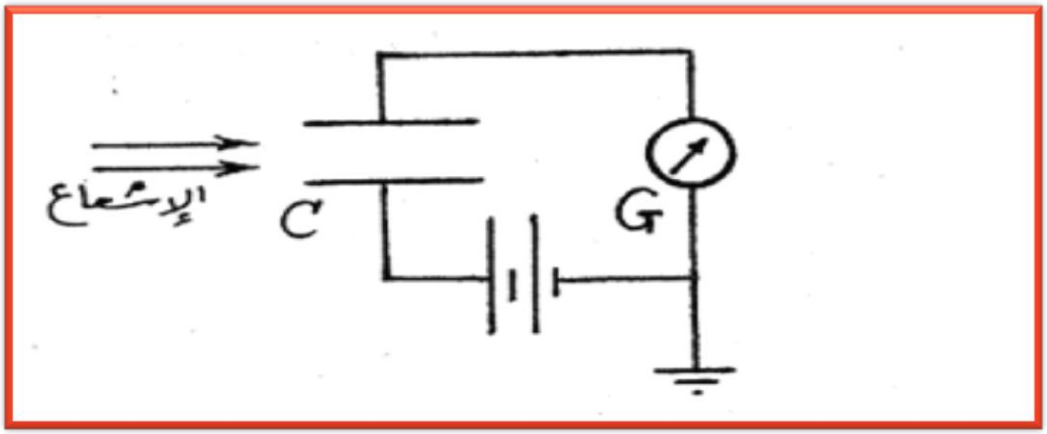
هذا الأخير الذي سنخصه بالدراسة في هذا البحث **[22]، [14]**.

2-2 كشف الإشعاع المؤين وقياسه:

2-2-1 طرائق التأيين لكشف الإشعاع (الجسيمي أو الموجي):

يرافق تأثير (تفاعل) الإشعاع في المادة عدد من الآثار مثل تكون الأيونات و إصدار الفوتونات و إطلاق الحرارة. و يمكن استخدام هذه الآثار جميعا لكشف الإشعاع و قياس شدته و أطيافه. و يقوم عمل كثير من أجهزة القياس (الكواشف) على قدرة الإشعاع على تأيين الجزيئات ،و يتألف كل زوج من الأيونات التي يحدثها الإشعاع في الكاشف من أيون جزيئي موجب و إلكترون، يسمى التأين الذي يحدثه الإشعاع التأين الأولي و تؤين الجسيمات المشحونة بالكهرباء مباشرة فإنها تنزع إلكترونات من الجزيئات (الأثر الفوتو كهربائي) أو تكسب إلكترونات كيمتون طاقة أو تولد أزواجا إلكترونية- بوزترونية و من ثم تحدث هذه الإلكترونات التأين في الكاشف و بقياس الشحنة الكهربائية المولدة في الكاشف يمكن دراسة خصائص الإشعاع الذي يجتازه.

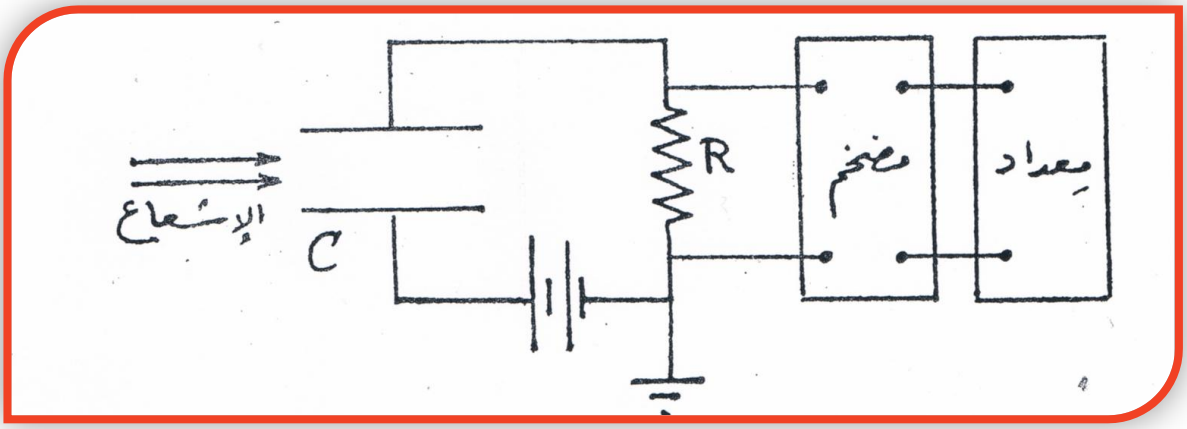
إن أكثر الكواشف شيوعا هي حجرات التأين و العدادات التناسبية و عدادات غايغر- مولر. و تتشابه هذه الكواشف في تصميمها و طريقة عملها، و هي تتألف أساسا من وعاء ذي مسريين يطبق بينهما توتر (فرق في الكمون) كهربائي. و يملأ الحيز بين المسريين بغاز جاف.
و لتوضيح عمل الكواشف المملؤة بالغاز نتأمل دارة حجرة تأين مستوية و كيفية عملها. يتألف هذا الكاشف من مكثفة مستوية طبق بين لبوسيها فرق في الكمون U (الشكل 2-1).



الشكل (2-1): [10].

من المعروف أن الغاز الجاف عازل جيد. إلا أن تعريض الغاز للإشعاع (تشعيعه) يغير ناقليته إلى حد كبير. إذ يؤين الإشعاع الجزيئات فيكتسب الغاز القدرة على نقل التيار الكهربائي فتنغلق الدارة و يسري التيار. و يمكن قياس شدة التيار مباشرة بغلفانو متر فنحصل منه على الشدة الوسطية التي تجتاز الكاشف. تسمى الكواشف التي تعمل في ظروف كهذه كواشف التيار.

أما إذا أريد تسجيل مرور كل جسيم على حدة عبر الكاشف فتستعمل الكواشف النابضة. و بالإمكان جعل حجرة التأين المستوية كاشفا نابضا بوصلها بمقاومة مناسبة R (الشكل 2-2).



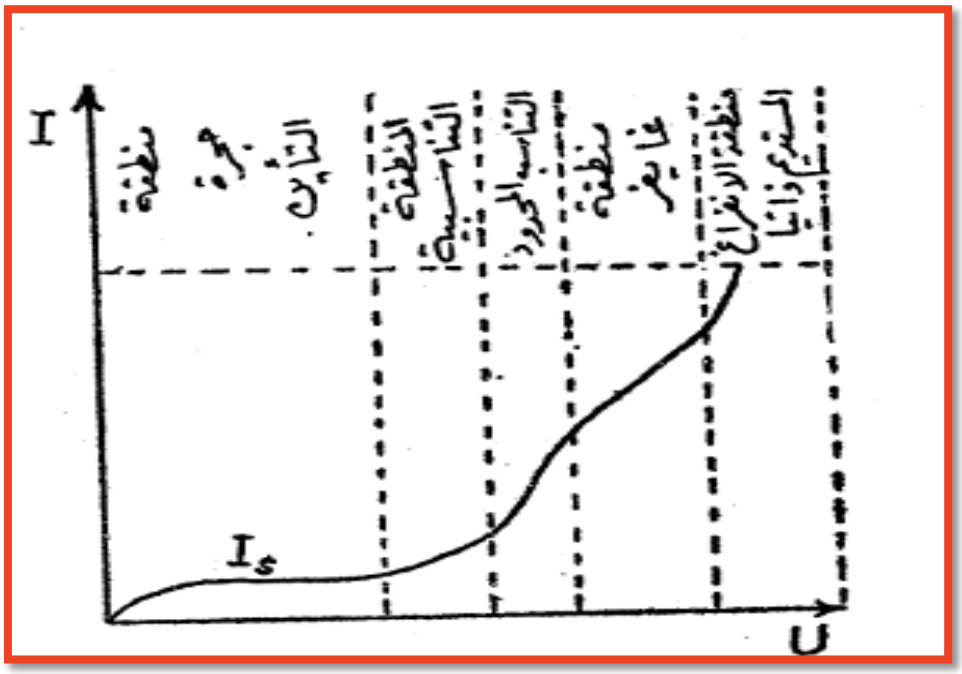
الشكل (2-2): [10].

إن مرور الجسيم عبر غاز الحجرة يجعله ناقلا لبرهة قصيرة فيتغير التوتر الكهربائي بين طرفي المقاومة R خلال البرهة نفسها. و تنتقل (نبضة التوتر) هذه إلى مضخم إلكتروني فيكبر سعتها مئات المرات أو أكثر. بعد ذلك تدخل النبضة المضخمة جهاز التسجيل و العد (المعداد). و يقيس معدل عد النبضات (أي عدد النبضات المسجلة في و حدة الزمن) كثافة تدفق الجسيمات عبر الكاشف.

يمكن أيضا استخدام الكواشف النابضة لقياس أطياف طاقة الجسيمات. ففي بعض الكواشف تكون سعة نبضة التوتر الخارجة من المقاومة R متناسبة مع طاقة الجسيم شريطة أن يتوقف الجسيم تماما داخل الكاشف. عندئذ يمكن تعيين توزع الطاقة على الجسيمات من معرفة توزع سعات النبضات.
و يكون من الضروري، في بعض التجارب، فصل ظاهرة معينة عن البقية (كتعيين اتجاه جسيم سريع مثلا) فتستعمل في هذه الحالة (دارات الانطباق) حيث يوصل مخرجا الكاشفين إلى الدارة الإلكترونية. فإذا مر الجسيم في آن واحد عبر كلا الكاشفين انتقلت نبضة التوتر إلى المعداد. أما في دارات (الانطباق المضاد) فلا يعمل المعداد إلا إذا أتت النبضة من أحد الكاشفين [10].

2-2-2 المنحني المميز (فولت- أمبير) للانفراغ في الغاز:

يتوقف مرور تيار التأين عبر كاشف مملوء بالغاز (إنفراغ في الغاز) على خصائص الغاز، و مقدار التوتر الكهربائي المطبق و شكل المسريين. إن المنحني المميز الأساسي للإنفراغ في الغاز هو الذي يبين تغير التيار I بتغير الفولتية (التوتر U) و ذلك عندما تكون شدة الإشعاع في الكاشف ثابتة. و هذا ما يسمى (المنحني المميز فولت- أمبير) (الشكل2-3). فبازدياد التوتر يزداد التيار في البداية ثم يبقى ثابتا في مجال معين للتوتر، و أخيرا يتزايد من جديد.



الشكل (2-3): المنحنى المميز (فولت-أمبير) [10].

لنحلل سبب هذا السلوك. بما أن الغاز بين المسريين خاضع لحقل كهربائي فإن الأيونات تتحرك نحو المسرى المشحون بشحنة من إشارة معاكسة (لشحنة الأيون). و تتناسب سرعة الأيون V مع شدة الحقل الكهربائي E: $V= bE$.
يسمى معامل التناسب b حركية الأيون و هو يساوي عدديا سرعة الأيون عندما تساوي شدة الحقل الواحد: $E= 1\ v/m$ و لهذا يقاس b بـ $m^2/s.v$ و هو خاصة تميز الغاز، و كلما كبرت حركية الأيون في الغاز تجمعت الشحنات على المسريين بسرعة أكبر، وتلتقط جزيئات الغازات الكهرسالبة، كالهالوجينات، الإلكترونات عند التصادم فتغدو أيونات سالبة. و في غازات

كهذه تكون حركية الأيونات من كلتا الإشارتين من مرتبة $10^{-4}\mathrm{m}^2/s.V$. أما ذرات الغازات الكهرموجبة (كالأرغون و الهليوم و غيرهما) فلا تلتقط الإلكترونات. و لهذا تكون (الأيونات) السالبة في هذه الغازات الإلكترونات يمكن لحركيتها أن تبلغ $1.5\ m^2/s.V$. و بسبب الفرق الكبير في الحركيات تتجمع الإلكترونات أولا على الآنود (الذي يسمى أيضا المسرى المجمع) خلال مدة قصيرة من رتبة 10^{-7} ثم تبدأ الأيونات الثقيلة و البطيئة بالتجمع: الموجبة على الكاتود و السالبة على الآنود.
و عندما تكون الفولتية صغيرة تكون سرعة الحركة الإنسحابية للأيونات صغيرة أيضا و لا تؤثر تأثيرا ذا بال في حركة الأيونات، و في هذه الحالة تكون الحركة الحرارية العشوائية هي الراجحة. و بسبب التصادمات العديدة بين الأيونات و الجزيئات تحدث ظاهرتان: اتحاد الأيونات من جديد و انتشارها.

فالتصادمات بين الإلكترونات و الأيونات الصغيرة المسرعة يمكن أن تؤدي إلى اتحادها ثانية و تشكل جزيئات معتدلة، و يتوقف معدل الاتحاد على الكثافة الأيونية في الغاز، فكلما زادت كثافة الإلكترونات و الأيونات الموجبة و الجزيئات زاد معدل الاتحاد، إلا أنه بازدياد سرعة الأيونات يقصر زمن تأثيرها المتبادل فيغدو بالتالي، اتحادها من جديد أقل حدوثا.

إن كثافة الأيونات التي يحدثها الإشعاع ليست منتظمة في مختلف نقاط الحيز الغازي، فهي في بعض أجزائه أعلى منها في البعض الآخر، و نتيجة هذا الفرق في الكثافة و بسبب الحركة الحرارية تتحرك الأيونات من نقاط الكثافة العالية إلى حيث الكثافة أصغر. يسمى هذا النوع من حركة الأيونات في الغاز الانتشار الأيوني.

يخفض اتحاد الأيونات و انتشارها قيمة التيار الكهربائي في الكاشف إذ لا تستطيع الأيونات جميعا بلوغ المسريين. و يكون تأثير الانتشار في الإنفراغ في الغاز أقل من تأثير الاتحاد.
و بازدياد التوتر المطبق بين المسريين يتناقص الاتحاد و الانتشار و تزداد الشحنات التي تبلغ المسريين. و عند توتر معين يلتقط المسريان جميع الأيونات الأولية فلا تؤثر زيادة التوتر بعد ذلك في التيار الذي يسمى عندئذ تيار الإشباع I_S.
إن ما يحدث في منطقة الإشباع هو تبعثر مرن للأيونات بجزيئات الغاز. و تكون الطاقة الحركية التي تكتسبها الأيونات من الحقل الكهربائي غير كافية بعد لتأيين الجزيئات. بيد أنه عند توتر معين (نهاية منطقة الإشباع) تتسارع الإلكترونات المتحركة بين تصادمين، بحيث تغدو طاقتها الحركية كافية لتأيين جزيئات الغاز. يسمى هذا النمط من التأيين تأيينا ثانويا. و تؤين الإلكترونات في تصادماتها اللاحقة جزيئات أخرى و هكذا... أي يحدث تكاثر سريع للأيونات (تأيين تاونسد Town send). و يؤدي نشوء الأيونات الإضافية في الغاز بهذه الطريقة إلى ازدياد التيار الذي يغدو أكبر كلما اشتد التوتر. تسمى هذه الظاهرة التضخيم الغازي، و يتميز بالمعامل K و هو نسبة الشحنة التي يجمعها المسرى إلى الشحنة الأولية.
ففي منطقة تيار الإشباع K=1. و بازدياد التوتر U يزداد K بشدة و لا يتوقف في مجال معين إلا على التوتر. و معنى هذا أن كل قيمة لـ U يقابلها قيمة معينة لـ K و أن الشحنة النهائية متناسبة مع الشحنة الأولية عند قيمة معينة لـ U. تسمى منطقة التوتر التي يكون فيها K مستقلا عن الشحنة الأولية المنطقة التناسبية و تبلغ قيمة K في نهاية هذه المنطقة $10^3 - 10^4$.

و عندما يصبح التوتر U عاليا إلى حد كاف يغدو الإنفراغ غير متوقف على الشحنة الأولية أو على نوع الإشعاع: فيتشكل زوج أيوني واحد في الغاز كاف الآن لإحداث الإنفراغ. تسمى منطقة التوتر هذه منطقة

غايغر Geiger. و متى بدأ الإنفراغ فيها فإنه لا يتوقف تلقائيا بل لابد من (إطفائه) بإحدى الطرائق المناسبة التي سنتعرض لها فيما بعد، و أخيرا تنتهي منطقة غايغر عند منطقة الإنفراغ المستديم ذاتيا.

تعمل حجرات التأين في منطقة التوتر الأولى و في منطقة الإشباع و لهذا يسمى مجال التوترات هذا منطقة حجرة التأين، أما العدادات التناسبية فتعمل في المنطقة التناسبية، و أخيرا فإن عدادات غايغر-مولر تعمل في منطقة غايغر [10].

2-3 أنواع الكواشف الغازية:

2-3-1 حجرة التأين

إن حجرة التأين هي من أكثر الكواشف شيوعا، و يمكن استخدامها لقياس أي نوع من الإشعاع، و تقسم حجرات التأين حسب شكلها إلى مستوية و أسطوانية و كروية.

يكون المسريين (الصفيحتين) في الحجرة المستوية مفصولين بالغاز و موضوعين في وعاء، و يعزل سلكا توصيل التوتر إلى المسريين عن الوعاء بمواد عالية المقاومة: $10^9 - 10^{14}\Omega$ (كهرمان، بولي إتيلين، .... إلخ)، يولد حقل كهربائي منتظم شدته E=U /d في الحيز بين المسريين المستويين اللذين يطبق عليهما التوتر U (d هي المسافة بينهم). و يختل انتظام الحقل عند حواف المسريين و يكون الحقل هناك أضعف، و لهذا فإن جزء الأيونات المتجمع على المسرى عند الحواف أصغر من المتجمع عند المنطقة المركزية. و هذا أحد عيوب الحجرات المستوية إذ من الصعب تحديد (الحجم العامل) أي الحجم الذي يسهم في نقل شحنات التأين الأولي إلى المسريين.

إن مقاومة العازل R المستخدم في التجارب لا تتعدى $10^{14}\Omega$ عادة فإذا كان التيار في الحجرة $10^{-10}A$ فإن التيار الذي يجتاز العازل ذا المقاومة $R = 10^{13}\Omega$ تحت التوتر $U = 200V$ هو:

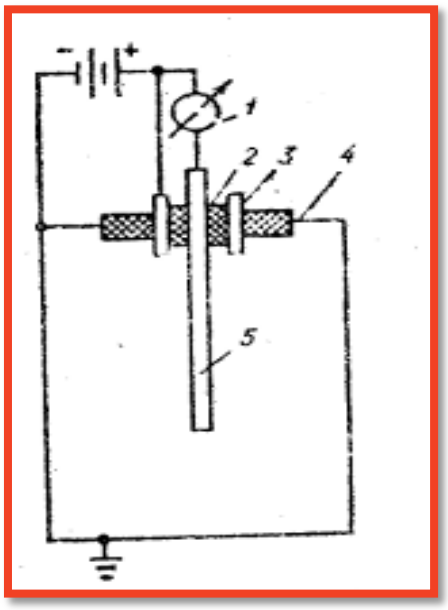
$$I = \frac{U}{R} = 0{,}2 \cdot 10^{-10}\ A$$

و يشير جهاز القياس إلى تيار شدته $1{,}2 \cdot 10^{-10}\ A$ و بالتالي يكون الارتياب في قياس التأين الأولي 20% و على هذا يختار عادة التوتر U المطبق على مسريي الحجرة المستوية قرب بداية منطقة الإشباع (لتصغير I).

إن إحدى المميزات المهمة للكاشف هي حساسيته أي التأين الأولي الأصغر الذي يستطيع الكاشف قياسه. يمكن زيادة حساسية الحجرة إما بزيادة حجمها و إما بزيادة ضغط الغاز فيها. ففي الحالة الأولى يزداد طول مسار الجسيم المشحون في الحجرة بينما في الحالة الثانية ينقص مدى الجسيم المشحون، و في كلتا الحالتين يزداد عدد الأزواج الأيونية التي يولدها الجسيم في الحجرة، و يزداد معه التيار. يمكن استعمال الحجرات المستوية لقياس تيارات ضعيفة من مرتبة $10^{-12}A$. و هناك ما يضع حدا لحساسية الحجرات الكبيرة و هو التيارات التي تحرضها الأشعة الكونية و التلوث الإشعاعي و غير ذلك.

و الخاصة المميزة المهمة الثانية للكاشف هي كفايته أي نسبة عدد الجسيمات التي يسجلها الكاشف إلى العدد الكلي للجسيمات الداخلة إليه. و تتوقف الكفاية على نوع الكاشف و تركيبه و كذلك على خصائص

الجسيمات. أما حجرة التأين الأسطوانية فتتألف (الشكل 2-4) من أسطوانة جوفاء محكمة السد ذات قضيب معدني وفق محورها و هو المسرى المجمع (5). يطبق على هذا المسرى توتر عال و يوصل الوعاء (4) الأسطواني بالأرض، و في وسع الحجرات الأسطوانية الحساسة قياس تيارات صغيرة من مرتبة $10^{-14} - 10^{-10}$. و لجعل التيار المتسرب أقل من $10^{-10}A$ بكثير يطبق التوتر العالي على كل من المسرى المجمع و الحلقة الحارسة (3) المثبتة في وسط العازل الكهربائي (2). فيصبح فرق الكمون في المسرى المجمع و الحلقة الحارسة معدوما تقريبا و بالتالي يمر القيم الأكبر من التيار المتسرب من الحلقة الحارسة إلى الوعاء الأسطواني دون اجتياز المقياس الغلفاني (1)، إن وجود الحلقة الحارسة يخفف المتطلبات المفروضة على المواد العازلة و يزيد دقة القياسات.



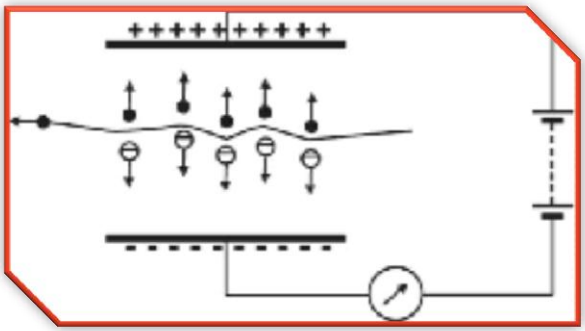
الشكل (2-4): [10].

و أخيرا فإن الطراز الثالث لحجرات التأين هو الكروي. و يتألف من وعاء كروي معدني (ألمنيوم، فولاذ) يوضع في مركزه كريّة معدنية هي المسرى المجمع، و يطبق التوتر على الكريّة عن طريق عازل زجاجي.

و تستعمل حجرات التأين في نظام نابض أو تياري حسب الغرض منها و حسب تركيبها. فتستخدم الحجرات النابضة لتسجيل جسيمات مشحونة ثقيلة منفردة (بروتونات، جسيمات α، شظايا انشطارية، ....الخ) و بما أن التأيين النوعي للجسيمات الخفيفة (إلكترونات، بوزترونات، .....الخ) صغير نسبيا فإنه يتعذر تسجيلها بفعالية في الحجرات النابضة.

و تتميز الكواشف النابضة بما يسمى زمن الفصل τ_r و هو أقصر مدة تفصل بين دخول جسيمين متعاقبين إلى الكاشف بحيث يتولد منهما نبضتان منفصلتان، و تسمح معرفة τ_r بحساب مقدرة الفصل للكاشف النابض $N_r = 1/\tau_r$ و هي تشير إلى العدد الأعظم من الجسيمات الذي يستطيع الكاشف تسجيله في وحدة الزمن.

أما حجرات التيار فتستخدم لقياس الشدة الوسطية لمختلف أنواع الإشعاع فهذه الشدة متناسبة مع التيار الوسطي الذي يسري عبر الحجرة [11].



الشكل (2-5): غرفة التأين [16].

2-3 -2 العدادات التناسبية (Proportional Counters):

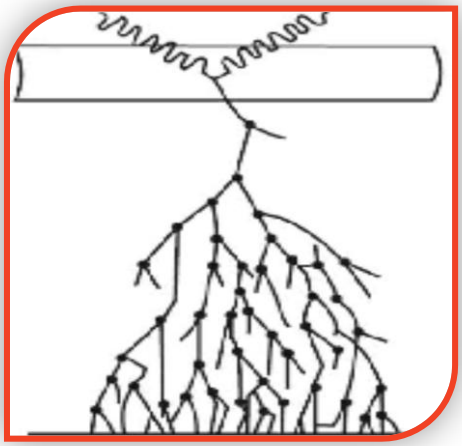
عند زيادة الجهد بين قطبي غرفة التأين إلى قيم عالية يبدأ التيار في الزيادة السريعة فوق التشبع $_s$. ويعود السبب في ذلك إلى أن الإلكترونات الناتجة عن التأين و الواقعة تحت تأثير فرق الجهد تكتسب طاقة حركية تتناسب مع قيمة فرق الجهد الذي تجتازه. و عند زيادة فرق الجهد تزيد الطاقة التي تكتسبها هذه الإلكترونات فتصبح (الإلكترونات) قادرة على تأيين ذرات جديدة من الغاز، و بالتالي تكوين مجموعة ثانوية من الأزواج الإلكترونات - الأيونية تنضم للمجموعة الأولية التي نتجت بفعل الجسيم النووي. و تستمر إلكترونات كلتا المجموعتين في الحركة بتأثير الجهد و بالتالي تكتسب طاقة جديدة فتؤدي إلى مرحلة جديدة من التأين الثانوي. و هكذا فإن الإلكترونات الناتجة عن التأين الأولي بفعل الجسيم النووي تتبعها عدة مراحل تأين ثانوي تؤدي إلى مضاعفة عدد الإلكترونات. و هذه المراحل المتتابعة من التأين الثانوي الناتج عن الجهد الكبير تختلف اختلافا تاما عن مفهوم التأين الثانوي الناتج عن جسيمات بيتا ذات الطاقة العالية الذي يحدث دون النظر إلى شدة المجال. و ينتج عن تتابع التأين تكثر هائل لعدد الإلكترونات. فضلا عن ذلك فعند تصادم الإلكترونات المعجلة بجزيئات الغاز أو عند حدوث إعادة التحام بين الأعداد الهائلة من الإلكترونات و الأيونات يمكن أن تنطلق فوتونات (أشعة سينية) نتيجة لإثارة هذه الجزيئات عند التصادم. و يمكن أن تؤدي هذه الفوتونات إلى تحرير عدد آخر من الإلكترونات من سطح قطب الجهد العالي أو من جزيئات الغاز التي يكون جهد تأينها صغيرا (في حالة وجود خليط من الغازات). و بذلك يمكن أن تشترك الفوتونات في عملية التأين الثانوي. و بالتالي تنتشر عملية التأين في الحجم الكلي للغاز و يحدث ما يشبه التفريغ الكهربي للغاز (gas discharge).

فإذا كان احتمال تكوين إلكترون كهروضوئي بواسطة الإلكترون الواحد γ و كان عدد الإلكترونات الثانوية الناتجة عن تصادم إلكترونا واحدا بالذرات هو n، يكون $n\gamma$ عبارة عن عدد الإلكترونات الكهروضوئية الناتجة عن n إلكترون ثانوي. ثم يتضاعف هذا العدد بفعل التصادمات مكونا $(n^2\gamma)$ إلكترونا ثانويا. و هذا العدد الأخير يؤدي بدوره إلى تكوين $(n^2\gamma^2)$ إلكترونا كهروضوئيا. و يجمع جميع عناصر هذه المتوالية الهندسية و قسمته على عدد الإلكترونات الابتدائية يمكن إيجاد معامل التضاعف M كما موضح من المعادلة رقم (2-1):

$$M = n/(1 - n\gamma) \qquad (1\text{-}2)$$

و يبين معامل التضاعف M عدد مرات تضاعف الإلكترونات الابتدائية (أي الناتجة عن الجسيم النووي ذاته). فإذا كانت قيمة ($1 \gg n\gamma$) فيصبح معامل تضاعف العداد مساويا لعدد الإلكترونات الثانوية الناتجة عن تصادم إلكترون واحد بالذرة ($M = n$). و يكون هذا التضاعف ناتجا عن التأين الثانوي فقط و لا تلعب الفوتونات دورا ملحوظا في التأين و بالتالي يمكن إهمالها و اعتبار قيمة γ مساوية للصفر. و يسمى العداد في هذه الحالة بالعداد التناسبي (proportional counter) نظرا لأن العدد الكلي للإلكترونات الثانوية يتناسب مع عدد الإلكترونات الابتدائية الناتجة عن الجسيم النووي.

و هكذا فإنه عند زيادة فرق الجهد بين القطبين فيما بعد عتبة التشبع لغرفة التأين يبدأ العداد في العمل كونه عدادا تناسبيا. و في منطقة الجهود التي يتحقق عندها تشغيل العداد في المنطقة التناسبية يزداد التيار زيادة كبيرة (من 1 إلى 1000 مرة) حسب قيمة (V). و على الرغم من زيادة التيار فإنه يستمر متناسبا مع عدد الأزواج الإلكترونية الأيونية الناتجة عن الجسيم النووي أي متناسبا مع طاقة هذا الجسيم. فعند دخول جسيمين ذويّ طاقتين مختلفتين ($E_2 < E_1$)، ينتج عنهما تياران مختلفان سواء في منطقة غرفة التأين أم في منطقة العداد التناسبي، مما يمكن من فصل هاتين الطاقتين. و في نهاية منطقة العداد التناسبي يصبح من الصعب تمييز الطاقات المختلفة [19]، [20].



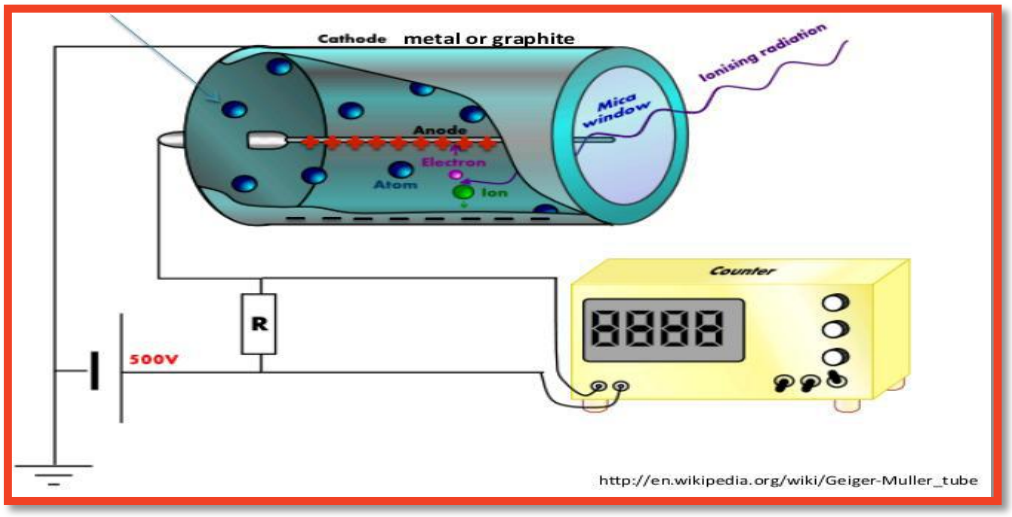
الشكل (2-6): التأينات الثانوية (الانهيار) [17].

2-3-3عداد غايغر- مولر(Geiger –Muller tube):

يسمى عداد غايغر- مولر باللغة الإنجليزية "Geger counter" و تعود تسميته إلى العالم الألماني "غايغر" الذي قام باختراعه ثم جاء تلميذه "مولر" و أدخل عليه تعديلات كبيرة.

عداد غايغر- مولر هو جهاز يستعمل للقياس و الكشف عن جميع أنواع الإشعاعات (ألفا، بيتا و غاما) و هو عبارة عن قطبين كهربائيين مطوقين بغاز خامل بين طرفيهما فرق كمون عالي. عندما يدخل الإشعاع إلى أنبوب العداد فإنه يؤين ذرات الغاز الموجود في الأنبوب، الأيونات و الإلكترونات تنجذب إلى قطبي الجهاز فيتولد تيار كهربائي أو نبضة يتم التقاطها بواسطة دارة إلكترونية و هكذا يتم الحصول على نبضة كلما أين الإشعاع الغاز الموجود في الأنبوب و العداد. أنبوب غايغر- مولر هو عادة عبارة عن أسطوانة يمر في مركزها سلك معدني مملوء بغاز خامل ذو ضغط ضعيف (0.1atm) عادة ما يكون الأرغون أو الهليوم

أو النيون في نهايته نافذة صغيرة من الميكا تسمح بدخول الإشعاعات، أما العداد فهو عبارة عن تركيب إلكتروني يحتوي على منظم لفرق الكمون و عدة خيارات لزمن العد.



الشكل (2-6): عداد غايغر- مولر [18].

فرق الكمون العالي في الأنبوب ينتج عنه حقل كهربائي داخل الأنبوب. الإلكترونات الناتجة عن تأين الذرات تنجذب إلى القطب الموجب أما الأيونات فتنجذب إلى القطب السالب هذا يولد نبضة من التيار في السلك الرابط بين القطبين و هذه النبضة تحسب على أنها معدومة من طرف الجهاز، بعد أن تحسب هذه النبضة الأيونات المشحونة تتعادل من جديد و يصبح العداد جاهز لالتقاط نبضة أخرى.

2-3-3-1 مبدأ عمله:

عند زيادة الجهد بين قطبي العداد التناسبي إلى ما بعد منطقة التناسب يزداد معامل التضاعف M زيادة هائلة و بالتالي يزداد التيار زيادة طارئة. و يرجع السبب في ذلك إلى زيادة احتمال انطلاق الفوتونات فوق البنفسجية عند تصادم الإلكترونات بجزيئات الغاز و تكوين إلكترونات كهروضوئية (أي زيادة قيمة الاحتمال γ). و عند هذه الجهود العالية تصبح هذه الفوتونات هي المسؤول الأساسي عن الإلكترونات الثانوي. و ينتشر التأين الثانوي في جميع أنحاء العداد و بالتالي يصل العداد إلى حالة التفريغ الكهربي و ينتج عن ذلك تيار كبير للغاية دون النظر إلى عدد الإلكترونات الأولية. و يعرف العداد عند هذه الجهود باسم عداد غايغر- مولر (و هما مكتشفاه) [21].

و بالرجوع إلى العلاقة (2-2) يلاحظ أن هذا الأمر يتحقق عندما تصبح قيمة $n\gamma = 1$. عندئذ يصبح معامل التضاعف M عبارة عن ما لا نهاية أي:

$$M = n/(1-1) = \infty \qquad (2\text{-}2)$$

و في هذه الحالة فإن جهد النبضة لم يعد يتوقف على عدد الإلكترونات الأولية الناتجة عن الجسيم النووي. إذ أنه يكفي تكون زوج إلكتروني- أيوني واحد لبدأ عملية التفريغ و ظهور جهد النبضة. و بالتالي يلاحظ أن جهد النبضة لم يعد يتوقف على طاقة الجسيم النووي المسبب لها. لذا لا يستخدم عداد غايغر- مولر لتحديد طاقة الجسيمات النووية و إنما يستخدم فقط لتسجيل عدد هذه الجسيمات دون النظر لطاقتها.

و بمجرد بدأ التأين و التفريغ الكهربي لا يتوقف مرور التيار داخل العداد ذاتيا و إنما يستمر حتى في حالة عدم وصول جسيمات نووية جديدة. لذا فإنه يجب إيقاف عملية التفريغ داخل العداد ليكون جاهزا لاستقبال جسيم جديد و تسجيله. و يوجد نوعان من عدادات غايغر- مولر يختلفان باختلاف طريقة إيقاف التفريغ و هما عدادات ذات إطفاء خارجي و الأخرى ذات إطفاء ذاتي.

2-3-3-2 عدادات غايغر ذات الإطفاء الخارجي:

عندما يملأ العداد بغاز خامل (مثل الأرغون) تؤدي الفوتونات فوق البنفسجية إلى انطلاق الإلكترونات الكهروضوئية من الكاثود (الأسطوانة الخارجية) و ليس من ذرات الأرغون. و يتحرك جميع الإلكترونات في اتجاه الآنود الذي تتكون حوله سحابة أيونية كثيفة تتحرك بدورها في اتجاه الكاثود. و عند تحرك هذه السحابة إلى الكاثود يبدأ التيار في المرور و يؤدي إلى ظهور نبضة الجهد على المقاومة R_0، و عند وصول هذه السحابة الأيونية إلى الكاثود تنتج فوتونات فوق بنفسجية جديدة و إلكترونات ثانوية فيستمر التيار في المرور ولا يتوقف. و هكذا يستمر مرور التيار طالما بقي الجهد V عاليا و لم يتم تخفيضه بأي وسيلة خارجية. و لتخفيض قيمة الجهد يمكن اختيار قيمة R_0 كبيرة للغاية (في حدود $10^9 - 10^8\Omega$) فعند تحرك السحابة الأيونية بعيدا عن الآنود ينخفض جهد الآنود بما يعادل IR_0، أي أن جهد الآنود عند تحرك السحابة الأيونية يصبح $(V_0 = V - IR_0)$ حيث I تيار السحابة الأيونية. فإذا كانت قيمة R_0 كبيرة ينخفض جهد الآنود بحيث يصبح أقل من الجهد اللازم لاستمرار التفريغ أي أقل من V_b. لذلك فإنه عند وصول السحابة الأيونية للكاثود يكون الجهد أقل من الحد اللازم لاستمرار التفريغ و بالتالي يطفأ العداد. فإذا كان زمن انتقال الأيونات داخل العداد $200\mu s$ و سعته الداخلية في حدود 10بيكوفاراد يجب أن تكون قيمة R_0 في حدود $(4 * 10^8)$ Ω. و بعد أن يطفأ العداد يكون جهد الآنود أقل من الجهد اللازم لتشغيله في منطقة غايغر. فيبدأ هذا الجهد في الزيادة من جديد إلى أن يصل إلى القيمة الأصلية V بعد زمن كبير بموازنة مع ثابت الزمن R_0C_0 (بعد حوالي $10^{-3}s$). و خلال هذا الوقت الذي يستعيد فيه العداد جهده على الآنود يكون العداد غير مستعد لاستقبال جسيمات جديدة. و لو دخل جسيم إلى العداد خلال هذا الزمن فإنه يمكن أن يسجل و لكن تكون النبضة الناتجة صغيرة للغاية بحيث لا يحس بها الجهاز الإلكتروني الآخر. و تعرف هذه الفترة الزمنية باسم فترة الاسترجاع (necovery time)، و يلاحظ أن أهم عيوب هذا النوع من العدادات هو كبر فترة الاسترجاع (حوالي 10^{-3}) [19]،[20].

3-3-3-2 عدادات غايغر ذات الإطفاء الذاتي:

و يتميز هذا النوع من العدادات بعدم وجود مقاومة كبيرة لخفض جهد الآنود و إنما تستخدم مقاومة صغيرة. و بذلك يبقى الجهد ثابتا على الآنود و لا ينخفض إلى ما دون حد جهد غايغر، و لحدوث الإطفاء في هذا النوع من العدادات يملأ العداد بخلط من غاز الأرغون (حوالي 90%) و بخار مركب متعدد الذرات مثل الكحول أو الأسيتون (حوالي 10%) و عند دخول الجسيم النووي يحدث التأين الابتدائي ثم تتبعه مجموعة التأينات الثانوية بالقرب من الآنود و انطلاق الفوتونات فوق البنفسجية التي تؤدي إلى انطلاق الإلكترونات الكهروضوئية بالأسلوب نفسه المتبع في عدادات غايغر السابقة، و لكن يحدث اختلاف في هذه العدادات و يرجع أساسا إلى قابلية بخار الكحول أو الأسيتون العالية لامتصاص الفوتونات فوق البنفسجية و بذلك تمتص هذه الفوتونات في الغاز و لا تصل إلى الكاثود، و بذلك تكون الإلكترونات الكهروضوئية صادرة عن جزيئات بخار الكحول و ليس عن ذرات الأرغون أو ذرات مادة الكاثود المعدنية، و نظرا للقابلية العالية

لامتصاص الفوتونات في جزيئات الكحول و تأينها فإن هذه الفوتونات لا تبتعد كثيرا عن الآنود و ينحصر التفريغ الكهربي بالقرب منه، و هكذا تتحرك السحابة الأيونية باتجاه الكاثود مكونة بذلك النبضة الكهربية التي لا تتأثر بالمركبة الإلكترونية، و تتكون الأيونات الموجبة التي تصل إلى الكاثود كليا من أيونات جزيئات الكحول أو الأسيتون و ذلك لامتصاص الفوتونات بواسطة هذه الجزيئات و كذلك لأنه عند تحرك أيون أرغون موجب باتجاه الكاثود فإنه يكتسب إلكترونا عند اصطدامه بجزيء الكحول المتعادل الذي يتحول بدوره إلى أيون موجب (لأن طاقة ارتباط الإلكترون بذرة الأرغون أعلى من طاقة ارتباط الإلكترون بجزيء الكحول)، و عند وصول أيونات الكحول الموجبة إلى الكاثود فإنها لا تؤدي إلى انبعاث إلكترونات ثانوية من مادة الكاثود و بالتالي يحدث الإطفاء ذاتيا و هكذا يمكن تلخيص دور جزيئات الغاز المتعددة الذرات مثل بخار الكحول أو الأسيتون الآتي:

- منع وصول الفوتونات إلى الكاثود و بالتالي منع انطلاق الإلكترونات الكهروضوئية منه.
- منع وصول أيونات الأرغون الموجبة إلى الكاثود و بالتالي منع انبعاث الإلكترونات الثانوية منه [19]،[20].

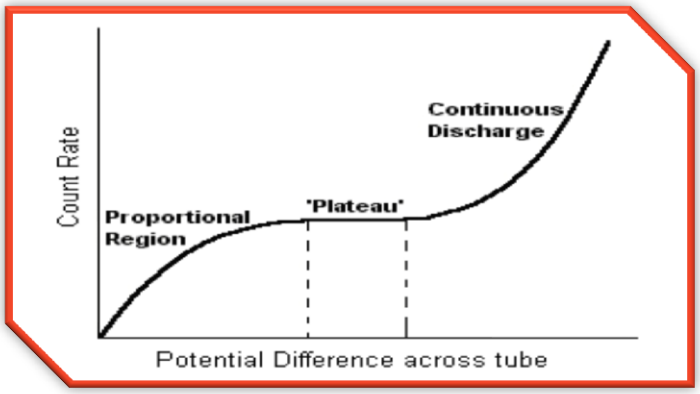
2-3-3-4 خصائص عداد غايغر- مولر:

يتميز عداد غايغر- مولر بعدة خصائص تميزه عن الكواشف الغازية الأخرى نذكر منها:

2-3-3-4-1 المنطقة المستقرة للجهاز (Plateau):

من أجل أفضل استعمال لعداد غايغر- مولر يجب أن يكون بين طرفيه فرق كمون مناسب، فإذا كان فرق كمون منخفضا جدا، فإن الحقل الكهربائي الناتج في الأنبوب سيكون ضعيفا و بالتالي غير قادر على توليد نبضة تيار، أما إذا كان فرق الكمون عالي جدا، فسيخضع الأنبوب لتفريغ مستمر(discharge continuous) مما يؤدي إلى تعطيله.

يحدد المصنعون عادة فرق الكمون المناسب لتشغيل الجهاز بأفضل وجه، و يمكن تحديد مجال التوتر المناسب للجهاز بتجربة بسيطة بحيث نعرض الجهاز لمصدر إشعاع ثم نقوم بتغيير فرق الكمون تدريجيا و نقيس معدل العد (counting rate)، عند توتر منخفض لا يسجل الجهاز أي نبضة و عندما نزيد في فرق الكمون تدريجيا نصل إلى القيمة التي يبدأ عندها الجهاز بالعد و هذه القيمة تدعى جهد البداية (potentialstarting)، معدل العد يتزايد سريعا مع هذا التزايد يستوي (يثبت) معدل العد في مجال محدد من التواترات هذا المجال يسمى بـــ "المنطقة المستقرة "، و أخيرا يصل فرق الكمون إلى القيمة العالية التي تؤدي إلى تفريغ مستمر في الأنبوب، إذن عتبة التوتر هو توتر عند بداية منطقة الاستقرار و العمليات الصحيحة تتم عندما يكون توتر الجهاز في منطقة الاستقرار، كما من الأفضل أن تنتمي قيمته إلى الربع الأول من هذه المنطقة.



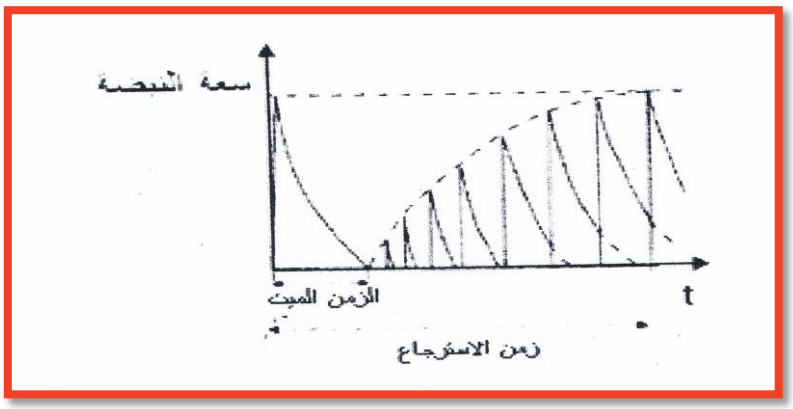
الشكل(2-7): منطقة الاستقرار[9].

2-4-3-3-2 الزمن الميت(Dead time):

عندما يتم التفريغ فإن الحقل الكهربائي حول المصعد ينخفض حالا و بالتالي فإنه يجب أن يمر وقت قبل أن يتهيأ الجهاز لإنتاج تفريغ آخر حيث ينمو الجهد الكهربائي حول سلك المصعد حتى يصل إلى قيمته الابتدائية فإذا دخلت أية جسيمات إشعاعية إلى الجهاز فور حدوث التفريغ الأول فإنها لا تستطيع أن تحدث تفريغا في الأنبوبة أي أن الجهاز لا يتحسسها و هذا نقول أن العداد يعتبر في حالة موت أثناء تلك الفترة الزمنية و تسمى الفترة الزمنية التي تمضي بين بداية ظهور نبضات صغيرة و ظهور نبضة تفريغ غايغر بزمن الاسترجاع (Recovery time) **[20]**.

2-4-3-3-3 زمن الاسترجاع (Recovery time):

عندما تصل الإلكترونات إلى الآنود و الأيونات الموجبة إلى الكاتود تكتمل النبضة و يمر التيار فيقل جهد الآنود إلى الحد الذي لا يسمح بالتفريغ الكهربائي داخل العداد بالطريقة المطلوبة، فلكي يتم التفريغ داخل أنبوبة غايغر لابد أن لا يقل فرق الجهد المطبق عن قيمة ما (جهد العتبة)، و بالتالي فزمن الاسترجاع هو الزمن اللازم حتى يستعيد الآنود جهده الأصلي و بالتالي خلال هذا الزمن لا يكون العداد مستعدا لاستقبال جسيمات جديدة و هي فترة كبيرة بالنسبة لعدادات غايغر (10^{-3}) **[20]**.

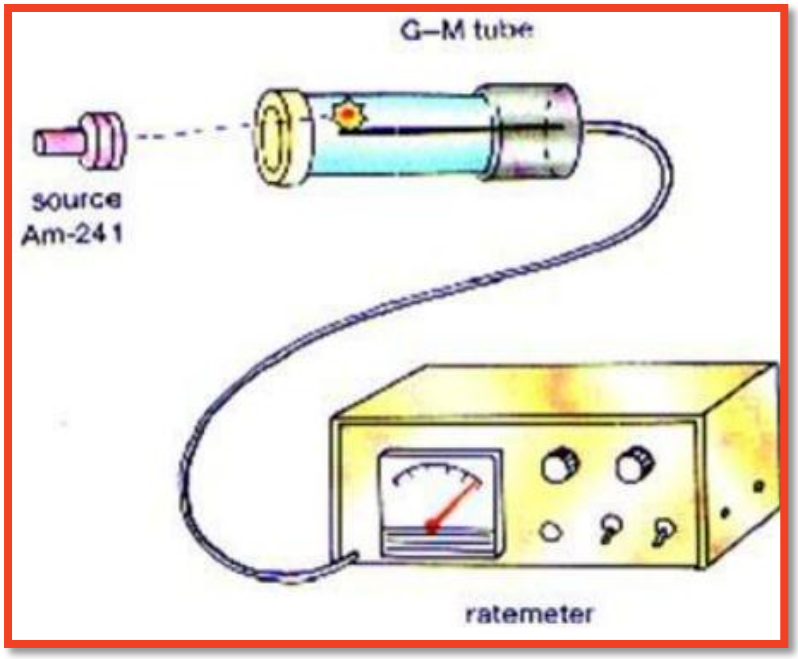


الشكل(2-8): زمن الميت و زمن الاسترجاع [10].

2-3-3-5 استخدامات عداد غايغر- مولر:

يستخدم عداد غايغر- مولر لعد الجسيمات النووية دون إمكانية تحديد طاقتها، ويفضل استخدام هذا العداد نظرا لكبر النبضة الكهربائية الناتجة عنه، حيث أنه يمكن الاستغناء عن الدارة الإلكترونية التي تستخدم عند مخرج العداد التناسبي لتكبير النبضات.

وعموما، يكون كل من العداد التناسبي وعداد غايغر- مولر على شكل أنبوب أسطواني فلزي، ويكون المهبط عبارة عن جسم هذا الأنبوب وتملأ هذه العدادات بخليط معين من الغازات يمكن أن يختلف باختلاف الغرض من العداد ونوعه [18].



الشكل (2-9): عداد غايغر- مولر [18].

2-3-3-6 بعض الشروط الواجب توفرها في عداد غايغر- مولر:

هناك بعض الشروط التي يجب أن تتوفر في هذا الجهاز و هي:

- **بساطة التركيب:**

يعمل هذا العنصر إلى تسهيل التشغيل و التسيير خاصة على غير المتخصصين من حيث الاستخدام و إمكانية إجراء الصيانة و تبديل الأجزاء و العناصر المختلفة و خاصة العناصر الإلكترونية عند تلفها.

- **خفة الوزن و إمكانية حمله و نقله بسهولة:**

نظرا لأن الجهاز يستخدم لإجراء المسح الإشعاعي في أماكن مختلفة فإنه يجب أن يزود الجهاز بمنبع تغذية خفيف كالبطاريات الجافة و أن يكون سهل الحمل و النقل.

- **الحساسية:**

يجب أن يتميز الجهاز بدرجات متفاوتة من الحساسية للنوع المعين من الإشعاعات و ذلك لإمكانية الكشف عن الكميات الصغيرة و الكبيرة منها، فالجهاز الذي يصلح لقياس الجرعة من إشعاعات جاما في الخلفية الطبيعية لا يصلح لقياس الجرعات الكبيرة و العكس صحيح.

- **دقة البيانات و الثقة فيها:**

إن البيانات الغير دقيقة يمكن أن تعرض حياة العاملين للخطر فإنه يجب معايرة الجهاز بصفة منتظمة و دورية، و قبل كل استخدام إن أمكن يتم اختبار الجهاز بواسطة المصدر الخاص بالجهاز.

فيتم وضع مصدر الاختبار أمام الكاشف مباشرة في المكان المخصص لذلك و تؤخذ قراءة الجهاز على مصدر الاختبار بحيث تكون مطابقة للقراءة [18].

خاتمة عامة:

درسنا في الفصل الأول النشاط الاشعاعي ويعرف على أنه عدد الأنوية التي تتفكك أو تتحلل في الثانية لتكون بذلك مصدرا لانبعاث جسيمات موجبة أو سالبة وإشعاعات كهرومغناطيسية، و كذا الانحلالات الناجمة عن النشاط الاشعاعي لهذه العناصر المشعة و المتمثلة في الأنواع الثلاثة التالية: الانحلال ألفا (انبعاث نواة الهليوم)، الانحلال بيتا (بيتا السالب والموجب والأسر الالكتروني) و الانحلال غاما (إشعاعات كهرومغناطيسية).

أما بالنسبة للفصل الثاني فلقد كان محور دراستنا بصفة عامة أحد أنواع كشافات الاشعاعات النووية و المتمثل في الكشافات الغازية النووية من حيث مبدئها الذي يقوم مبدأ عملها على تجميع الشحنات الكهربية (الإلكترونية و الأيونية) الناتجة عن تأين ذرات أو جزيئات الغاز عند مرور الإشعاعات المؤينة فيها. بتطرقنا إلى أنواعها الأساسية الثلاثة و هي: غرفة التأين و العداد التناسبي الذي طور إلى عداد غايغر- مولر.

فكان عداد غايغر- مولر على وجه الخصوص محور هذه الدراسة بنوعيه ذي الإطفاء الذاتي و ذي الإطفاء الخارجي فوجدناه يتميز بعدة خصائص أهمها الزمن الميت للعداد و يعرف على أنه الزمن بين لحظة دخول الجسيم النووي و وصول الجهد على الآنود إلى عتبة غايغر، و كذا زمن الاسترجاع و يعني الفترة الزمنية بين وصول الجهد إلى عتبة غايغر و وصوله إلى القيمة القصوى. و نظرا لأهمية عداد غايغر- مولر كان استخدامه لعدة أغراض كعد الجسيمات النووية دون إمكانية تحديد طاقتها. حيث أنه يمكن الاستغناء عن الدارة الإلكترونية التي تستخدم عند مخرج العداد التناسبي لتكبير النبضات.

و عموما تختلف عدادات غايغر باختلاف الغرض المخصصة له. فتوجد منها أنواع ذات نوافذ و أخرى بدونها و ذلك تبعا لنوع الجسيمات أو الاشعاعات المطلوب الكشف عنها. و هناك أنواع يستخدم فيها غاز ثالث فلوريد البورون BF_3 أو يعمل فيها نافذة من مادة البورون و ذلك لاستخدامها للكشف عن النيوترونات.

قائـــــــمة المـــــــــراجع

✓ الكتب العربية:

[1] الكاتب مولود أوراغ - مفتش التربية الوطنية في زاد المعرفة في الفيزياء لطلاب البكالوريا.

[2] د. محمد حبيب بركات، أساسيات الفيزياء النووية، دار الفكر للطباعة والنشر و التوزيع – عمان، 2008.

[3] د. محمد قيصرون ميرزا، خواص المادة والحرارة والكهرباء، دار المسيرة، البحرين 2008.

[4] د. مناف عبد الحسن، الفيزياء النووية، دار صفاء للنشر و التوزيع – عمان، الطبعة الاولى 2008.

[5] د- حسام خليل موسوعة الكيمياء الشاملة، دار أسامة للنشر و التوزيع، الطبعة 2009.

[6] د- وليد القادري، موسوعة الفيزياء الكلاسيكية و الحديثة دار أسامة للنشر و التوزيع، الطبعة الثالثة 2009.

[7] أ- د- فواز عزت الخليلي، الكيمياء النووية و المشعة دار الضياء 2006.

[8] د. معن صفاء العارف، فيزياء وبيولوجيا الوقاية من الإشعاع، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، عمان – الأردن 2006.

[10] د. مكي الحسني، المدخل الى الفيزياء النووية، ديوان المطبوعات الجامعية الساحة المركزية – بن عكنون – الجزائر(91- 05) .

[11] أ. د. احمد بن محمد سريع، أ. د. محمد فاروق أحمد، مبادئ الإشعاعات المؤينة و الوقاية منها، الطبعة الثانية، جامعة الملك سعود، 2007، المملكة العربية السعودية.

[12] أ. د. عذاب طاهر الكناني، الفيزياء الاشعاعية، دار الفجر للنشر والتوزيع، القاهرة، 2008.

[13] د. فخري إسماعيل حسن، الاشعاع المؤين وظاهرة النشاط الاشعاعي، ديوان المطبوعات الجامعية، بن عكنون – الجزائر.

[14] د. أحمد الناغي، د. محمد نبيل يس البكرى، الفيزياء النووية، دار الفكر العربي – القاهرة، 2008.

[19] د. فوزي عبد الكريم أكرم، د. محمد قاسم محمد الفخار، الاشعاع مصادره وتأثيراته البيولوجية، القاهرة- مصر، 2006 .

[20] د. فوزي عبد الكريم أكرم، د. محمد قاسم محمد الفخار، الفيزياء النووية والإشعاعية، دار الكتب الوطنية بنغازي – ليبيا.

[22] د. جميلة بنت الزهراني، د. عبير بنت علي الحربي، كيمياء نووية وإشعاعية، المحاضرة الثانية، الفصل الجامعي الثاني، 1432- 1433هـ.

- **المذكرات:**

[15] مذكرة ليسانس أكاديمي، عفاف زواري فرحات، حشيفة إيمان، دراسة خصائص عداد غايغر- مولر، المركز الجامعي بالوادي 2011 .

[21] مذكرة ليسانس أكاديمي، بن عمارة أسماء، بن عيسى مريم، كشافات الأشعة النووية، جامعة الوادي 2013.

- **مواقع الإنترنت:**

[9] http: //www.Rouh.com 20 mars 2014.

[16] http://www-personal.umich.edu/ianrit/downloads/gamma specspectrums,14 mars 2014 .

[17] http://www.arab.ency.com 8 avril 2014.

[18] http://enwikipedia.org/wiki/Geiger-Muller-tube,16 avaril 2014.

ملخص

تضمن هذا الموضوع دراسة الكشافات الغازية النووية وهي أجهزة تعنى بكشف و قياس نسبة الاشعاع المؤين، و هي عدة أنواع منها ثلاثة أساسية تتمثل في غرفة التأين، العداد التناسبي وعداد غايغر-مولر، و التي يقوم مبدأ عملها على تجميع الشحنات الكهربية (الإلكترونية والأيونية) الناتجة عن تأين ذرات أو جزيئات الغاز عند مرور الإشعاعات المؤينة فيها. و بقياس الشحنة الكهربية الناتجة أو التيار الناتج عنها يمكن الكشف عن مرور الاشعاعات في الغاز.

ولقد خصصنا من الكشافات الغازية النووية عداد غيغر-مولر والذي له دور الكشف عن الاشعاع بحيث درسنا خصائصه ومميزاته وكذا الشروط الواجب توفرها.

Abstract

This work aims to study the gaseous and nuclear detectors which are devices designed for the measurement of ionizing radiation . There are three main types of such devices: ionization chamber, proportional counter and Geiger - Mueller counter and all of them are based on assembling electrical charges), resulting from the ionization of atoms or molecules of gas as the ionizing radiation pass through.

As case study, the Geiger-Mueller counter has been studied in some details by listing its properties and characteristics as well as the work conditions for better use.