بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة المثنى
كلية التربية الأساسية
قسم العلوم

المادة: نشاط اشعاعي
الفصل الدراسي: الثاني
المرحلة: ثالث فيزياء
نوع الدراسة: صباحي
تدريسي المادة: ا.م.د. حيدر صلاح

مقدمة عن المادة

- فهم مفاهيم مادة النشاط الاشعاعي والتي تهدف إلى أن يكتسب الطلاب فهمًا لمفاهيم الاشعاع ومصادره مثل اشعة الفا وبيتا وكاما واشعة اكس.

أولا: مفردات المادة

- التركّيب النووي، طاقة الترابط، القوى النووّية
- الاشعاع، الكشف عنه، وحدات قياسه
- النشاط الاشعاعّي الطبّيعي، قانون النشاط الاشعاعي
- نصف العمر، المتسلسلات ذات النشاط الاشعاعي الطبيعي
- انتاج النظائر المشعة بواسطة القصف النووي
- جسيمات الفا, جسيمات بيتا، فرضية النيوترينو
- اشعة كاما, امتصاص اشعة كاما
- التأثير البايولوجي للاشعاع
- الاستخدامات السلمية لمصادر الاشعاع
- اليورانيوم, تخصيب اليورانيوم, اليورانيوم المنضب
- الكواشف النووية
- استخدام الطاقة النووية في المجالات الطبية
- استخدام الطاقة النووية في المجالات الاخرى

ثانيا: المصادر و المراجع

- كتاب مبادئ الفيزياء النووية د عاصم عبد الكريم عزوز
- الفيزياء الذرية د طالب ناهب الخفاجي
- مفاهيم الفيزياء الحديثة ترجمة د منعم مشكور
- موقع الفريد

ثالثا: اهداف المادة

توفير فهم أساسي لمفاهيم النشاط الاشعاعي والتي تهدف إلى تعريف الطلاب بأساسيات النشاط الاشعاعي، بما في ذلك المصادر المشعة وانواعها المختلفة.

المحاضرة الأولى

1 المقدمة Introduction

سوف نتعرف على النشاط الإشعاعي، وما المقصود به، وكيف اكتشف، وعلى أنواع الإشعاع واستخداماته وآثاره. لنبدأ باكتشاف النشاط الإشعاعي. في عام 1896، كان العالم هنري بيكريل يدرس خواص الأشعة السينية المكتشفة حديثًا. علم بيكريل أن الأشعة السينية تترك أثرًا على ورقة التصوير الفوتوغرافي. فخطط أن يعرض ملحًا معدنيًّا فلوريًّا يحتوي على اليورانيوم إلى ضوء الشمس. وكان يعتقد أن الملح سيمتص الطاقة الشمسية ثم يطلق طاقة على هيئة أشعة سينية على ورقة التصوير الفوتوغرافي. وهذا من شأنه أن يترك آثارًا أو علامات أو أنماطًا معينة على الورقة.

ولكن الطقس كان غائمًا في اليوم الذي اختاره لإجراء تجربته. لذا وضع الأملاح وورقة التصوير الفوتوغرافي معًا في درج مكتبه. وبالرغم من عدم إجرائه التجربة كما خطط لها، فقد قرر تحميض ورقة التصوير على أية حال. وتفاجأ بوجود آثار أو علامات على الورقة بالرغم من أنه لم يعرض أملاح اليورانيوم لضوء الشمس. فأدرك أن اليورانيوم الموجود في الأملاح يبعث نوعًا من الإشعاع تلقائيًّا دون الحاجة إلى امتصاص الطاقة من أشعة الشمس أولًا. وبذلك اكتشف النشاط الإشعاعي، وفاز بيكريل بجائزة نوبل في عام 1903 عن هذا الاكتشاف.

بعد ذلك، في عام 1898، دفع الحماس باحثة شابة تدعى ماري كوري لمواصلة دراسة هذه الظاهرة. وتخلى زوجها بيير عن عمله البحثي لينضم إليها في استكشاف هذه الظاهرة المكتشفة حديثًا. وأثمر عملهما عن اكتشاف عنصري البولونيوم والراديوم. وكانت ماري أول من استخدم مصطلح النشاط الإشعاعي. النشاط الإشعاعي هو الانبعاث التلقائي للجسيمات أو لأشعة الطاقة بفعل تفكك النوى الذرية غير المستقرة. فاز الزوجان أيضًا بجائزة نوبل في عام 1903 عن أبحاثهما في مجال النشاط الإشعاعي، مثلما حدث مع بيكريل. بعد ذلك، حصلت ماري 1911 عن اكتشافها البولونيوم والراديوم. سار العديد من العلماء على نهج على جائزة نوبل مرة أخرى في عام بيكريل وعائلة كوري، وأصبحنا الآن نعرف الكثير عن الاضمحلال الإشعاعي.

والآن لنلق نظرة على بعض الأنواع الرئيسية للجسيمات الناتجة عن الاضمحلال الإشعاعي. بعد اكتشافات بيكريل وعائلة كوري، أجرى عالم فيزياء يسمى إرنست رذرفورد دراسات مكثفة حول الاضمحلال الإشعاعي. وأوضح أن هناك أنواعًا مختلفة من الإشعاع. وبالتعاون مع باحثين آخرين، أوضح كيف يمكن للجسيمات المنبعثة من المواد المشعة الانحراف أحيانًا في مجال مغناطيسي أو كهربي.

وأوضح كذلك أن الجسيمات المختلفة المنبعثة من المادة المشعة تنحرف في اتجاهات مختلفة في المجال. فالأشعة أو الجسيمات، التي تنحرف نحو الجانب ذي الشحنة السالبة في المجال، لا بد أن تحمل شحنة موجبة. وهذه تسمى أشعة ألفا. والأشعة التي تنحرف نحو الجانب ذي الشحنة الموجبة في المجال، لا بد أن تحمل شحنة سالبة. وهذه تسمى أشعة بيتا. والأشعة التي لا تنحرف عن المسار الأصلي تسمى أشعة جاما. وهي لا تحمل أي شحنة.

أوضحت دراسات أخرى بعد ذلك كيف تختلف أشعة ألفا وبيتا وجاما من حيث القدرة على الاختراق. أثبت العلماء أن أشعة ألفا لها قدرة منخفضة على الاختراق. فيكفي استخدام ورقة لإيقاف مسارها. فهي جسيمات ثقيلة مقارنة بجسيمات بيتا، وهي مكونة من بروتونين ونيوترونين، وهو ما يشبه نواة ذرة الهليوم بشكل أساسي. وتتحرك هذه الجسيمات ببطء. أما أشعة بيتا أو جسيمات بيتا، فتتمتع بقدرة أكبر على الاختراق. إذ يمكنها اختراق الورقة، ولكن يمكن اعتراض مسارها باستخدام طبقة رقيقة من الألومنيوم. وهي أخف من أشعة ألفا، وتتكون من إلكترونات صغيرة ذات طاقة عالية. تتحرك جسيمات بيتا أسرع من جزيئات ألفا. أما أشعة جاما، فلها قدرة عالية جدًّا على الاختراق. ويمكن إيقاف مسارها إلى حد كبير باستخدام كتلة من الرصاص سمكها عدة سنتيمترات أو كتلة من الأسمنت سمكها متر. تتكون أشعة جاما من فوتونات أو موجات. وتتحرك بسرعة عالية جدًّا تضاهي سرعة الضوء.

لاحظ أننا نستخدم عادة مصطلحات الجسيم والشعاع والإشعاع بالتبادل. من الناحية العملية، جسيم ألفا جسيم. وكذلك جسيمات بيتا، لكن أشعة جاما موجات. ولكن في بعض الأحيان نستخدم هذه المصطلحات بالتبادل؛ نظرًا للعلاقة بين الكتلة والطاقة. وبخلاف أشعة ألفا وبيتا وجاما، هناك أنواع أخرى من الإشعاع. وهي تتضمن الأشعة السينية، والإشعاع النيوتروني، والإشعاع البروتوني.

قبل المتابعة، دعونا نلخص ما تعلمناه حتى الآن في جدول. لنقارن الجسيمات من حيث النوع، والرمز، والطبيعة، والشحنة، والكتلة التقريبية، والسرعة، والقدرة على الاختراق.

يرمز إلى إشعاع ألفا وبيتا وجاما بالرموز اليونانية و و . تحتوي جسيمات ألفا على بروتونين ونيوترونين$\alpha\beta\gamma$ مثل نواة ذرة الهليوم. جسيمات ألفا موجبة الشحنة. جسيمات بيتا إلكترونات ذات طاقة عالية تتحرر من النواة عندما يتحول نيوترون إلى بروتون. وهي جسيمات ذات شحنة سالبة. وجسيمات جاما موجات أو فوتونات ليس لها أي شحنة؛ أي إنها متعادلة الشحنة. الكتلة التقريبية لكل نوع من هذه الأشعة بوحدة الكتلة الذرية هي أربعة أمثال كتلة البروتون لجسيم ألفا تقريبًا، وألف وثمانمائة جزء من كتلة البروتون لجسيم بيتا تقريبًا. ونضع شرطة في خانة الكتلة لأشعة جاما لأنها موجات. جسيمات ألفا تتحرك ببطء نسبيًّا، وجسيمات بيتا أسرع منها، وأشعة جاما تتحرك بسرعة الضوء.

جسيمات ألفا لها قدرة منخفضة على الاختراق. فيمكن إيقاف مسارها بسهولة باستخدام ورقة. أما جسيمات بيتا فقدرتها متوسطة على الاختراق؛ إذ يمكن إيقاف مسارها باستخدام طبقة رقيقة من الألومنيوم، لكن يمكنها اختراق الورق. أشعة جاما ذات قدرة عالية على الاختراق. فيمكنها اختراق الورق ورقائق الألومنيوم، ويوقف مسارها غالبًا كتلة من الرصاص سمكها بضعة سنتيمترات أو كتلة من الأسمنت سمكها متر.

دعونا نلق نظرة عن قرب على كيفية تفاعل هذه الأشعة مع المادة عندما تخترقها. يمكن تصنيف الإشعاع إلى الإشعاع المؤين أو الإشعاع غير المؤين. يوضح هذا الشكل الطيف الكهرومغناطيسي حيث توجد الموجات ذات الطول الموجي الطويل على اليسار، والموجات ذات الطول الموجي القصير على اليمين. يمكننا تقسيم الطيف إلى جزأين في نطاق الأشعة فوق البنفسجية. في الطرف الأيسر توجد الأطوال الموجية الأطول، وهي غير مؤينة. وفي الطرف الأيمن توجد الأطوال الموجية الأقصر، وهي مؤينة. الأطوال الموجية الطويلة تصاحبها ترددات منخفضة وطاقة منخفضة، بينما الأطوال الموجية القصيرة لها تردد عال وطاقة عالية. الإشعاع المؤين إشعاع ذو طاقة كافية لنزع إلكترون من الذرة؛ ومن ثم يؤينها. ويمكن للإشعاع المؤين أيضًا تفكيك الجزيئات إلى جسيمات أصغر.

عندما يحدث ذلك في خلايا الكائنات الحية، يمكن لكسرات الجزيئات أو الأيونات التفاعل مع الذرات، وهو ما يتسبب في ضرر خلوي. أما الإشعاع غير المؤين، فليس لديه طاقة كافية بوجه عام لنزع الإلكترونات من الذرات. ومع ذلك، يظل بإمكان هذا النوع من الإشعاع التسبب في إلحاق بعض الضرر بالأنسجة الحية. والتأثير الرئيسي للإشعاع غير المؤين هو الحروق. والتعرض اليومي الطبيعي للإشعاع غير المؤين لا يعد ضارًّا. لكن الضرر الخلوي الناتج عن الإشعاع المؤين يمكن أن يتسبب في جميع أنواع المشكلات في الخلايا. وهذا يتضمن الضرر الناجم عن الجذور الحرة، وطفرات الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسجين، بل وموت الخلايا. بالإضافة إلى بعض الموجات فوق البنفسجية، والأشعة السينية، وأشعة جاما، تتضمن الجسيمات المؤينة جسيمات ألفا وبيتا والنيوترونات.

إذا قارنا بين أشعة ألفا وبيتا وجاما، فسنلاحظ تدرجًا في القدرة على التأيين. كل هذه الجسيمات تتمتع بالقدرة على تأيين الذرات، وتسبب ضررًا للأنسجة. لكن جسيمات ألفا لديها أكبر قدرة على التأيين، تليها جسيمات بيتا، ثم جاما، وهي أقل الجسيمات الثلاثة قدرة على التأيين. ما سبب ذلك؟ تذكر أن جسيمات ألفا بطيئة جدًّا، ويمكن إيقاف مسارها باستخدام ورقة. في حالة دخول ذرات مشعة إلى الجسم وانبعاث جسيمات ألفا، فسيتوقف مسار هذه الجسيمات بسهولة بفعل الأنسجة، وتظل في الجسم، وهو ما يتيح لجسيمات ألفا وقتًا كافيًا لتحدث أضرارها بالجسم، بينما أشعة جاما ذات طاقة عالية وسريعة جدًّا ويمكنها أن تمر مباشرة من خلال الأنسجة الحيوية، وهو ما يجعلها تستغرق وقتًا قليلًا جدًّا في التفاعل مع الذرات؛ ولذلك تحدث ضررًا أقل.

والآن أصبحنا نعرف كيف اكتشف النشاط الإشعاعي، والأنواع الثلاثة الرئيسية للإشعاع وأوجه الاختلاف بينها، والإشعاع المؤين وغير المؤين. هل توجد أي استخدامات مفيدة للإشعاع المؤين وغير المؤين؟ نعم. دعونا نلق نظرة. ربما تكون على دراية بالعديد من الاستخدامات للإشعاع غير المؤين، مثل الاتصالات. تستخدم ترددات مختلفة من الأشعة الميكروية أو الموجات الراديوية في الهواتف المحمولة وأجهزة الراديو. يمكننا طهي الطعام باستخدام الطاقة الناتجة عن الأفران التي تعمل بالأشعة الميكروية. والتدفئة الناتجة عن المصابيح الحرارية مصدرها موجات الأشعة تحت الحمراء. ونرى الضوء ونشعر بالدفء بسبب أشعة الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء التي تنبعث من الشمس. والإشعاع المؤين أيضًا له العديد من الاستخدامات. ففي الطب، نستخدم الأشعة السينية لتصوير عظام الجسم. ويمكن استخدام أشعة جاما أو الأشعة السينية لتدمير الكائنات الحية الدقيقة لتعقيم المعدات الطبية. والإشعاع النيوتروني في تفاعلات الانشطار في محطات الطاقة النووية يولد الكثير من الطاقة التي تتحول إلى طاقة كهربية.

في مجال الصناعة والبحث العلمي، يوجد العديد من الاستخدامات للآثار المشعة. على سبيل المثال، يمكن استخدام النظائر المشعة لتتبع الكسور في الآلات الهيدروليكية ورصدها، بالإضافة إلى متابعة مدى تقدم التفاعلات الكيميائية في المختبرات الكيميائية وفي خلايا الكائنات الحية في مجال الطب. توجد استخدامات أخرى كثيرة للإشعاع المؤين وغير المؤين بخلاف ما تناولناه. ينبغي على مستخدمي الإشعاع المؤين أن يتذكروا ما ينطوي عليه من أضرار شديدة محتملة. فمن الضروري الالتزام بتدابير السلامة الصارمة عند استخدام الإشعاع المؤين. ويتعين على مستخدمي الإشعاع المؤين رصد مستويات التعرض للإشعاع بشكل مستمر. الالتزام بهذه التدابير يحافظ على صحة العمال الذين يستخدمون هذا النوع من الإشعاع وسلامتهم.

قبل أن نلخص ما سبق، دعونا نلق نظرة سريعة على بعض الإشعاع من خارج هذا العالم. الأشعة الكونية جسيمات يعتقد أن معظمها يأتي من الانفجارات والتوهجات الشمسية، بالإضافة إلى المستعرات والمستعرات العظمى للنجوم الأخرى. تصطدم هذه الأشعة بكوكبنا باستمرار بسرعة وطاقة عاليتين. وتسبب تفاعلات متسلسلة متنوعة في الغلاف الجوي. وتنتج هذه التفاعلات أنواعًا كثيرة من الجسيمات، بل والجسيمات دون الذرية الحرة أيضًا. ويحمينا المجال المغناطيسي والغلاف الجوي للأرض من هذه الجسيمات إلى حد كبير. بالرغم من أن بعض هذه الجسيمات يمكن أن يتسبب في ضرر للحمض النووي الريبي المنقوص الأكسجين، فإن معظمها يمر عبر أجسامنا بسلام.

والآن، لنلخص كل ما تعلمناه. تعرفنا على اكتشاف النشاط الإشعاعي على يد هنري بيكريل، وكيف صاغت ماري كوري مصطلح النشاط الإشعاعي على أنه الانبعاث التلقائي لأشعة أو جسيمات قادرة على الاختراق من النوى غير المستقرة. وعرفنا أن الأنواع الرئيسية الثلاثة من الأشعة المشعة هي ألفا وبيتا وجاما. وتعلمنا أن جسيمات ألفا تشبه نواة ذرة الهليوم. فهي بطيئة الحركة وثقيلة وقدرتها على الاختراق منخفضة. وجسيمات بيتا هي إلكترونات عالية الطاقة تتحرك أسرع من جسيمات ألفا، وهي أخف وزنًا، وذات قدرة متوسطة على اختراق المواد. كما علمنا أن أشعة جاما ليست جسيمات، وإنما هي فوتونات. وهي سريعة جدًّا حيث تضاهي سرعتها سرعة الضوء، وقدرتها على الاختراق عالية؛ فيمكن إيقاف مسارها باستخدام كتلة من الرصاص سمكها بضعة سنتيمترات أو كتلة من الأسمنت سمكها متر. وأخيرًا، ألقينا نظرة على أوجه الاختلاف بين الإشعاع المؤين وغير المؤين، وتناولنا باختصار بعض الاستخدامات المفيدة لهذين النوعين من الإشعاع.

الواجب اليومي والاسبوعي للمحاضرة الأولى

أولاً: الواجب اليومي (بعد المحاضرة مباشرة)

- **كيف اكتشف النشاط الاشعاعي ومن هو العلم الذي اكتشفه؟**

ثانيا الواجب الأسبوعي

- **الإشعاع المؤين: الفوائد والمخاطر وإجراءات السلامة**

المحاضرة الثانية

2 الذرة The atom

يتكون العنصر من وحدات متشابهة متناهية في الصغر يطلق عليها اسم ذرات . وتختلف العناصر باختلاف ذراتها . وتتكون ذرة أي عنصر من جسم مركزي حجمه صغير جدا يعرف بالنواة (nucleus) و يبلغ نصف قطرها حوالي $10^{-13} cm$. يدور حولها عدد من الالكترونات في مدارات يبلغ نصف قطرها $10^{-8} cm$. و تتكون النواة بدورها من جسيمات تعرف بالبروتونات (*protons*) و النيترونات (*neutrons*) .

3 البروتون *The proton*

جسيم نووي يحمل شحنة كهربائية مساوية تماما لشحنة الإلكترون و لكنها موجبة . و تبلغ كتلة السكون للبروتون $1.6726 * 10^{-27}$ Kg . و عند استخدام وحدات الكتلة الذرية (atomic mass units) تساوي كتلة البروتون 1.007276 *amu* وحدة كتلة ذرية.

4 الإلكترون *The electron*

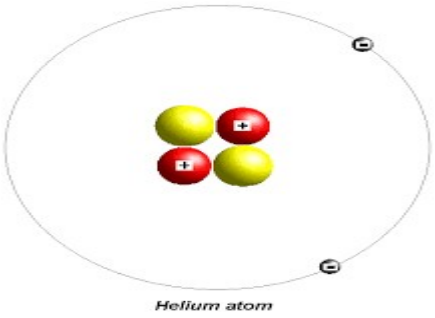
جسيم يدور في قشرات خارجية للنواة و يحمل شحنة كهربائية سالبة قيمتها المطلقة مساوية تماما لشحنة البروتون (اي انها تساوي $1.6 * 10^{-19}$ كولوم) . و كتلة الالكترون اصغر من كتلة البروتون بحوالي *1840* مرة حيث تبلغ $9.11 * 10^{-31}$ Kg (أي *amu 0.0005486*) وحدة كتلة ذرية .

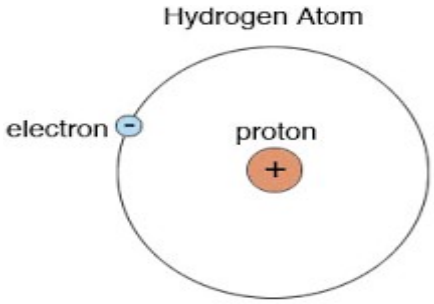
5 النيوترونات *The neutron*

هو جسيم نووي متعادل الشحنة (اي لا يحمل شحنة كهربائية) , وكتلته مساوية تقريبا لكتلة البروتون , حيث تبلغ $1.6749 * 10^{-27}$ Kg . اي 1.0086649 *amu* وحدة كتلة ذرية .و غالبا ما يتكون النيوترون نتيجة لاتحاد بروتون و الكترون حيث النيوترون الحر (اي خارج النواة) يعيش في المتوسط لمدة 15 دقيقة ثم يتفكك تلقائيا الى بروتون و الكترون .

وهكذا , تشكل كل من البروتونات و النيوترونات الجسم المركزي للذرة و المعروف بالنواة و تدور حولها الالكترونات في مدارات او قشرات (*orbit or shells*) مختلفة . ويتسع اقرب مدار للنواة لالكترونين فقط و يعرف باسم المدار او القشرة k , في حين يتسع المدار الثاني و المعروف باسم المدار L لثمانية الكترونات , و يتسع المدار الثالث و المعروف باسم المدار M لثمانية عشر الكترونا , و الرابع و هو المدار N لاثنين و ثلاثين الكترونا .

و الذرة متعادلة كهربائيا حيث ان عدد البروتونات الموجبة في النواة يتساوى دائما مع الالكترونات السالبة في المدارات . و يبين الشكل التالي رسما تخطيطيا لذرتي الهيدروجين و الهليوم .و تعتبر ذرة الهيدروجين ابسط الذرات على الاطلاق , و هي الذرة الوحيدة التي لا تحتوي على نيوترونات في نواتها حيث تتكون نواتها من بروتون واحد يدور حوله الكترون واحد في المدار k عندما تكون الذرة غير مثارة.





6 العدد الكتلي و العدد الذري ***mass and atomic numbers***

العدد الكتلي للذرة هو مجموع عددي البروتونات و النيوترونات في نواتها . و يوضح هذا العدد كتلة الذرة التقريبية بوحدات الكتلة الذرية حيث ان العدد الكتلي يكون دائما عددا صحيحا , اما الكتلة بوحدات الكتلة الذرية فتكون كسرا يقل قليلا عن العدد الصحيح . و لا يخل في هذا العدد كتلة الالكترونات نظرا لصغرها . ويرمز للعدد الكتلي بالرمز A .

العدد الذري فهو عبارة عن عدد البروتونات في النواة , و يرمز له بالرمز Z . و على ذلك تتميز ذرة الهيدروجين $^{1}_{1}H$ بعدد ذري Z=1 , وعدد كتلي A=1 . اما ذرة الهليوم $^{4}_{2}He$ فيميزها عدد ذري Z= 2 و عدد كتلي A=4 . وتتميز ذرة الكربون $^{12}_{6}C$ بعدد ذري Z=6 و عدد كتلي A=12 , حيث تحتوي نواتها على ستة بروتونات و ستة نيوترونات . اما ذرة اليورانيوم $^{238}_{92}U$ فعددها الذري Z=92 في حين ان عددها الكتلي A=238 , حيث تحتوي نواة اليورانيوم على 92 بروتونا , 146 نيوترونا . ويعتبر اليورانيوم اخر و اثقل العناصر الموجودة في الطبيعة , ولكنه يمكن انتاج عناصر ذات عدد ذري او كتلي اعلى و ذلك بطرق صناعية مثل البلوتونيوم $_{94}Pu$ و غيرها . و من المتفق عليه ان يرمز للعنصر باحرفه اللاتينية الاولى , و يكتب عدده الذري في الركن السفلي الايسر و عدده الكتلي في الركن العلوي الايسر .

7 النظائر The isotopes

تحتوي ذرات العنصر الواحد على العدد نفسه من البروتونات , الا انها قد تحتوي على اعداد مختلفة من النيوترونات . و يعني هذا ان العدد الذري للعنصر الواحد لا يتغير , في حين يتغير عدده الكتلي تبعا لعدد النيوترونات . و يقال في هذه الحالة ان العنصر الواحد له عدة نظائر . فمثلا نجد ان الهيدروجين ثلاث نظائر هي:

1- الهيدروجين $^{1}_{1}H$: وتتكون نواته من بروتون واحد و لا تحتوي على نيوترونات (A=1 ,Z=1)

2- الهيدروجين $^{2}_{1}H$: وتتكون نواته من بروتون واحد و نيوترون واحد (A=2 ,Z=1) ويعرف باسم الديتيريوم.

3- الهيدروجين $^{3}_{1}H$: وتتكون نواته من بروتون واحد و نيوترونين (A=3 ,Z=1) ويعرف باسم التريتيوم.

النظائر المختلفة لعنصر الهيدروجين

و يوجد لكل عنصر عدد من النظائر تصل احيانا الى اكثر من خمسين نظيرا للعنصر الواحد . و تكون بعض النظائر مستقرة في حين يكون بعضها الاخر نشطا (radioactive) فيصدر اشعاعات نووية . و عموما , يوجد العنصر في الطبيعة في شكل خليط من بعض نظائره , و اما بعضها الاخر فلا يوجد عادة في الطبيعة و انما يمكن انتاجه صناعيا باستخدام المفاعلات او المعجلات النووية.

وتجدر الاشارة الى ان نظائر العنصر الواحد تتحد في جميع خواصها الكيميائية . حيث ان العدد الذري للعنصر هو الذي يحدد خواصه الكيمائية . و لذلك , فانه لا يمكن فصل النظائر بالطرق الكيميائية و انما يتم فصلها عن بعضها بطرق فيزيائية اخرى .

بالنسبة للعناصر الخفيفة (أي ذات العدد الذري الصغير) يمكن ان يكون عدد النيوترونات مساويا او اكبر او اقل من عدد البروتونات . اما بالنسبة للعناصر ذات الاعداد الذرية المتوسطة و الكبيرة فيكون عدد النيوترونات اكبر عادة من عدد البروتونات .

8 حجم و كتلة النواة The size and the mass of the nucleus

ورد ان حجم نصف قطر النواة يكون عادة اصغر بكثير من نصف قطر الذرة , حيث يقل نصف قطر النواة عن نظيره للذرة بحوالي مائة الف مرة . و يمكن النظر الى نواة أي نظير على انها مجموعة من النيوترونات و البروتونات المتراصة بجوار بعضها البعض في شكل كرة نصف قطرها R و بذلك يكون حجمها عبارة عن $4\pi R^3/3$. و بزيادة عدد البروتونات و النيوترونات في النواة (أي بزيادة العدد الكتلي A) يزداد حجم النواة . وقد و جد عمليا انة يمكن ايجاد نصف قطر النواة (بالسنتيمتر) باستخدام العلاقة التالية

$$R = 1.2 * A^{1/3} * 10^{-13} \text{ (Cm)}$$

و حيث ان A تتراوح بين 1 , 240 لجميع النوى الموجودة في الطبيعة فان نصف قطر اكبر نواة لا يتعدى 10^{-1} cm .

اما بالنسبة لكتلة النواة فقد ذكر ان العدد الكتلي A يحدد بالتقريب كتلة النواة . و في الحقيقة فان الكتلة الحقيقية للنواة تكون دائما اقل من العدد الكتلي . فلكي تبقى النواة متماسكة و مترابطة فانها تحتاج الى طاقة تربط هذه المكونات ببعضها , و لا تفككت النواة الى مكوناتها الاولية . و تبعا لعلاقة انشتاين بين الطاقة و الكتلة فان جزا من كتلة النواة يتحول الى طاقة ترابط تؤدي الى تماسك مكونات النواة مع بعضها . بذلك , تصبح الكتلة الفعلية للنواة اقل من مجموع كتل مكوناتها .

وقد استخدمت وحدة لقياس كتل النواى والذرات تعرف باسم وحدت الكتل الذرية . ولقد اتفق عالمين على اعتبار كتلة نظير الكاربون $\mathrm{M}(^{12}_{6}C)\ 12$ مساوية 12 وحدة كتلة ذرية . وبالقياس على ذلك تكون كتلة نظير الهدروجين

$M(^{1}_{1}H) = 1.007825$ ، وكتلة البروتون هيM_P =1.007276 وكتلة النيوتروجين هي M_n =1.008665 ، في حين ان كتلة الالكترون هي M_e =1.0005486 ، وذلك بوحدات الكتلة الذرية .

وهكذا فان وحدة الكتلة الذرية (amu) التي هي عبارة عن $^{1}/_{12}$ من كتلة ذرة الكربون $^{12}_{6}\mathrm{C}$ تساوي مقدارها $1.6555 * 10^{-27}\ kg$.

10 الوحدات الذرية للطاقة Atomic unit energy

اثبت اينشتين ان الطاقة و المادة متكافئان . بمعنى ان المادة يمكن ان تتحول الى طاقة , و الطاقة بدورها يمكن ان تتحول الى مادة . و قد استنتج اينشتين العلاقة التي تربط بين المادة و الطاقة عند حدوث التحول و هي العلاقة المعروفة باسم علاقة تكافؤ المادة و الطاقة و هي :

$$E_o = m_o\, c^2$$

حيث ان E_o قيمة الطاقة بالجول , m_o كتلة المادة عند السكون بالكيلو جرام . c سرعة الضوء بالمتر / ثانية ($c = 3 * 10^8\ \frac{m}{\sec}$).

و للتعبير عن الطاقة في المجالات الذرية و النووية تستخدم عادة وحدة صغيرة تعرف باسم و حدة الالكترون |- فولت Unit ev . و الالكترون – فولت عبارة عن كمية الطاقة التي يكتسبها او يفقدها الكترون (او بروتون) عند اجتيازه فرق جهد مقداره فولت واحد.

و حيث ان شحنة الالكترون $-1.6 * 10^{-19}$ C كولوم , نجد ان

ev الكترون - فولت واحد $1.6 * 10^{-19}$ جول

و مضاعفات هذه الوحدة هي :

kev كيلو الكترون فولت =10^3 الكترون فولت

= $1.6 * 10^{-16}$ جول

1 Mev ميغا الكترون فولت = 10^6 الكترون فولت

= $1.6 * 10^{-13}$ جول

و انه لمن المفيد ذكر بعض العلاقات الخاصة بالتحويل من وحدة الجول الى بعض وحدات الطاقة الاتية :

1 سعر = 4.18 جول

1 كيلو واط . ساعة $= 3.6 * 10^6$ جول

وباستخدام هذه العلاقات فانه يمكن تحديد قيمة الكتلة الذرية سواء بالجول او بالالكترون فولت حيث نجد ان :

$$1 \text{ وحدة كتلة ذرية} = 1.6555 * 10^{-2} \ kg * (3 * 10^8 \ {}^{m}/_{sec})^2$$

$$= 1.49 * 10^{-10} \ J$$

$$1 \text{ وحدة كتلة ذرية} = 1.49 * 10^{-1} \ / \ 1.6 * 10^{-19}$$

$$= 931 \text{ ميغا الكترون فولت}$$

11 طاقة الترابط للنواة The nuclear binding energy

لما كانت النواة تحتوي على عدد معين من البروتونات الموجبة الشحنة فانة تتولد بين هذه البروتونات داخل النواة قوى تنافر كهرومغناطيسية , تتناسب تناسبا عكسيا مع مربع المسافة بينهما, و حيث ان المسافات بين البروتونات في النواة صغيرة للغاية فانه من المتوقع ان تكون قيمة قوى التنافر كبيرة للغاية , بحيث ان النواة لا تتكون , و اذا تكونت سرعان ما تتفكك . الا ان بقاء النواة متماسة يعني ان هناك قوى اخرى للجذب اقوى من قوى التنافر المذكورة . و هذه القوى الجاذبة تعرف بالقوى النووية, وهي تؤثر بين كل من بروتون و بروتون , و نيوترون و نيوترون , وكذلك بين البروتون و النيوترون اذا و جدت هذه الجسيمات بجوار بعضها . و قد ثبت فيما بعد ان القوى النووية بين جميع هذه الجسيمات متكافئة مهما يكن نوعها . لذلك , فانه من الناحية النووية جسما واحدا يطلق على اي منهما اسم النيوكلون (nucleon).

وهكذا , تجذب النيوكلونات بعضها بعضا ما دامت المسافة بين هذه النيوكلونات صغيرة (اقل من 10^{-13} cm) . ويؤدي ذلك الى ترابط هذه النيوكلونات و تكوين البناء المترابط و المعروف باسم النواة . ولكي تتفكك النواة الى النيوكلونات المكونة لها فانه يجب منحها كمية معينة من الطاقة , اذ انه نتيجة لوجود طاقة الترابط تقل كتلة النواة عن مجموع كتل النيوكلونات المكونة لها . وهذا الفرق بين الكتلة الفعلية للنواة و بين مجموع كتل مكوناتها يشكل ما يسمى كتلة الترابط او طاقة الترابط اللتان ترتبطان فيما بينهما بعلاقة التكافؤ بين الكتلة و الطاقة .

اي ان كتلة الترابط للنواة تساوي مجموع كتل النيوكلونات المكونة للنواة مطروح منها كتلة النواة الفعلية . و بالتالي نجد ان طاقة الترابط B هي :

$$B = (NM_a + ZM_p - M)C^2$$

حيث : M كتلة النواة الفعلية , M_a هي كتلة النيوترون , M_p هي كتلة البروتون و N عدد النيوترونات في النواة , Z عدد البروتونات فيها أي العدد الذري.

و لنحسب الان طاقة الترابط لنواة الديتيريوم المكونة من بروتون و نيوترون , حيث ان كتلة الديتيريوم هي 2.013547 amu

$$=1* 1.008665 + 1* 1.007276 - 2.013547$$

$$B$$

$$= 0.002394 \ \ amu$$

$$=0.002394 * 931 = 2.23 \ Mev$$

أي ان طاقة الترابط لنواة الديتيريوم هي 2.23 ميغا الكترون فولت . بقسمة هذه القيمة على عدد نيوكلونات النواة نجد ان طاقة الترابط للنيوكلون الواحد في نواة الديتيريوم هي 1.165 ميغا الكترون فولت . و تعتبر قيمة طاقة الترابط للنيوكلون الواحد بمثابة مقياس لمدى تماسك و استقرار النواة . فكلما زادت هذه القيمة كانت النواة متماسة و مستقرة .

وتجدر الاشارة الى ان طاقة الترابط للنيوكلون الواحد للنوى الخفيفة (مثل نظائر الهيدروجين و الهليوم و الليثيوم) تكون عادة صغيرة ثم تزداد بزيادة العدد الكتلي , و تستمر ثابتة عند حوالي 8.5 ميغا الكترون فولت لكل نيوكلون للنوى المتوسطة الكتلة , ثم تبدا في الانخفاض من جديد للنوى الثقلية (حوالي 7.5 ميغا الكترون فولت لنواة اليورانيوم) . و هذا هو السبب الذي يؤدي الى انطلاق طاقة كبيرة عند انشطار اليورانيوم و العناصر الثقيلة الاخرى مثل الثوريوم , و انطلاق طاقة اكبر عند اندماج عناصر خفيفة.

الواجب اليومي والاسبوعي للمحاضرة الثانية

أولاً: الواجب اليومي (بعد المحاضرة مباشرة)

- **ارسم وسمي مكونات الذرة؟**

ثانيا الواجب الأسبوعي

- **ماهي النظائر: أنواعها وخصائصها واستخداماتها؟**

المحاضرة الثالثة

12 النشاط الاشعاعي

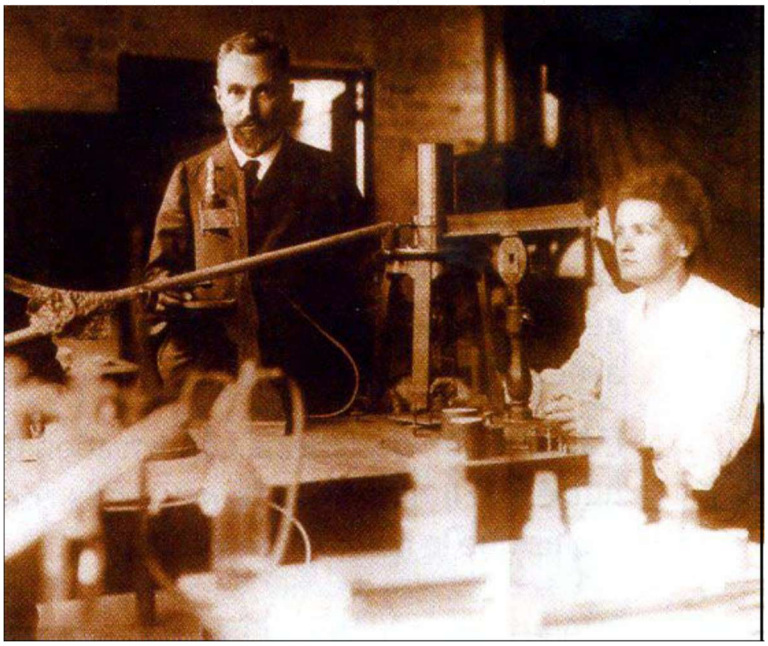
الإشعاع هو ظاهرة طبيعية تمتلكها بعض العناصر دون غيرها وتعرف بالعناصر ذات النشاط الإشعاعي حيث تكون نوى هذه العناصر غير مستقرة فتنبعث منها جسيمات تعرف باسم جسيمات ألفا أو جسيمات بيتا (الموجبة أو السالبة) أو قد تنبعث أمواج كهرومغناطيسية تعرف بأشعة كاما لتتحول بعد ذلك إلى عناصر أكثر استقراراً .

لقد اكتشف هنري بيكريل Becquerel عام1896 أن أحد أملاح اليورانيوم يصدر إشعاعا - لم تكن طبيعته واضحة في ذلك الوقت – يستطيع اختراق المادة، و يستطيع نسخ صور موضوعة في الظلام. وأثبت بكريل أن الإشعاع الذي اكتشفه يصدر عن جميع مركبات اليورانيوم.

أي أن مصدر الإشعاع هو ذرة اليورانيوم . واتضح له أن هذا الإشعاع يحدث بصورة تلقائية(spontaneous) مستمرة ولا تؤثر عليه المؤثرات الخارجية من ضغط ودرجة حرارة، و لهذا سمي إشعاع اليورانيوم إشعاعا نشطاوتسمى هذه الظاهرة (Radiation Radioactive).

13 النشاط الإشعاعي Radioactivity

في عام1898 قام بيير كوري وزوجته ماري باكتشاف النشاط الإشعاعي للثوريوم، كما اكتشفا في نفس السنة عنصرين جديدين يوجدان في خامات اليورانيوم :العنصر الأول أطلق عليه اسم" الراديوم"،وهو عنصر أقوى في نشاطه الإشعاعي من اليورانيوم بمليون مرة، بينما أطلقا على العنصر الثاني اسم "بولونيوم " ، الذي له علاقة بمسقط رأس ماري كوري . وبعد 10سنوات اكتشف رذرفورد في عام 1908م الغاز النشط إشعاعيا - الرادون - بواسطة التحليل الطيفي.



بيير و ماري كوري

14 الإشعاع الطبيعي في التربة

اليورانيوم والثوريوم والراديوم معادن ثقيلة مشعة تنشأ طبيعياً في التربة حيث يمثل اليورانيوم النسبة الأكثر وجوداً في قشرة الأرض ويميل أيضا إلى الانتشار خلال التربة لأن الصخور الموجودة في القشرة الخارجية عانت من عمليات التجوية وعوامل التعرية (مياه,هواء,نباتات,حيوانات) ونتيجة لهذه العمليات والعوامل المختلفة الأخرى تكونت التربة ويعتمد المفهوم الأساسي لتلوث التربة على المعلومات المتعلقة بعمليات الانتقال والتراكم بعيداً عن موقع التلوث ، لأن تراكم المواد المشعة وحركتها يعتمد على تفاعل المواد والمركبات مع الجزء الصلب من التربة وان نوع هذا التفاعل يعكس قدرة التربة على الاحتفاظ بالمواد المشعة ومن جهة أخرى فإن معدل سقوط الأمطار وكمية مياه الري ونوع النباتات المزروعة وعمليات إدارة التربة تؤدي إلى حركة الملوثات المشعة إلى المياه الجوفية أو انتقالها إلى النباتات أو الأوساط الأخرى كالماء والهواء.

ويتضمن النشاط الإشعاعي لنماذج التربة النويدات المشعة التي تعود الى سلسلة ^{238}U أهمها ^{226}Ra الذي يبلغ تركيزه في التربة (6-7 Bq/kg) , وهناك كميات قليلة من ^{137}Cs لا تتجاوز (10 Bq/kg) .

وهناك ثلاث سلاسل طبيعية تنشأ منها معظم النظائر المشعة طبيعياً هي :-

1- سلسلة اليورانيوم –238 :- ينحل النظير (^{238}U)خلال سلسلة مكونة من (14) نويدة مشعة تنتهي إلى نظير الرصاص (^{206}Pb)المستقر كما في الشكل أدناه.
2- سلسلة الثوريوم-232 :- ينحل النظير (^{232}Th) خلال سلسلة مكونة من (15) نويدة مشعة الى نظير (^{208}Pb) المستقر.
3- سلسلة الاكتنيوم –235 :- ينحل النظير (^{235}U) انحلالاً متسلسلاً خلال سلسلة مكونة من (11) نويدة مشعة تنتهي إلى نظير(^{207}Pb) المستقر.

ونلاحظ أن كلاً من هذه السلاسل تبدأ بعنصر ذي عمر نصف طويل جداً وتضمحل في نهاية الأمر لتصل إلى نظير الرصاص المستقر ويفترض ان سلسلة أخرى(النبتونيوم) قد وجدت على الأرض في عصور سابقة لكنها اضمحلت بسرعة اكبر من ان تكشف في وقتنا هذا.

والشكل الآتي يوضح سلسلة تحلل اليورانيوم (238) إلى رصاص (206) :
أولى خطوات هذه السلسلة تتضمن تحول نظير اليورانيوم (238) إلى نظير الثوريوم (234) وينتج بفعل هذا الانحلال انطلاق دقائق ألفا ، ويتم تمثيل هذا التفاعل النووي على النحو التالي:

$$_{92}U^{238} \longrightarrow {}_{90}Th^{234} + {}_{2}He^{4}$$

يتم تمثيل دقائق ألفا الناتجة عن التفاعل بأنوية الهيليوم .

يسمى هذا النوع من التفاعلات والتي يظهر فيها كل من العدد الذري والعدد الكتلي وينتج عنها عناصر جديدة أخرى بالتفاعلات النووية وفي الخطوة الثانية يتحول الثوريوم إلى نظير البروتاكتينيوم مطلقاً جسيمة بيتا:

$$_{90}Th^{234} \longrightarrow {}_{91}Pa^{234} + {}_{-1}e^{0}$$

الرمز يمثل الكترون (بيتا) مصدره النواة ، شحنته (-1) وكتلته (صفر) الخطوة الثالثة تتمثل في تحول البروتاكتينيوم إلى نظير اليورانيوم مطلقاً من جديد دقائق بيتا وذلك وفق المعادلة النووية التالية:

$$_{91}Pa^{234} \longrightarrow {}_{92}U^{234} + {}_{-1}e^{0}$$

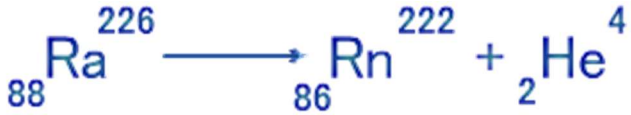
تمثل الخطوة الرابعة تحول نظير اليورانيوم إلى نظير الثوريوم وتنطلق دقائق ألفا بفعل هذا التحول :

$$_{92}U^{234} \longrightarrow {}_{90}Th^{230} + {}_{2}He^{4}$$

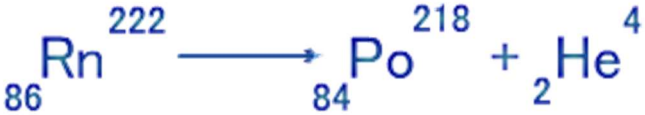
ثم يعود الثوريوم في الخطوة الخامسة للتحول إلى نظير الراديوم وتنطلق دقائق ألفا :

$$_{90}Th^{230} \longrightarrow {}_{88}Ra^{226} + {}_{2}He^{4}$$

والآن يمكنك ملاحظة سبب وجود الراديوم في خام اليورانيوم . وفي الخطوة السادسة يتحول الراديوم إلى نظير الرادون :

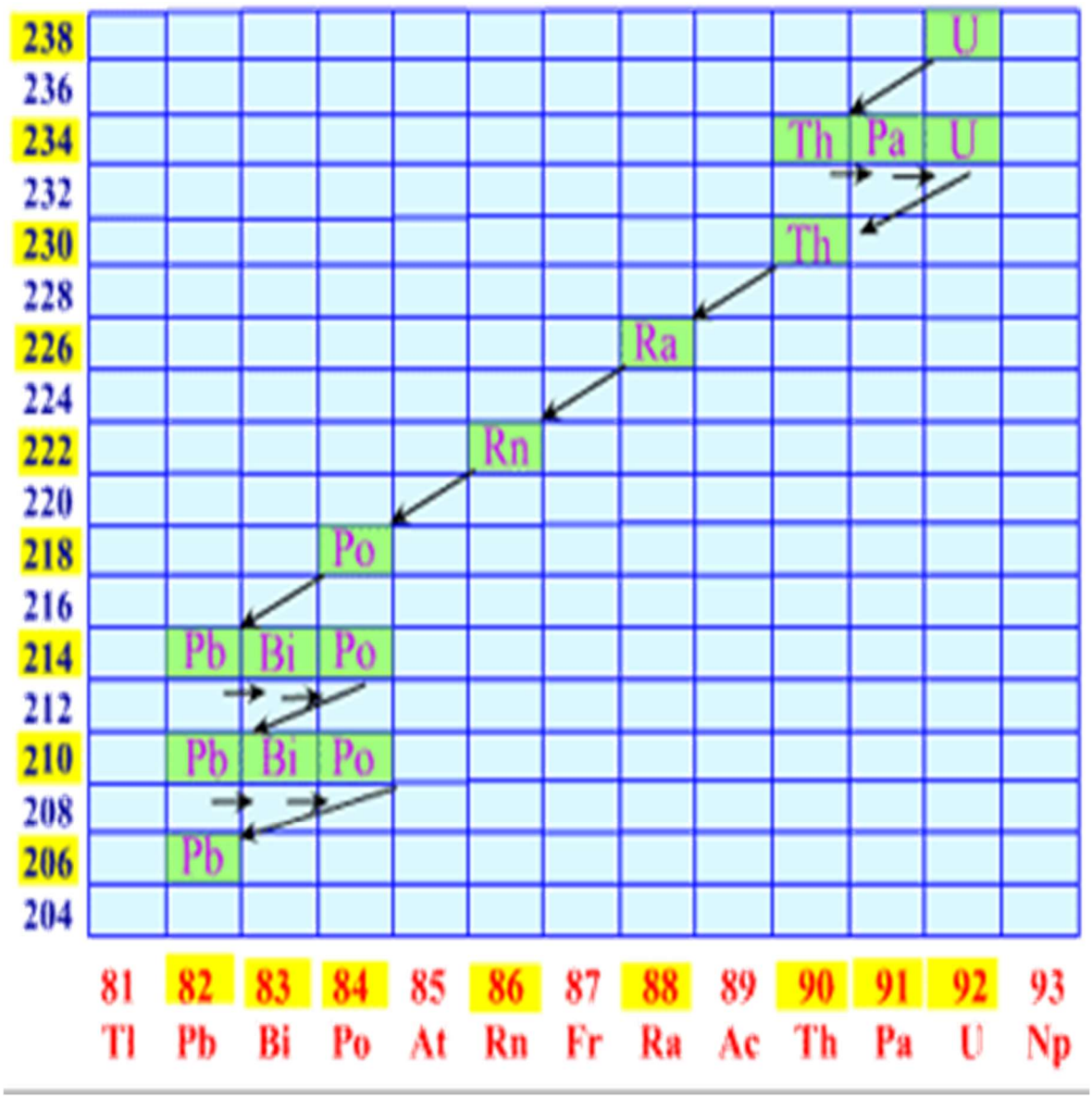


ثم يتحول الرادون في الخطوة السابعة إلى نظير البولونيوم :



وهكذا تستمر سلسلة التحولات ، وينتج في كل مرحلة منها نظير غير مستقر إلى أن يصل اليورانيوم في تحللاته إلى نظير الرصاص (206) المستقر في سلسلة من (14) خطوة . يسمى هذا النوع من السلاسل بسلسلة النشاط الإشعاعي Series adioactive أو سلسلة التحلل Decay Series.

العدد الكتلي



العدد الذري

الواجب اليومي والاسبوعي للمحاضرة الثالثة

أولاً: الواجب اليومي (بعد المحاضرة مباشرة)

- **ارسم وتسمية مكونات الذرة**

ثانيا الواجب الأسبوعي

- **النظائر: أنواعها وخصائصها واستخداماتها**

المحاضرة الرابعة

15 أنواع الإشعاعات

يوجد نوعان أساسيان للإشعاع هما:

أ- إشعاع مؤين (Ionizing Radiation)

سمي بذلك لان هذا النوع من الإشعاع له القدرة على تايين الذرات التي يمر خلالها مثل الإشعاعات الكهرومغناطيسية (أشعة اكس وأشعة كاما والاشعه الكونيه) وإشعاعات جسيمية مثل (جسيمات بيتا وإلفا والنيوترونات والبروتونات).

ب - إشعاع غير مؤين (Non-Ionizing Radiation)

اي ليس له القدرة على تايين الذرات التي يمر خلالها مثل موجات الراديو والتلفزيون وموجات الرادار والموجات الحرارية ذات الأطوال الموجيه القصيرة (ميكروويف) وموجات الأشعة تحت الحمراء والاشعه فوق البنفسجية والضوء العادي وأشعة الليزر.

16 الإشعاعات النووية

خلال السنوات العديدة من اكتشاف النشاط الإشعاعي وجد أن النوى النشطة إشعاعيا تقذف بشكل طبيعي نوعا واحدا أو أكثر من ثلاثي أنواع من الإشعاعات (جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة كاما) التي أمكن التمييز فيما بينها وذلك كما يأتي: -

1- قدرة اختراقها للوسط الذي تمر فيه.

2- قابلية تأينها لذرات وجزيئات المواد التي تمر خلالها.

3- سلوكها في المجالين الكهربائي والمغناطيسي.

17 الإشعاع المؤين

يقسم إلى:

1- جسيمات (دقائق) ألفا:

تتميز جسيمات ألفا بالاتي :-

1- هي عبارة عن نوى ذرات الهليوم أي أنها موجبة الشحنة .
2- سرعة جسيمات ألفا تعتمد على نوع المصدر المشع .
3- أن مدى جسيمات ألفا في الهواء يعادل بضع سنتمترات ويمكن إيقافها بواسطة ورقه سميكة.

4- تحدث تأينا في الغاز الذي تمر خلاله.

5- تتأثر بالمجال المغناطيسي حيث تنحرف نحو الاتجاه السالب وتكون ثقيلة نسبيا وتحمل شحنه موجبه.

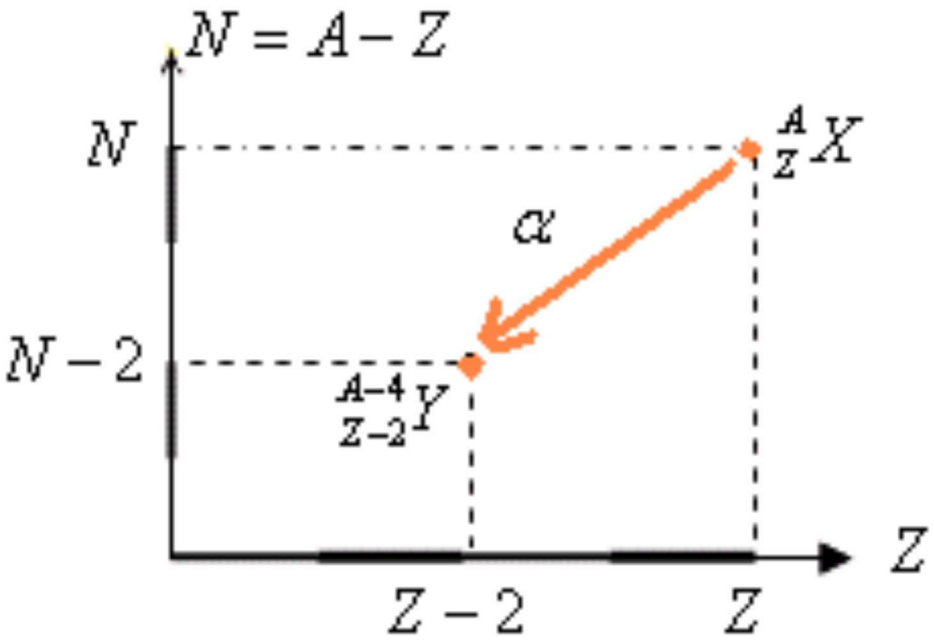
6- قوة الاختراق لجسيمات إلفا ضعيفة جدا حيث أنها تفقد طاقتها بمجرد خروجها من العنصر المشع، وان سبب قلة أمكانيه جسيمات ألفا لاختراق المواد يعود إلى شحنتها العالية التي تسبب تأينا عاليا للمادة التي تمر من خلالها وبذلك تفقد طاقتها بسرعة مما يجعل مداها قصيراً .

ومن الممكن أن تسبب أذى وضرر صحي في الانسجه خلال المسار البسيط ويتم امتصاص هذه الاشعه بالجزء الخارجي من جلد الإنسان ولذلك لا تعتبر جسيمات ألفا ذات ضرر خارج الجسم ولكن من الممكن أن تسبب ضرر كبير أذا تم استنشاقها أو بلعها أو دخولها إلى الجسم نتيجة وجود جرح به فإنها تكون مؤذيه جدا. وعند مرور جسيمات ألفا في المادة تحدث تأينا لذراتها بسبب شحنتها العالية ولا يكون التأين متجانسا على طول مسارها وإنما يصل إلى أقصاه قرب نهاية مداها وتستخدم خاصية قابليتها على إحداث التأين في عملية الكشف.

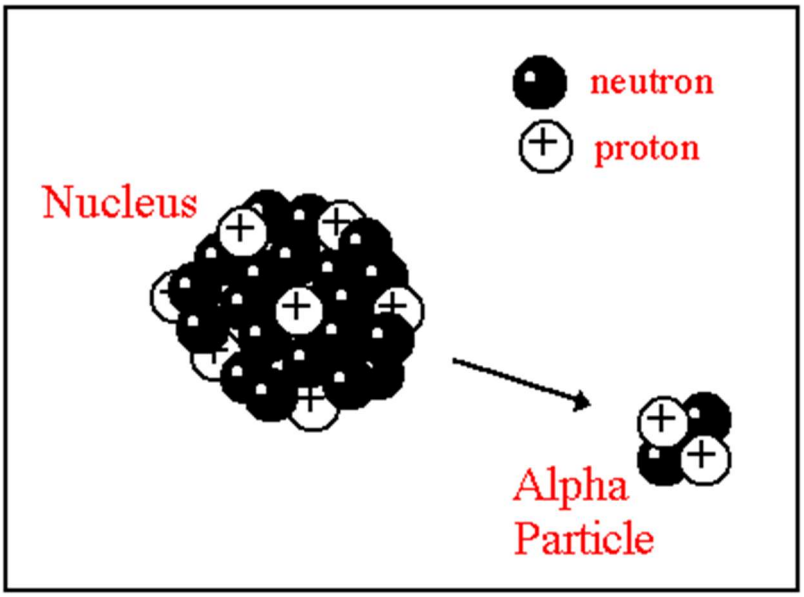
7- عند انبعاثها من نواة عنصر مشع فان العدد الكتلي للعنصر المشع ينقص بأربعة وينقص عدده الذري باثنين .

والمعادلة أدناه تبين تحلل أو تفكك إلفا.

Alpha decay $${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$



شكل يوضح علاقة العدد الذري والعدد الكتلي لعنصر مشع بإطلاق جسيمة ألفا.



شكل يوضح نوية عنصر مشع تشع جسيمات الفا.

الواجب اليومي والاسبوعي للمحاضرة الرابعة

أولاً: الواجب اليومي (بعد المحاضرة مباشرة)

- **ارسم وتسمية مكونات الذرة**

ثانيا الواجب الأسبوعي

- **النظائر: أنواعها وخصائصها واستخداماتها**

18 جسيمات (دقائق) بيتا

تتميز جسيمات بيتا بالاتي :-

1- تمتلك هذه الجسيمات قابلية اختراق اكبر من جسيمات ألفا بحدود (100) مرة .

2- يمكن أن تقطع عدة سنتمترات في الهواء قبل امتصاصها وبضع مليمترات داخل مادة الألمنيوم .

3- إنها تأين الوسط الذي تمر فيه بدرجه اقل مما تسببه جسيمات ألفا .

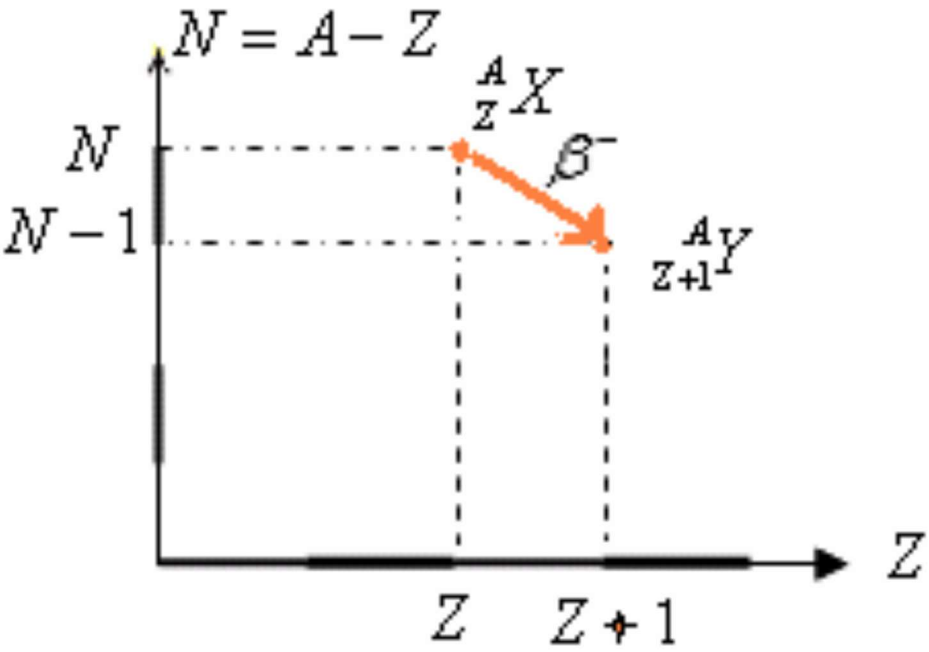
4- انحراف جسيمات بيتا بوجود المجال المغناطيسي اكبر من انحراف جسيمات ألفا وبالاتجاه الذي يشير إلى أنها تحمل شحنه سالبه (عبارة عن الكترونات) ، وبما أن جسيمات بيتا مشحونة فهي تتفاعل مع الوسط الذري تمر فيه وتحدث تأينا بذراته ولهذا السبب أن مداها في الهواء اكبر من مدى جسيمات ألفا في الظروف القياسية بحوالي (280) مره .

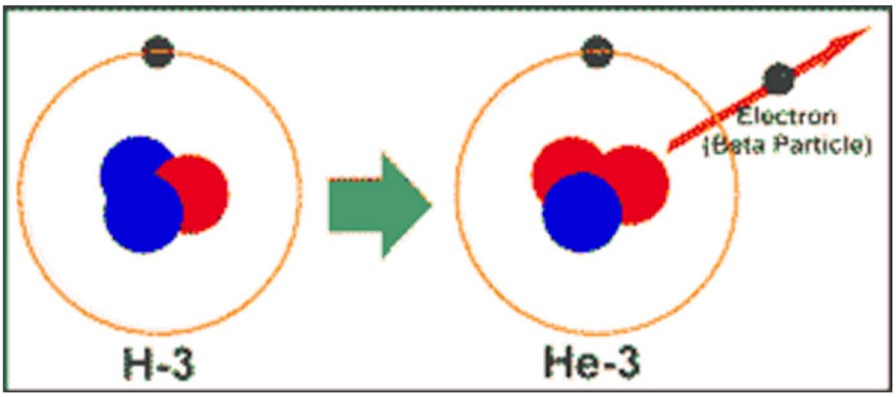
5- يعتمد مدى جسيمات بيتا على سرعتها التي قد تصل أحيانا قريبا من سرعه الضوء وهي تنبعث من معظم المصادر الطبيعية والصناعية. ،

6- لا يمكن إيقاف دقائق بيتا بواسطة قطعة الورق ويمكن إيقاف سريان هذه الاشعه بواسطة قطعه من الخشب وقد تسبب أذى أذا اخترقت الجسم.

7- عندما تنبعث جسيمات بيتا من نواة عنصر مشع فان العدد الكتلي لا يتغير ولكن عدده الذري يزداد بواحد مع انبعاث إلكترون (جسيمة بيتا) كما في المعادلة أدناه:

$$\text{Beta decay } (e^-) \qquad {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + e^- + \bar{\nu}$$





19 انواع انحلال بيتا

أ – الانحلال الالكتروني

يلاحظ ان اصدار الكترون من النواة ناتج عن تحول نيوترون من نيوترونات النواة الى بروتون , وذلك كي تصبح النسبة بين النيوترونات و البروتونات هي نسبة الاستقرار . ويعبر عن هذا الانحلال كالاتي :

$$^{1}_{0}\mathrm{n} \longrightarrow {}^{1}_{1}\mathrm{p} + \beta^{-}$$

ومن الامثلة على الانحلال الالكتروني انحلال الكوبلت 60_{Co} الى النيكل 60_{Ni} و تحلل السيزيوم 137_{Cs} الى الباريوم 137_{Ba} .

ب – الانحلال البوزيتروني

في بعض الاحيان تكون نسبة النيوترونات الى البروتونات في النظير المعين اقل من النسبة التي تحقق الاستقرار . وفي هذه الحالة يتحول احد بروتونات النواة الى نيوترون , و ينطلق نتيجة لذلك التحول بوزيترون يحمل شحنة البروتون الموجبة. و يعرف تفكك بيتا في هذه الحالة بالانحلال البوزيتروني , ويعبر عنه كالاتي:

$$_{1}^{1}\mathrm{p} \longrightarrow {}_{0}^{1}\mathrm{n} + \beta^{+}$$

ومن امثلة الانحلال البوزيتروني انحلال الصوديوم 22_{Na} الى النيون 22_{Ne} .

ج – **الاسر الالكتروني**

يمكن ان يحدث تحول احد بروتونات النواة الى نيوترون بطريقة اخرى بخلاف المذكور في الانحلال البوزتروني , و يتم ذلك بان تاسر النواة إلكترونا من الالكترونات المدارية القريبة من النواة (أي من المدار K وفي احيان قليلة من المدار L) ويتحد هذا الالكترون الماسور مع احد بروتونات النواة فيتكون النيوترون دون اصدار جسيم بيتا , و يعرف انحلال بيتا في هذه الحالة بالاسر الالكتروني و يعبر عنه كالآتي :

$$_{-1}^{0}\mathrm{e} + {}_{1}^{1}\mathrm{p} \longrightarrow {}_{0}^{1}n$$

وهكذا فانه يوجد ثلاث انواع لانحلال بيتا هي اللانحلال الالكتروني (β^{-}) و البوزيتروني (β^{+}) و الاسر الالكتروني (electron capture) . وفي حالة الاسر الالكتروني لاتصدر النواة ايا من جسيمات بيتا .

ولقد ثبت فيما بعد انه عند حدوث اي نوع من تحلل بيتا ينطلق من النواة جسيمات تعرف باسم النيوترونيو (neutrino) ويرمز لها بالرمز v (نيو) . النيوترونيو هو عبارة عن جسيم متعادل الشحنة و كتلة السكون له مساوية للصفر . وعلى هذا يمكن التعبير عن الانواع الثلاث كالاتي :

الانحلال الالكتروني $\quad {}_{0}^{1}\mathrm{n} \longrightarrow {}_{1}^{1}\mathrm{p} + \beta^{-} + v'$

الانحلال البوزيتروني $\quad {}_{1}^{1}\mathrm{p} \longrightarrow {}_{0}^{1}\mathrm{n} + \beta^{+} + v$

الاسر الالكتروني $\quad {}_{-1}^{0}\mathrm{e} + {}_{1}^{1}\mathrm{p} \longrightarrow {}_{0}^{1}n + v$

يعرف $\bar{\nu}$ باسم النيوترونيو المضاد . يعرف الجسيم المضاد على انه هو الذي اذا التقى مع جسيم عند تحركهما بسرعة محدودة نسبيا فانهما يفنيان معا ككتلة مادية و ينتج عن هذا الفناء طاقة في شكل اشعاعات كهرومغناطيسية (كاما او أشعة سينية) .

20 أشعة كاما Gamma Rays

تتميز أشعة كاما بالاتي :-

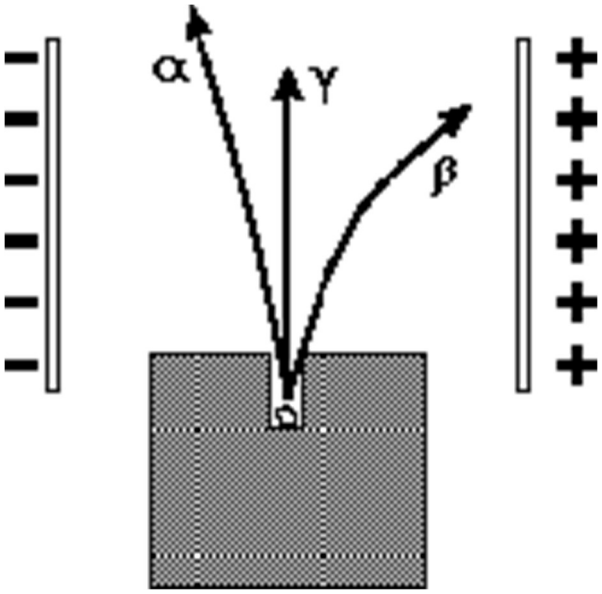
1- إن طاقة أشعة كاما تكون عاليه وبذلك فان قابلية اختراقها للمادة تكون كبيره حيث تزيد على عده سنتمترات لمادة الرصاص .
2- إن أشعة كاما تؤين الغاز الذي تمر خلاله بصوره ضعيفة .
3- لا تتأثر بوجود المجال المغناطيسي وهذا يدل على أنها موجات كهرومغناطيسية .
4- لا يصحب انبعاث أشعة كاما أي تتغير في عدد ألكتله أو العدد الذري وبالتالي لا يتغير العنصر ولكنها تنتج عندما تكون النواة في حالة أثاره أي تملك من الطاقة أكثر من الحد الطبيعي لها وحيث ان هناك اتجاه لأي جسيم كان يكون في اقل مستوى من الطاقة فان النواة المثارة تعطي الطاقة الزائدة على شكل موجات كهرومغناطيسية تسمى أشعة كاما .
5- تعد أشعة كاما من اخطر أنواع الإشعاعات ولها قوة اختراق عاليه جدا, اكبر بكثير من جسيمات ألفا وبيتا ويمكن إيقاف سريانها بواسطة حاجز من الكونكريت (الخرسانة المسلحة) وتقع أشعة اكس من ضمن تقسيمات أشعة كاما ولكنها اقل قدره على الاختراق من أشعة كاما. والمعادلة الآتية توضح تفكك أشعة كاما:

Gamma decay $\quad {}^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$

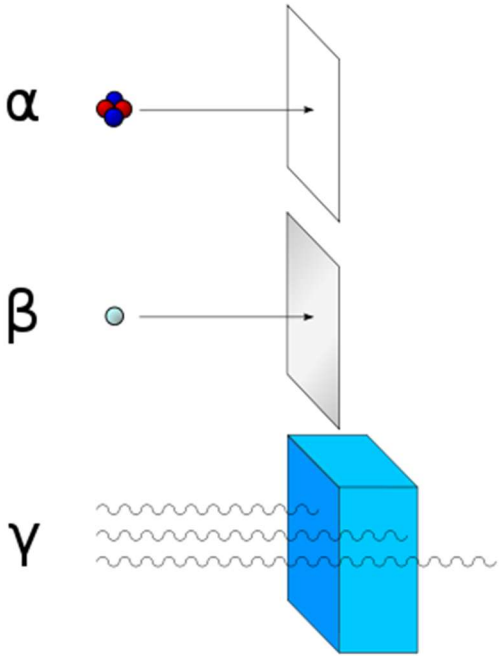
والجدول الأتي يوضح قوة التأين النسبية وقوة النفاذية النسبية للإشعاعات النووية.

الإشعاعات النووية	قوة التأين النسبية	قوة النفاذية النسبية
جسيمات ألفا	10000	1
جسيمات بيتا	100	100
أشعة كاما	1	10000

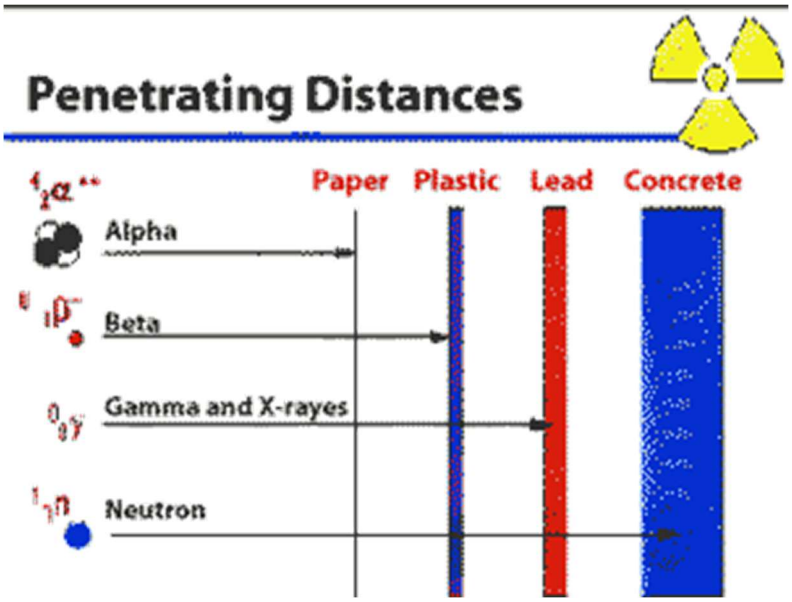
والشكل الأتي يوضح علاقة الأشعة النووية مع المجال المغناطيسي.



والشكل أدناه يبين قابلية اختراق الإشعاعات النووية, حيث جسيمات ألفا أوقفت بصفيحه ورقيه بينما جسيمات بيتا أوقفت بصفيحه من الرصاص سمكها $\frac{1}{16}$ أنج ، بينما أشعة كاما- تستطيع النفاذ خلال عدة انجات من الرصاص.



شكل يوضح قابلية اختراق الأشعة النووية لحاجز من الرصاص مع مقارنتا مع الإشعاعات النووية الاخرى.



الواجب اليومي والاسبوعي للمحاضرة الخامسة

أولاً: الواجب اليومي (بعد المحاضرة مباشرة)

- **بين اختراق المواد حسب نوع الاشعاع؟**

ثانيا الواجب الأسبوعي

- **بين انحلالات كاما؟**

21 النيوترونات

هي الجسيمات الوحيدة غير المشحونة التي لها أهميه وهي نوع مهم للإشعاع المؤين لعلاقتها بالقنابل الذرية و المفاعلات النووية.

والنيوترون عبارة عن جسيم ذي كتله$1,67 \times 10^{-34}$ غم ومتشابهه لكتلة البروتون، ولكنه لا يحمل أية شحنه كهربائية ولأنه متعادل كهربائياً فانه يخترق بعمق للمواد من جميع الأنواع ومن ضمنها الانسجه الحية،

أن النيوترونات تشكل إحدى الجسيمات الاساسيه التي تبنى منها نوى كل الذرات وهي تنبعث كناتج جانبي عندما تعاني الذرات الثقيلة المشعة- كاليورانيوم-انشطارا(أي تنغلق لتكوين ذرتين صغيرتين) وقد تنتج- أيضا صناعيا بواسطة المعجلات الضخمة في مختبرات بحوث الفيزياء.

22 البروتونات

هي جسيمات موجبة الشحنة وتوجد في نوى جميع الذرات وكتلة البروتون مساوية لكتلة النيوترون تقريبا, وعادة لا تنبعث من النظائر المشعة على الأرض ولكنها توجد بغزاره هائلة في الفضاء الخارجي وتشكل خطرا على رواد الفضاء.

23 الاشعه الكونية (Cosmic Rays)

المصدر الرئيسي لهذه الاشعه ناتج عن الحوادث ألنجميه في الفضاء الكوني البعيد ومنها ما يصدر عن الشمس خاصة خلال التوهجات الشمسية التي تحدث مره او مرتين كل 11 سنه.مولده جرعة أشعاعيه كبيره إلى الغلاف الغازي للأرض وتتكون هذه الاشعه الكونية من 87 %من البروتونات و11 من جسيمات الفا وحوالي1% من النوى ذات العدد الذري ما بين 4 و26 وحوالي 1% من الالكترونات ذات طاقه عاليه جدا وهذا ما تمتاز به الأشعة الكونية، لذلك فان لها ألقدره الكبيره على الاختراق. كما انها تتفاعل مع نوى ذرات الغلاف الجوي مولده بذلك الكترونات سريعة وأشعة كاما ونيوترونات ولا يستطيع احد تجنب الاشعه الكونية ولكن شدتها على سطح الأرض تتباين من مكان إلى أخر.

24 الأشعة السينية X- Rays

أشعة اكس في الاساس مثل الاشعة المرئية من حيث انها جزء من الطيف الكهرومغناطيسي . ولكن الاشعة السينية تحمل طاقة كبيرة جدا , اكبر من طاقة الاشعة المرئية بكثير.

الواجب اليومي والاسبوعي للمحاضرة السادسة

أولاً: الواجب اليومي (بعد المحاضرة مباشرة)

- **هل الاشعة السينية ضمن الاشعاعات المؤينة؟**

ثانيا الواجب الأسبوعي

- **بين انواع الاشعاعات المؤينة؟**

المحاضرة السابعة

25 الانحلال الإشعاعي Radioactive Decay

25 نظرية الانحلال الإشعاعي

تقدم رذرفورد وسودي سنة 1905 بنظرية الانحلال لتفسير ظاهرة النشاط الإشعاعي الطبيعي . وتقضي النظرية بأن ذرات العناصر المشعة تنحل نتيجة لما ينبعث منها من جسيمات الفا أو بيتا التي هي في حد ذاتها جسيمات مادية ، أي أن جزءاً محدد من نواة الذرة ينطلق بسرعة فائقة تارك وراءه ذرات عنصر جديد يختلف تماماً في خواصه الطبيعية والكيميائية عن العنصر الأصلي . ويكون العنصر الجديد أو المولود مشعاً أيضاً فتنطلق من نوى ذراته جسيمات مادية ينتج عن انطلاقها أن تتحول ذرات هذا العنصر الجديد إلى ذرات عنصر ثالث جديد وهكذا نتابع عملية التحول من عنصر مشع إلى عنصر آخر مشع حتى ينتهي الانحلال عند عنصر مستقر وجدير بالذكر أنه فيما عدا حالات نادرة جداً فإن نوى عنصر معين تنحل بانبعاث نوع واحد من الجسيمات ، أما جسيمات ألفا أو جسيمات (بيتا) فلا تنبعث الجسيمات من نواة واحدة ، ومعنى هذا أن النواة التي يحدث انحلالها بجسيمات الفا لا ينبعث منها جسيمات بيتا ، ألا أن انبعاث جسيمات ألفا أو جسيمات بيتا قد يكون مصحوباً بانبعاث أشعة كاما.

26 تعريف الانحلال الإشعاعي

يعرف الانحلال الإشعاعي بأنه عملية تلقائية يتحول فيها العنصر إلى عنصر آخر نتيجة إشعاع جسيمات ألفا أو جسيمات بيتا و أشعة كاما.

س / ما الفرق بين الانحلال الإشعاعي والتحول او التفاعل الكيميائي ؟

يختلف الانحلال الإشعاعي عن التحول او التفاعل الكيميائي في النقاط الآتية :-

1- الانحلال الإشعاعي عملية تلقائية مستمرة .

2- يعتمد على نوع العنصر المشع ولا يرتبط بالمركب الكيميائي .

3- لا يتوقف على الظروف الفيزيائية (الضغط ، درجة الحرارة) .

4- تنطلق منه طاقة هائلة .

27 النواة غير المستقرة والتحلل الإشعاعي

تعتبر اغلب العناصر هي عناصر مستقرة وتبقى كما هي إلى ما لا نهاية في حين أن بعضها غير مستقرة (مشعة) بسبب وجود طاقة داخلية زائدة.

تقوم النواة بعمل تغيرات تلقائية (التحلل الإشعاعي) حتى تصبح نواة مستقرة. وذرات المادة المشعة تنحل بطريقة عشوائية ولكن بمعدل زمني ثابت ، وفترة نصف العمر هو الوقت اللازم لكي تنحل نصف ذرات المادة المشعة أو لكي ينخفض النشاط الإشعاعي إلى النصف وبعد مرور ضعفي فترة نصف العمر ينخفض النشاط للربع وبعد مرور ثلاثة أضعاف فترة نصف العمر ينخفض النشاط الإشعاعي للثمن وهكذا....

28 قانون الانحلال الإشعاعي

أي مادة تتمتع بالنشاط الاشعاعي سواء كان طبيعيا او بسبب تدخل الانسان فانها تضمحل (تتفكك_ تنحل) ذاتيا و تتحول الى

_ عنصر جديد (بانطلاق جسيمات الفا , β^- , β^+ , بروتونات ..... او

_ نظير جديد للعنصر المشع بانطلاق نيوترونات ..... او

_ نفس نظير العنصر و لكن من حالة استقرار بانطلاق اشعة كاما .

بفرض ان لدينا عدد من الانوية المشعة لنفس النظير (عينة نقية) N_0 و حيث اننا لا نستطيع من خلال القوانين الاشعاعية او غيرها المتاحة حاليا توقع اي من الانوية سينحل و متى يحدث ذلك بالتحديد القاطع , فاننا نلقي بالظاهرة الى قوانين الاحتمالات ومن ثم فان احتمال انحلال نواة معينة من الثانية الواحدة ياخذ قيمة محددة تختلف باختلاف النظير المشع و نرمز له بالرمز λ .

وحيث ان عدد الانوية المشعة في اي عينة يكون كبيرا جدا مهما كان وزن العينة , فان احتمال انحلال اي منها من الثانية الواحدة (وحدة زمن) يكزن صغيرا جدا , وهذا يعني $0 \ll \lambda < 1$. ان احتمال انحلال نواة معينة من زمن قدره Δt او dt (فترة زمنية صغيرة) لابد ان يساوي $\lambda \Delta t$ او λdt .

- اذا كان عدد الانوية المشعة في أي زمن هو N فان احتمال الانحلال لهذا العدد خلال فترة زمنية مقدارها dt هو $N \lambda dt$, ومن ثم فان عدد النويات التي يمكن ان تضمحل خلال فترة زمنية dt يساوي dN حيث

$$dN = -N \lambda dt$$

وضعت الاشارة السالبة للدلالة فقط على ان عدد النويات المتبقى عند اي لحظة دون انحلال هو دائما في تناقص مستمر . وهكذا نجد ان

- معدل التغير الزمني لانحلال الانوية المشعة ($\frac{dN}{dt}$) يتناسب طرديا مع عدد الانوية عند نفس اللحظة $N\,(t)$.

بفرض ان لدينا عدد من الانوية المشعة مقدارة N_o عند بداية متابعتنا للظاهرة $t=0$ فبإمكاننا معرفة عدد الانوية التي ما زالت مشعة عند اي زمن t كالأتي:

$$\frac{dN}{dt} = -\,N\lambda$$

$$\frac{dN}{N} = -\,\lambda\,dt$$

$$\int_{N_o}^{N} \frac{dN}{N} = \int_{0}^{t} -\lambda\,dt$$

$$\ln N - \ln N_o = -\,\lambda\,t$$

$$\ln \frac{N}{N_o} = -\lambda\,t$$

$$N = N_o\,e^{-\lambda t}$$

وحيث ان N_o , λ قيم ثابتة خاصة بالعينة تحت الدراسة فان العدد N هو دالة في الزمن t و لذلك يرمز له بالرمز $N\,(t)$.

كفاءة اي عينة اشعاعيا تسمى ايضا كفاءة العينة او نشاط العينة او شدة الاشعاعية للعينة و يرمز لها بالرمز $A(t)$ لانها تعتمد على الفترة الزمنية المنقضية منذ متابعة تحلل العينة وهي تساوي عدد الانوية المشعة التي تنحل في الثانية الواحدة

$$A(t) = \lambda N\,(t) = N_o\,e^{-\lambda t} = A_0\,e^{-\lambda t}$$

الواجب اليومي والاسبوعي للمحاضرة السابعة

أولاً: الواجب اليومي (بعد المحاضرة مباشرة)

- **ماهو معدل تغير زمن الانحلال لجسيمات الفا؟**

ثانيا الواجب الأسبوعي

- **هل جميع الجسيمات تنحل في زمن انحلال واحد؟**

- **فترة عمر النصف**

بلاشك انه بمرور الزمن يتناقص عدد الانوية المشعة المتاحة من العينة ومن ثم فانه بعد انقضاء فترة زمنية (طالت ام قصرت طبقا لمعدل التحلل في الثانية الواحدة) سنصل الى ان عدد الانوية التي مازالت مشعة يساوي نصف العدد الاصلي . هذه الفترة الزمنية تسمى " زمن عمر النصف " .

زمن عمر النصف : هو الزمن الذي خلاله يتفكك نصف العدد الاصلي من الانوية المشعة . ويرمز له $T_{\frac{1}{2}}$ او $t_{\frac{1}{2}}$. وهو احد المعاملات المهمة لوصف المادة المشعة وهو يعتمد مباشرة ليس على عدد الانوية المشعة و انما على " ثابت الانحلال " λ (احتمال انحلال نواة معينة في الثانية الواحدة) . ويتم حسابه كالاتي :

$$N\,(t) = N_o\, e^{-\lambda t}$$

$$at\ \ t = T_{\frac{1}{2}}\ than\ \ \ N(t) = \frac{N_O}{2}$$

$$\frac{N_O}{2} = N_o\, e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}}$$

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

- **متوسط عمر العينة المشعة** (τ) هو عبارة عن مجموع اعمار جميع النويات للعنصر المشع مقسوما على عددها. ويمكن تحديده كالاتي :

$$\tau = \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{N_o}} \int_{\mathbf{0}}^{\infty} N_o\, e^{-\lambda t}\, \mathrm{dt}$$

$$= \frac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{N_o}}\, N_o \left[\frac{e^{-\lambda t}}{-\lambda}\right]$$

$$= \frac{\mathbf{1}}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}$$

$$\tau = 1.4\mathbf{43}\, T_{\frac{1}{2}}$$

من خلال المعالجة الرياضية السابقة يتضح ان لدينا ثلاث معاملات ثابتة وهي بمثابة خصائص تميز مادة مشعة من غيرها وهي

- ثابت الانحلال λ
- فترة عمر النصف $T_{\frac{1}{2}}$
- متوسط عمر العينة τ

وحيث ان هذه المعاملات ثابتة للعينة الواحدة فيمكن معرفة احدهما يؤدي الى معرفة باقي المعاملات .

والعمر النصفي لا يعتمد على العدد الأصلي للذرات ولا على النشاط الإشعاعي الابتدائي وكل نظير مشع يمتلك عمر نصفي معين .

أن الأعمار النصفية للعناصر المشعة تتراوح اقل من (10^{-6} sec) إلى أكثر من (10^{9} سنة) كما هو واضح في الجدول الأتي :-

العنصر	عمر النصف
235 Uranium	700000000 سنة
14 Carbon	5730 سنة
226 Radium	1622 سنة
60 Cobalt	5 سنة
131 Iodine	8 أيام
Sodium 24	15 ساعة
212 Polonium	1000000/1 ثانية

مثال /

أذا كان لديك غرام واحد من من النظير المشع ($^{90}_{38}sr$) الذي ينحل بعمر نصفي (28 سنة) بانبعاث جسيمات بيتا ، احسب

1- ثابت التحلل.
2- نشاطه الإشعاعي .

الحل /
ان قانون ثابت الانحلال هو:-

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}}$$

$$\lambda = \frac{0.693}{28\ yr * 3.16 * 10^{7}\ \frac{sec}{yr}}$$

$$\lambda = 7.83 * 10^{-10}\ sec$$

ويمكن حساب عدد ذرات كيلو غرام واحد من أي نظير مشع من العلاقة الاتية :-

$$N = \frac{N_A}{A}$$

عندما:-

N_A / عدد افوكادرو ، A / العدد الكتلي للنظير المشع.

$$N = \frac{N_A}{A} = \frac{6.02 * 10^{26}}{90} = 6.69 * 10^{24} atoms/kgm$$

ومنه نجد عدد الذرات في غرام واحد ويساوي :-

$$N = 6.69 * 10^{24} * 10^{-3} = 6.69 * 10^{21} atoms/gm$$

أذن النشاط الإشعاعي الابتدائي هو :-

$$\varphi = \lambda N$$

$$\varphi = 7.83 * 10^{-10} * 6.69 * 10^{21}$$

$$\varphi = 5.23 * 10^{12}\ sec^{-1}$$

الواجب اليومي والاسبوعي للمحاضرة الثامنة

أولاً: الواجب اليومي (بعد المحاضرة مباشرة)

- **من أين جاء الرقم (3.16*10^7) في حل المثال اعلاه .؟**

ثانيا الواجب الأسبوعي

- **احسب فعالية او نشاط غرام واحد من (Ra_266) اذا علمت ان نصف العمر له (1620 yr) .؟**

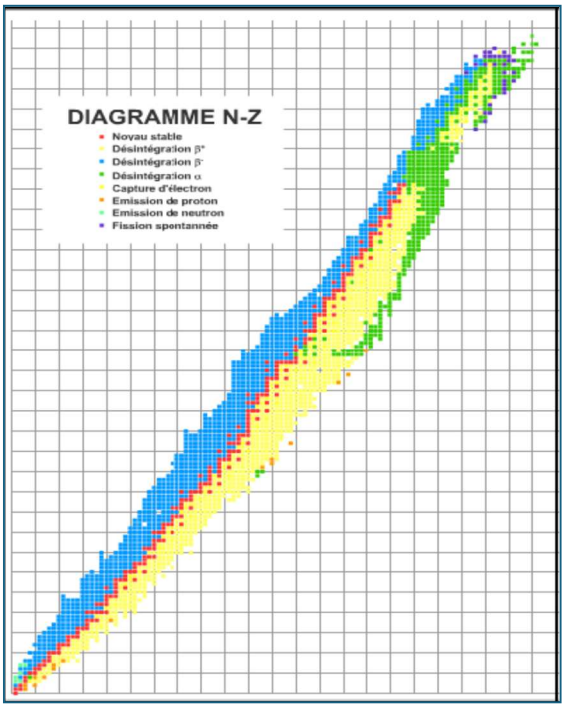
المحاضرة التاسعة

29 الاستقرار النووي

تتحول معظم الانوية الغير مستقرة الى انوية مستقرة وتدعى الإلية التي تتحول بها الى مستقرة بالتحلل الاشعاعي. مما يؤدي الى انبعاث احدى الاشعاعات الفا او بيتا و كاما وبين مخطط **سيغر segre** هذه العملية . يبين الشكل الاتي عدد البروتونات على المحور الافقي و عدد النيوترونات على المحور العمودي . نلاحظ ان جميع الانوية المستقرة وغير المستقرة موزعة في الحزمة بألوان مختلفة . يمثل الخط الفاصل بين الاصفر و الازرق على المخطط الانوية المستقرة (مستقيم الاستقرار) معنى هذا ان الانوية القريبة من هذا المستقيم بعدد بروتوناتها و عدد نويوتروناتها تكون اكثر استقرارا .

تمثل النقاط الصفراء و الخضراء و الزرقاء انوية غير مستقرة , المستقيم الذي معادلته N=Z الانوية التي تحتوي على عدد صغير من البروتونات , عندما يكبر عدد البروتونات فان عدد النويوترونات يكبر أيضا (لكي تستقر نواة يجب ان يكون هناك توازن بين عدد البوتونات و النويوترونات) .

- الانوية التي عدد نيوكلوناتها مرتفع تبعث اشعة الفا (باللون الاصفر).
- الانوية التي فيها النويوترونات كبير تبعث اشعة β^- (باللون الازرق).
- الانوية التي فيها البوتونات كبير تبعث اشعة β^+ (باللون الاحمر).



30 وحدات قياس الجرعة الإشعاعية Radioactivity units

هي مقادير فيزيائية تعبر عن كمية الطاقة المودعة في كتلة معينة من المادة أو النسيج البشري، أو تعبر عن مخاطر الأنواع المختلفة من الإشعاعات المؤينة على الأنسجة وأعضاء الإنسان، أو على كامل جسم الإنسان .

وتعتمد هذه الكميات عند اشتقاقها، على-:

1- أسلوب تفاعل النوع المعين من الإشعاعات المؤينة مع المادة.
2- أسلوب انتقال الطاقة من هذه الإشعاعات للمادة.
3- مدى ضرر النوع المعين من الإشعاعات على الكائن الحي.

تقاس فعالية أي عنصر مشع بعدد الانحلالات الحادثة في وحدة الزمن لذلك فان وحدة قياس النشاط الإشعاعي هي البيكرل Becquerel (Bq)

وتعرف بأنها عدد الإشعاعات التي تصدرها العينة المشعة في الثانية الواحدة وسميت بهذا الاسم تخليدا لذكرى العالم الفرنسي (بيكرل) الذي اكتشف ظاهرة النشاط الإشعاعي .

كما يقاس النشاط الإشعاعي بوحدة الكوري (curie) حيث يعرف الكوري بأنه فعالية أي عنصر مشع ينحل بمعدل ($3.7*10^7$) بالثانية الواحدة.

1 curie (ci) = $3.7*10^7$ Decay/sec

1 curie (ci) = $3.7*10^7$ Bq

وهناك وحدة الرذرفورد التي تستخدم كذلك لقياس الفعالية والتي تعرف بأنها فعالية أي عنصر ينحل بمعدل (10^6) بالثانية الواحدة .

1 Rutherford = 10^6 Decay/ sec

1 Rutherford = 10^6 Bq

31 وحدة التعرض للإشعاع The exposure unit X

أن للتعرض في الوقاية الإشعاعية معنيين مختلفين :-

الأول ذو طابع عام، ويقصد به التعرض للإشعاعات المؤينة أما المعنى الثاني فهو يعبر عن كمية فيزيائية محددة.

والتعرض :- هو تعرض الهواء الجاف في الظروف المعيارية (أي عند درجة حرارة الصفر المئوي وعند ضغط يساوي 760 ملليمتر زئبق) لكمية من الأشعة السينية أو إشعاعات كاما منخفضة الطاقة - حتى 3 ميغا إلكترون فولت)

ويقاس التعرض بكمية الشحنة الكهربائية (الموجبة أو السالبة) الناتجة عن التأين في وحدة الحجوم من الهواء الجوي الجاف في هذه الظروف .

أي أن:

$$x = \frac{dQ}{dm}$$

حيث : التعرض (X) الشحنة dQ (الموجبة أو السالبة)، حجم من الهواء الجاف كتلته dm) في الظروف المعيارية.

ويقاس التعرض بوحدة عرفت باسم" رونتجنRontgen.وقد تم تعريف الرونتجن بأنه عملية التعرض لكمية من الأشعة السينية أو إشعاعات كاما منخفضة الطاقة تؤدي إلى توليد شحنة كهربائية (سالبة أو موجبة) مقدارها ($2.5 * 10^{4}$) كولوم في كغم واحد من الهواء الجاف وعند الظروف المعيارية.أي أن:

$$I R = 2.58 \times 10^{4} \ Coulomb/kg \ air$$

32 وحدة الجرعة الممتصة The absorbed dose unit (D)

هي ناتج قسمة الطاقة المودعة المتوسطة (dE)التي أودعتها الجسيمات (الفوتونات المؤينة) في عنصر من المادة تبلغ كتلته (dm). أي أن الجرعة الممتصة *D* هي:

$$D = d E/dm$$

وتجدر الإشارة إلى أن الجرعة الممتصة تستخدم لجميع أنواع الإشعاعات المؤينة، سواء كانت مشحونة أو غير مشحونة، ولجميع الطاقات وكذلك لجميع المواد التي تسقط عليها الإشعاعات المؤينة .

ووحدة قياس الجرعة الممتصة في النظام الدولي هي كراي (Gray (Gy“

ومازالت الوحدة التقليدية للجرعة الممتصة للإشعاع هي" الراد ”rad“ مستخدمة في بعض المراجع والأجهزة الخاصة بالنشاط الإشعاعي .حيث يعرف الراد بأنه الطاقة الممتصة والمساوية إلى (100) أرك وذلك من قبل غرام واحد من المادة المعرضة للإشعاع.

Gy = 100 rad

الجرعة المكافئة للاشعاع The equivalent dose *(H)*

33 التأثير البيولوجي النسبي للإشعاع Relative biological effectiveness *(RBE)*

ويطلق عليها بالريم (Rem) حيث يعرف الريم بأنه كمية الطاقة الممتصة من قبل المادة المعرضة للإشعاع مضروبا بالتأثير البايلوجي النسبي الذي يقصد به التأثير الحاصل عندما تتعرض المادة إلى إشعاعات مختلفة حيث لا يكون هذا التأثير متساويا بالشدة اعتمادا على نوع المادة .

وحدة الجرعة المكافئة = التأثير البايلوجي النسبي ***RBE*** * الجرعة بالراد

وعند التعبير عن الجرعة الممتصة في النظام الدولي للوحدات" بالكراي"، "Gray (Gy) يكون التعبير عن الجرعة مكافئة بالسيفرت (Sv) (Seivert

أي أن السيفرت هو وحدة قياس الجرعة المكافئة في النظام الدولي للوحدات

أما عند التعبير عن الجرعة الممتصة بالراد، يعبر عن الجرعة

المكافئة بالريم (Rem) (الوحدة التقليدية) .

حيث أن:-

1 Seivert = 100 Rem

الواجب اليومي والاسبوعي للمحاضرة التاسعة

أولاً: الواجب اليومي (بعد المحاضرة مباشرة)

- **كم تساوي وحدة الريم بمقارنتها بوحدة السيفرت ؟**

ثانيا الواجب الأسبوعي

- **اعمل تقرير حول الجرعات والحدود المسموعة للتعرض للاشعاع المؤين ؟**

المحاضرة العاشرة

34 قياس ومراقبة الإشعاعات المؤينة

للأسف فإن إحساس الإنسان لا يستطيع أن يكشف عن وجود الإشعاعات التي تصدر عن المادة المشعة أو الجهاز المنتج للإشعاع ، لكن الإنسان يملك أدوات متنوعة تستطيع الكشف والقياس عن هذه الإشعاعات وبدقة عالية.

تقاس الجرعات الإشعاعية للأشعة المؤينة بوحدة الجراي (Gy) أو سيفرت (Sv).

35 الجراي Gray

هي جرعة من الطاقة الممتصة مقدارها واحد جول لكل كجم من المادة. ولكن يختلف التأثير البيولوجي في جسم الإنسان والناتج عن الجرعة الممتصة نفسها تبعاً لنوع الإشعاع حيث وجد على سبيل المثال أن التأثير البيولوجي لمجموعة من البروتونات يختلف عن تأثير نفس الجرعة من جسيمات ألفا وهكذا....

لذلك تم وضع وحدة قياس تسمى سيفرت تعتمد على عامل النوعية للأشعة الساقطة وبالتالي على مدى التلف البيولوجي الذي تحدثه الجرعة وتسمى الجرعة في هذه الحالة الجرعة المكافئة.

36 سيفرت Sievert

هي وحدة للجرعة الإشعاعية التي تسبب نفس التلف البيولوجي بغض النظر عن نوعية الإشعاع الساقط.

1 مللي سيفرت = 10-3 سيفرت.

1 ميكروسيفرت = 10-6 سيفرت.

وتعتبر وحدة مللي سيفرت الأكثر شيوعاً.

ويمكن أن ندرك مدى خطورة الأشعة المؤينة كالتالي:

- 10,000 مللي سيفرت كجرعة قصيرة المدى تسبب مرض فوري يعقبه موت خلال أسابيع قليلة.

- من 2000-10,000 مللي سيفرت كجرعة قصيرة المدى تسبب مرض إشعاعي
المحتمل أن تسبب سرطان قاتل خلال عدة سنوات لخمس أشخاص من كل مائة يتعرضون لهذه الجرعة.
- 1000 مللي سيفرت كجرعة قصيرة المدى من المحتمل أن تسبب مرض مؤقت مثل غثيان ونقص في عدد كرات الدم البيضاء تزداد حدته بزيادة الجرعة.
- 50 مللي سيفرت/عام هي أقل معدل جرعة لا يوجد دليل كونها تسبب سرطان حيث تزداد الخطورة للإصابة بالسرطان مع زيادة الجرعة.
- 20 مللي سيفرت/عام خلال متوسط خمس سنوات هي الحد الموضوع للعمال في الصناعة النووية ومناجم اليورانيوم.
- 10 مللي سيفرت/عام تعتبر معدل الجرعة النموذجية الممتصة بواسطة مناجم اليورانيوم في أستراليا وكندا.
- 3 مللي سيفرت/عام تعتبر الخلفية الإشعاعية للمصادر الطبيعية في شمال أمريكا تشمل تقريباً 2 مللي سيفرت/عام من غاز الرادون المشع الموجود في الهواء طبيعياً.
- 2 مللي سيفرت/عام تعتبر الخلفية الإشعاعية للمصادر الطبيعية تشمل 0.7 مللي سيفرت/عام من غاز الرادون في الهواء.
- 0.3 - 0.6 مللي سيفرت/عام هي معدل الجرعة الإشعاعية النموذجية للمصادر الصناعية خصوصاً الطبية.

ويمكن القول بأن التأثيرات البيولوجية الناتجة عن المستويات المنخفضة للتعرض الإشعاعي صغيرة جداً ولا يمكن كشفها وعلى أي حال فإن مقاييس الوقاية من الإشعاع تفترض أن التأثير يتناسب مباشرة مع الجرعة حتى بمستويات منخفضة تبعاً لذلك فإن التأثير الخطي للإشعاع يعني أنه يهبط إلى النصف مثلاً إذا هبطت الجرعة للنصف ويعتقد بشكل واسع أن الجرعة الإشعاعية العالية التي تتجمع مع الوقت لا تقتل على الفور ولكن قد ينجم عنها سرطان يظهر بعد عدة سنوات من التعرض.

وبالمقابل فإن جرعات عالية من الإشعاع توجه إلى الأورام كعلاج إشعاعي لقتل الخلايا السرطانية ، وأيضاً تستخدم جرعات عالية جداً لقتل البكتريا الضارة في الغذاء وتعقيم الوسائل والأدوات الطبية وعليه فإن الإشعاع اصبح أداة ذات قيمة كبيرة في العصر الحديث.

الواجب اليومي والاسبوعي للمحاضرة العاشرة

أولاً: الواجب اليومي (بعد المحاضرة مباشرة)

- **ماهي وحدة الكري ؟**

ثانيا الواجب الأسبوعي

- **اعمل تقرير من خمس صفحات على الاقل حول مقايس الجرع ؟**

المحاضرة الحادية عشر

37 الكواشف النووية Nuclear detectors

مبدأ الكشف:

نظرا لطبيعة الاشعاع غير المرئية كان من لابد من إيجاد الطرق والأدوات الملائمة للكشف عن الاشاعاع وقياسه وكذلك بما ان الهدف الرئيسي للوقاية الاشعاعية هو معرفة وقياس الاشعاع وتوفير المعلومات اللازمة عنه زمعرفة مقدار ما قد يحدثه من اثار سلبية على الانسان والبيئة بالإضافة الى تقدير ضرورة اجراء هذه القياسات ودرجة ملائمة الأجهزة لنوع القايس وذلك لغايات تخفيض الجرعات الاشعاعية.

ومن هنا تم تطوير عدة تقنيات وأدوات لقياس الاشعاع وأكثرها شيوعا:

1- اجهزة المراقبة.
2- اجهزة المسح الاشعاعي.
3- اجهزة التحذير من الاشعاع.

وبناء على هذه الاهداف يمكن ان يتم تصنيف اجهزة الكشف والقياس والاشعاعي الى فئتين رئيسيتين:

1- اجهزة قياس الجرعات الاشعاعية ومايتعلق بها.
2- اجهزة قياس النشاط الاشعاعي الناتج عن المواد المشعة سواء كانت طبيعية او صناعية.

تستخدم الكواشف النووية لكشف الجسيمات والفوتونات التي تنبعث من أنوية المواد المشعة وهذه الكواشف تعتمد في عملها على عمليات التأين التي تحدثها الجسيمات والفوتونات المشعة أثناء اجتيازها للمادة وتتوقف على :-

١-نوع الإشعاع وطبيعته وشدته.

٢-طبيعة المادة .

وتسمى المواد التي تتأثر بالإشعاع بشكل يمكن معه « الاستفادة من الأثر الناتج » بكوا شف الإشعاع radiation detectors.

وتعرف الكواشف النووية بانها مجموعة الأجهزة المستخدمة في الكشف عن الإشعاعات النووية المختلفة ولقياس طاقة تلك الإشعاعات .

فعندما تتأثر الأشعة على اختلاف أنواعها سواء أكانت جسيمات مشحونة أم جسيمات غير مشحونة، مثل النترونات، أو حتى الأشعة الكهرومغناطيسية مع الكاشف النووي ، فإن الحصيلة النهائية لتبادل التأثير بالنسبة لأغلب أنواع

الكواشف هي(تشكُّل كمية من الشحنات الكهربائية ضمن مادة الكشف أو ما يسمى بالحجم الفعال للكاشف التي تجمع عند قطب معاكس) .

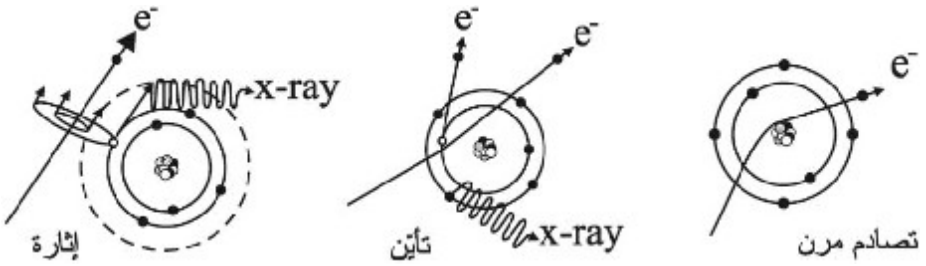
38 تصنيف الكواشف :-

تصنف كواشف الإشعاع من حيث الطبيعة الفيزيائية لمادة الكشف إلى نوعين رئيسيين؛ هما الكواشف الغازية والكواشف الصلبة.

1- الكواشف الغازية

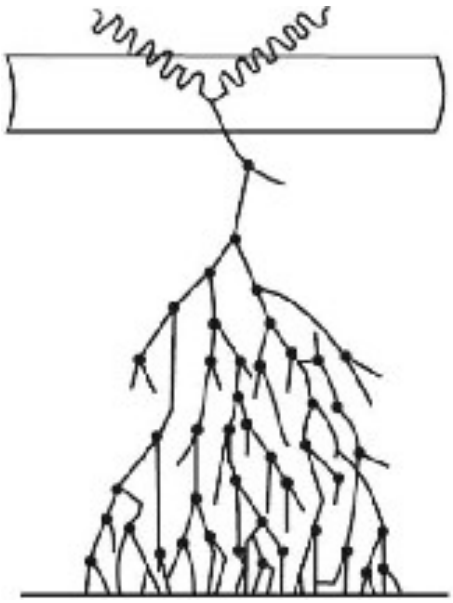
تعد الكواشف الغازية من أقدم أنواع الكواشف الإشعاعية، فقد استخدمت منذ أوائل القرن الماضي . تعتمد تقنية الكشف في هذا النوع من الكواشف على مبدأ تجميع الأزواج الأيونية المتوّلدة في الغاز (وسط الكاشف) نتيجة تفاعل الإشعاع مع ذرات الغاز، فيتولد الزوج الأيوني المؤلف من الإلكترون وذرة الغاز المتأينة من جراء مرور الأشعة في الغاز، وتراوح الطاقة اللازمة لتوليد الزوج الأيوني في أغلب الغازات المستخدمة ما بين 30 و 35 إلكترون فولت، أي أنه يتولد نحو 30000 زوج أيوني من جراء مرور جسيمة مشحونة طاقتها1 مليون إلكترون

وتكون انواع التفاعلات الممكنة للجسيمات المشحونة مع الوسط الغازي إلى أحد الأشكال المبينة في الشكل (1)

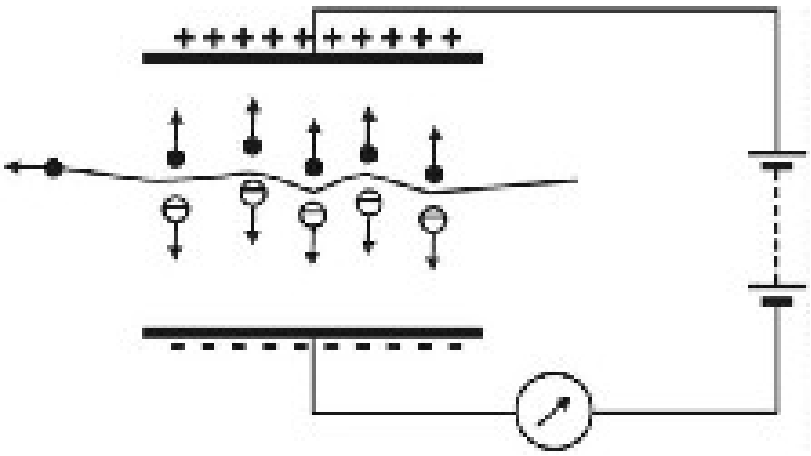


الشكل (١)

تُنتج هذه الأزواج الأيونية نتيجة التصادم أزواجاً أيونية جديدة تسمى بالثانوية؛ ليصل هذا التضخيم في عدد الإلكترونات إلى حد الانهيار، ويسمى انهيار تاونسند Taunsand Avalanche



الشكل (٢) التاييينات الثانوية (الانهيار)



الشكل (٤) مبدا الكشف.

تقسم الكواشف الغازية بحسب شروط تشغيلها إلى ثلاثة أنواع رئيسة هي :-

١- حجيرات التأين. Ionization Chambers

٢- والعدادات التناسبية . proportional counters

39 عداد كايكر مولر Geiger-Muller counters

اخترع العالم الألماني جايجر هذا العداد ثم قام تلميذه مولر بإدخال تعديلات قيمة على العداد، ولذلك يسمى أحيانا **عداد جايجر-مولر**

عداد كايكر أو عداد جايجر (بالإنجليزية: Geiger counter) - والمسمى أيضاً عدّاد كايكر- مولر هو أحد أدوات اكتشاف الإشعاعات المؤيَّنة، مثل أشعة كاما والأشعة السينية وكذلك الإلكترونات السريعة ومنها أنواع لقياس أشعة ألفا.

ويسهل استخدامه في كل مكان حيث هو عبارة عن مكشاف حساس بشكل اسطوانة طولها نحو(١٥ سنتيمتر) متصلة بجهاز إلكتروني يشبه الراديو الصغير بواسطة كيبل، ويسهل حملهما.

عند القياس يُقرب المكشاف من العينة المراد قياس إشعاعها، فيبين مؤشر في الجهاز مقدار الأشعة المقاسة، ويكون ذلك عادة مصحوبا بصوت متردد يصدره الجهاز. ومن تردد صوت الجهاز يمكن معرفة شدة الإشعاع التقريبية، هل إشعاع شديد (تردد الصوت عالي) أم أشعاع قليل (تردد الصوت بطيئ) أو قد يزود الجهاز بعداد رقمي للقياس الدقيق.

يمكن أن يستعمله الجيولوجيون بصفة مبدئية في التنقيب عن الخامات النووية مثل

اليورانيوم والثوريوم التي قد توجد في أحجار بعض المناطق. كما يوجد الجهاز في كل معمل نووي للتحذير من ارتفاع غير عادي في درجة الإشعاع في المكان بغرض تحذير العاملين من خطر الإشعاع، فيتخذوا حذرهم ويقومون بالتعرف على سبب زيادة الإشعاع وإزالته.

هذا العداد له كفائه عاليه في الكشف عن الجسيمات المشحونة مثل جسيم بيتا أما الفوتونات ذات الطاقة العالية مثل أشعه كاما فان كفائه العداد للكشف عنها تكون ضعيفة وذلك لان كثافة الغاز ضئيلة وبالتالي فرص هروب أشعه كاما كبيره جدا ولا تستطيع الاصطدام بذرات الغاز والتي تكون كبيرة جدا بالنسبة لفوتون ليس له كتله.

يستخدم هذا النوع من العدادات بشكل واسع في كشف الإشعاع . ويتكون العداد من اسطوانة معدنية (الكاثود) مفرغة من الهواء بقطر (٣ سم) ومن سلك دقيق (الانود) مثبت بموازاة محور الاسطوانة ومعزول عنها كهربائيا .

تملا الاسطوانة بمزيج من غازات الأركون أو النيون أو الهليوم بنسبة (% 90) ومن الكحول بنسبة (10%) وأحياناً بمزائج أخرى وبخار عضوي .

يسمح العداد بدخول الجسيمات المؤينه إلى داخل الأنبوبة من خلال نافذة رقيقة من الزجاج أو الألمنيوم وبذلك تصطدم هذه الجسيمات المؤينه بجزيئات الغاز وتسبب تأينها .

عند دخول جسيم مشحون مثل بيتا السالبة فأنها تصطدم بذرات الغاز فيحدث التأين لذرات الوسط فتصبح عبارة عن ايونات موجبه والكترونات سالبه فتقوم هذه الالكترونات بتأيين الذرات الاخرى فعند توصيل الاسطوانه بتيار ينشأ فرق جهد بين الكاثود والانود فتتجذب الالكترونات السالبة الى الانود والايونات الموجبة الى الكاثود فينشأ تيار ناتج عن تأيين ذرات الغاز.

إن أكثر تطبيقات عداد كايكر– مولر شيوعاً هي استخداماته للكشف عن الإشعاعات المختلفة والتحري عن المصادر المشعة.

40 غرف التأين : Ionization Chambers

تتألف حجرة أو غرفة التأين بشكل أساسي من اسطوانة معدنية متغيرة الطول وتحتوي على سلك معدني دقيق في وسطها ومعزول كهربائيا عند موضع اتصاله

بالاسطوانة ، تملا الاسطوانة بالهواء الجاف أو أي غاز ملائم فعند مرور جسيم مؤين في الحيز بين القطبين فانه يولد ازدواجا من الايونات الموجبة والسالبة عند اصطدامه بجزيئات الهواء أو الغاز الموجود في الحيز .

عند عدم تسليط مجال كهربائي بين قطبي غرفة التأين فان الايونات الموجبة تتحد مع الايونات السالبة مرة أخرى مكونة ذرات أو جزيئات متعادلة داخل الغرفة ،

وعند تسليط مجال كهربائي فان الايونات الموجبة تتجه نحو القطب السالب (الكاثود) والايونات السالبة نحو القطب الموجب (الانود) فيؤدي ذلك إلى مرور تيار كهربائي ايوني شدته تعتمد على :-

١-شدة المجال الكهربائي المسلط .

٢-طبيعة الإشعاع.

٣- حجم الاسطوانة .

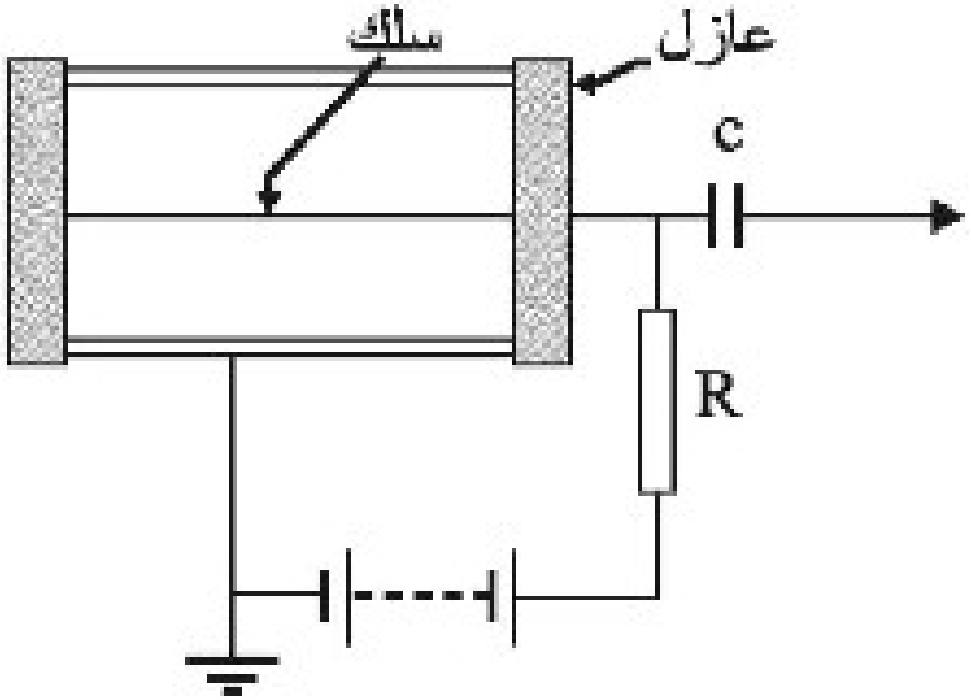
وتدعى منطقة العمل هذه منطقة الإشباع.

ويراعى في تصميم غرف التأينالامور الاتية :-

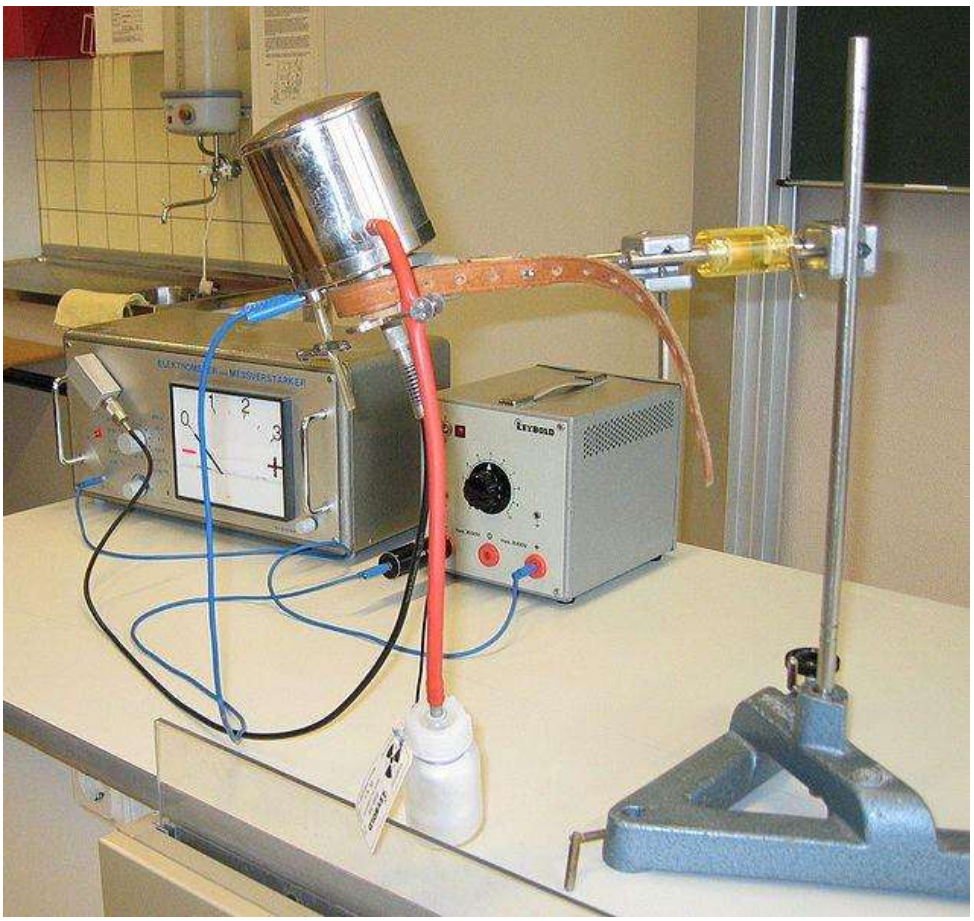
١ الشكل الهندسي للغرفة .

٢ نوع الغاز المختار وضغطه وذلك بحسب تطبيقات القياس .

تستخدم حجيرات التأين في أجهزة المسح الإشعاعي لأغراض المراقبة وقياس الجرعة الإشعاعية إضافة إلى استخدامها لمعايرة المنابع المشعة وتطبيقات قياس طاقة الإشعاع.



الشكل (٣) حجيرات التاين.



2- **الكواشف الصلبة**

المبدأ العام للكشف كما مر سابقاً في الكواشف الغازية هو تشكيل شحنة كهربائية من عدد كبير من حاملات الشحنة (إلكترون – أيون موجب) تتناسب في معظم الأحيان مع طاقة الإشعاع المودعة في الكاشف .

ويسعى المصممون إلى تحقيق تلك الخطوة بطرائق مختلفة . وإن استخدام مواد صلبة تقوم على المبدأ ذاته سيؤدي إلى زيادة عدد حاملات الشحنة كثيراً؛ الأمر الذي يؤدي إلى تحسين مواصفات جملة الكشف وزيادة مردود الكشف كثيراً، هذا إضافة إلى تصغير حجم الكاشف.

41 الكواشف الوميضية :-

تبدي بعض المواد خصائص إصدار ومضات ضوئية لدى تفاعل الإشعاع المؤين معها، وتسمى تلك المواد بالوامضات، ومنها المواد العضوية والمواد اللاعضوية، وتستخدم بأشكالها الفيزيائية الصلبة والسائلة والغازية.

تعمل الكواشف الوميضية على مبدأ الإثارة، فعندما تعبر الأشعة المؤينة الكاشف الوميضي تثير ذرات الوسط إلى مستويات طاقة أعلى، وبعودتها إلى حالتها الأساسية تصدر فوتونات تقع أطوالها الموجية في مجال الضوء المرئي، ويتناسب طرديا عدد الفوتونات الضوئية مع طاقة الإشعاع المودعة في الكاشف.

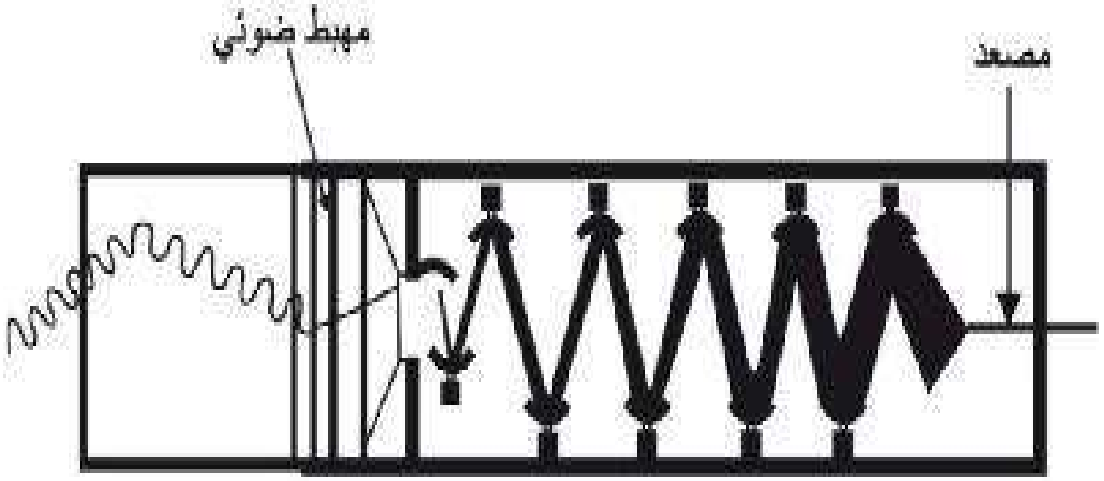
يمكن تحويل تلك الإصدارات الضوئية إلى نبضات كهربائية بوساطة ما يسمى

(المهبط الضوئي وأنبوب المضاعف الفوتوني الذي يعمل على تضخيم الإشارة الكهربائية) ، وتتناسب سعة نبضة الخرج طردياً مع طاقة الأشعة المودعة في الكاشف؛ وبذلك يمكن استخدام هذا النوع من الكواشف في تطبيقات قياس طاقة الإشعاع للتمييز بين الإشعاعات المختلفة .

تستخدم الوامضات اللاعضوية لكشف جميع أنواع الأشعة حيث يستخدم الوامض المصنوع من يوديد الصوديوم في الكشف عن أشعة كاما (γ rays)

ووامض كبريت التويتاء لكشف جسيمات ألفا (α particles) ووامض الأنتراسين لكشف جسيمات بيتا (β particles).

وقد مكنت سهولة صنع الكواشف الوميضية بأشكال هندسية مختلفة وبحجوم كبيرة وبكلفة منخفضة من جعلها واسعة الانتشار في تطبيقات كشف التلوث وقياسه، إضافة إلى استخداماتها في التطبيقات الطبية.



الكاشف الوميضي

الواجب اليومي والاسبوعي للمحاضرة الحادية عشر

أولاً: الواجب اليومي (بعد المحاضرة مباشرة)

- **تصنف اجهزة قياس النشاط الاشعاعي تبعا لغرض الاستخدام ؟**

ثانيا الواجب الأسبوعي

- **اعمل تقرير من خمس صفحات على الاقل حول الكواشف الغازية ؟**

المحاضرة الثانية عشر

42 اليورانيوم الطبيعي

اليورانيوم فلز مشع أبيض فضي اللون، رمزه الكيميائي U. وهو مصدر الطاقة المستخدمة في توليد الطاقة الكهربائية في كل محطات القدرة النووية التجارية الكبيرة. وينتج اليورانيوم أيضًا الانفجارات الهائلة لبعض الأسلحة النووية.

واليورانيوم هو ثاني أثقل عنصر موجود في الطبيعة بعد البلوتونيوم. ويستغل المهندسون ثقل اليورانيوم في عدد من التطبيقات، حيث يستخدمون اليورانيوم في الطائرات، لحفظ توازن الجنيحات وغيرها من سطوح التحكم في الطائرات والمركبات الفضائية، وللوقاية من الإشعاع باستخدام اليورانيوم كغطاء. واليورانيوم المستخدم في هذه التطبيقات ذو خاصية إشعاعية ضعيفة جدًا. ويستخدم العلماء اليورانيوم أيضًا لتحديد أعمار الصخور والمياه الجوفية وترسبات الترافرتين (أحد أشكال الحجر الجيري) في المواقع الأثرية.

يوجد اليورانيوم أساسًا في الصخور، ويوجد اليورانيوم بتركيزات أقل في الأنهار والبحيرات والمحيطات وغيرها من المسطحات المائية، يوجد اليورانيوم في الطبيعة بشكل أكاسيد ثنائية (UO_2) أو ثلاثية (UO_3) أو بشكل مركبات سيليكية وفي جميع أنواع الصخور والترب بتراكيز مختلفة.

يعد اليورانيوم من أهم العناصر المشعة الرئيسة في الطبيعة اكتشفه العالم الكيميائي الألماني مارتن كلابروث عام (1789) وقد جاءت تسميته مشتقة من كوكب (يورانوس) ثم أمكن عزل الشكل المعدني للعنصر لأول مرة عام (1841) أما خصائصه الإشعاعية فقد تم إثباتها وتوضيحها عملياً من لدن العالم الفيزيائي الفرنسي هنري بيكرل عام (1896)،

يتكون اليورانيوم في الطبيعة من ثلاثة نظائر (متساوية في العدد الذري وتختلف في العدد الكتلي) هي:

1- U^{238} نسبته في الطبيعة (99.275%) وعمر النصف له (4.47) بليون سنة.

2- U^{235} نسبته في الطبيعة (0.720%) وعمر النصف له (704) مليون سنة.

3- U^{234} نسبته في الطبيعة (0.005%) وعمر النصف له (250) ألف سنة.

صفات اليورانيوم الفيزيائية هي:

1- كثافته تساوي ($19.04\ g/cm^3$).

2- درجة غليانه (Boiling Point) تبلغ (3818Cْ).

3- درجة انصهاره (1133Cْ).

42 مصادر اليورانيوم

اليورانيوم يوجد في معظم القارات. تمتلك الولايات المتحدة أكبر الرواسب، تليها كندا ثم أستراليا. المصدر الأساسي لليورانيوم هو اليورانينيت، ومن أهم أنواعه البتشبلند، الذي اكتشف فيه اليورانيوم لأول مرة. ومن الخامات الرئيسية الأخرى اليورانوفان والكوفينيت والكارنوتيت. وقد يحتوي الحجر الجيري والفوسفات على ترسبات قيمة من خامات اليورانيوم، بينما يحتوي الجرانيت عادة على كميات قليلة من اليورانيوم.

وفي نهاية تسعينيات القرن العشرين بلغ إجمالي وزن اليورانيوم القابل للتعدين بتكاليف معقولة حوالي 2,700,000 طن متري. ويبلغ إنتاج العالم السنوي من اليورانيوم حوالي 35,000 طن متري. وتأتي كندا في مقدمة الدول المنتجة لليورانيوم في العالم، حيث تنتج منطقة ساسكاتشوان أكثر من نصف ما تنتجه كندا من اليورانيوم.

43 نظائر اليورانيوم

يوجد اليورانيوم في الطبيعة في ثلاثة نظائر (أشكال)، عددها الذري (أي عدد البروتونات في النواة) (Z = 92) ولكل من هذه النظائر عدد مختلف من النيوترونات، ولذلك تختلف هذه النظائر في العدد الكتلي الذري (مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة). ويحتوي أخف هذه النظائر على (Z = 92) بروتونًا و (N =142) نيوترونًا، بعدد كتلي إجمالي قدره 234 من الجسيمات النووية، ويسمى هذا النظير اليورانيوم 234.

والنظيران الطبيعيان الآخران لليورانيوم هما اليورانيوم 235 واليورانيوم 238، ويحتويان على 143 نيوترونًا و146 نيوترونًا على التوالي.

ويعرف اليورانيوم 238 باليورانيوم المستنفد، أو الخامد، أو المنضّب. واليورانيوم 235 هو النظير الطبيعي الوحيد الذي يمكن إخضاع نواته لعملية الانشطار، أي الانشقاق إلى نصفين. وتنطلق عن عملية الانشطار الطاقة النووية المستخدمة في محطات القدرة وفي الأسلحة.

44 النشاط الإشعاعي لليورانيوم

كل نظائر اليورانيوم مشعة، حيث تنحل (تتفتت) نوى ذراتها مطلقة جسيمات وطاقة، وخاصة جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة جاما. وعندما ينحل النظير يتحول إلى نظير آخر. وبحدوث سلسلة من الانحلالات يتحول اليورانيوم في النهاية إلى نظير للرصاص غير المشع.

ويقيس العلماء معدل إشعاع أي نظير على أساس عمره النصفي، أي الفترة الزمنية التي يتبقى بعدها نصف عدد الذرات المكونة لعينة من النظير في شكل ذرات لذلك النظير. ولنظائر اليورانيوم أعمار نصفية طويلة. فالعمر النصفي لليورانيوم 238 يبلغ حوالي 4,5 بليون عام، ولليورانيوم 235 حوالي 700 مليون عام، ولليورانيوم 234 حوالي 250,000 عام. ويعتقد أن جزءًا كبيرًا من حرارة باطن الأرض ينتج عن الإشعاع الصادر عن اليورانيوم.

45 اليورانيوم المخصب Uranium enrichment

عملية تخصيب اليورانيوم Uranium enrichment عبارة عن عزل نظائر عناصر كيميائية محددة separation Isotope من عنصر ما لغرض زيادة تركيز نظائر أخرى وللحصول على مادة تعتبر مشبعة بالنظير المطلوب، على سبيل المثال عزل نظائر معينة من اليورانيوم الطبيعي للحصول على اليورانيوم المخصب.

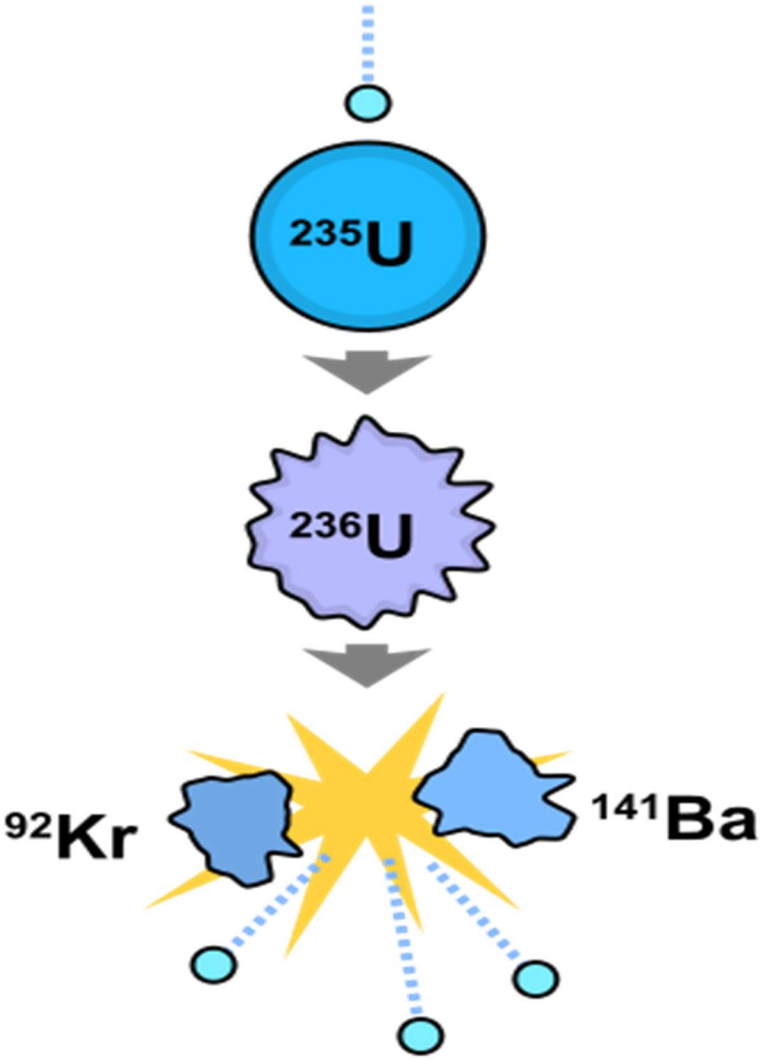
وتتم عملية التخصيب على مراحل عدة حيث يتم في كل مرحلة عزل كميات أكبر من النظائر غير المرغوبة حيث يزداد العنصر تخصيبا بعد كل مرحلة لحد الوصول إلى نسبة النقاء المطلوبة.

على سبيل المثال اليورانيوم المخصب عبارة عن يورانيوم تمت زيادة نسبة نظائر اليورانيوم-235 فيه وإزالة النظائر الأخرى. وعملية التخصيب هذه صعبة ومكلفة وتكمن الصعوبة أن النظائر الذي يراد إزالتها من اليورانيوم شبيهة جدا من ناحية الوزن للنظائر الذي يرغب بالإبقاء عليها وتخصيبها ، وتتم عملية التخصيب باستخدام الحرارة عبر سائل أو غاز لتساهم في عملية عزل النظائر غير المرغوبة وهناك طرق أخرى أكثر تعقيدا كاستعمال الليزر أو الأشعة الكهرومغناطيسية. واليورانيوم هو المكون الوحيد الذي يمكن أن ينتج طاقة نووية، أثناء تخصيب اليورانيوم الطبيعي لاستخدامه كوقود نووي في المفاعلات أو السلاح النووي ـ يتكون منتج ثانوي ، أطلق عليه اسم (اليورانيوم المستنفذ) . وهو ذو قدره إشعاعيه تقدر بـ (40%) من القدرة الإشعاعية لليورانيوم الطبيعي المخصب.

46 قابلية الانشطار

ينشطر اليورانيوم 235 إلى شظيتين عند قذفه بنيوترون، وتنطلق عن ذلك طاقة، كما ينطلق نيوترونان أو أكثر. وتسبب هذه النيوترونات بدورها انشطار نوى أخرى، مطلقة أيضًا طاقة ونيوترونات. وتحت ظروف معينة يمكن لهذه العملية أن تستمر في سلسلة من الانشطارات ذاتية الاستمرار تسمى التفاعل التسلسلي.

ولا تنشطر نواة اليورانيوم 238 عند قذفها بنيوترون إلا نادرًا، وذلك لأنها عادة تمتص النيوترونات التي تصطدم بها.



انشطار اليورانيوم.

47 فصل نظائر اليورانيوم

طور العلماء طرقًا عديدة لفصل نظائر اليورانيوم. وتستخدم شركات التخصيب طريقتين من هذه الطرق، هما طريقة الانتشار الغازي وطريقة الطرد المركزي. وهناك طريقة ثالثة تحت التجريب تسمى طريقة فصل النظائر بالليزر.

1- طريقة الانتشار الغازي

تستخدم هذه الطريقة في الولايات المتحدة. وفي هذه الطريقة تضخ جزيئات سادس فلوريد اليورانيوم خلال حواجز تحتوي على ملايين الثقوب الدقيقة. وتمر جزيئات الغاز الخفيفة عبر ثقوب الحواجز أسرع من الجزيئات الثقيلة. وتحتوي الجزيئات الخفيفة على ذرات اليورانيوم 235، ولذلك يحتوي الغاز الذي يمر عبر الحاجز على نسبة من اليورانيوم 235 أعلى من الغاز الأصلي. ونظرًا لأن هذه الزيادة طفيفة جدًا فإن الغاز يجب أن يمر عبر الحاجز عدة آلاف مرة لإنتاج اليورانيوم المخصب الذي يراد استخدامه في محطات القدرة النووية.

2- طريقة الطرد المركزي

لفصل النظائر، تستخدم فيها أسطوانة ذات حركة دوامية. يجبر دوران الأسطوانة غاز سادس فلوريد اليورانيوم إلى الخروج. ويتجمع الغاز المحتوي على اليورانيوم 238 على الجدران لثقله، بينما يتركز الغاز الأخف، المحتوي على اليورانيوم 235 قرب المركز.

تستخدم هذه الطريقة في عدد من المحطات في أوروبا واليابان. ويتكون جهاز الطرد المركزي في هذه الطريقة من أسطوانات عمودية ذات حركة دوامية سريعة. ويضخ غاز سادس فلوريد اليورانيوم في كل أسطوانة عبر أنبوبة عمودية ثابتة داخل كل أسطوانة.

الواجب اليومي والاسبوعي للمحاضرة الثانية عشر

أولاً: الواجب اليومي (بعد المحاضرة مباشرة)

- **ماهي نظائر اليورانيوم ؟**

ثانيا الواجب الأسبوعي

- **بين طريقة الطرد المركزي للحصول على نظير اليورانيوم ؟**

المحاضرة الثالثة عشر

48 غاز الرادون المشع

الرادون هو أحد عناصر الجدول الدوري وهو غاز نبيل ومشع يبلغ عدده الذري (86) ويوجد في الطبيعة بصورة غازية إذ يعد من أثقل الغازات المعروفة في الطبيعة اكتشف هذا الغاز عام (1900) من قبل الباحث (Dorn) في أملاح الراديوم.

غاز الرادون عديم اللون والرائحة وينتشر من التربة إلى الجو بوساطة انتشار الجزيئات ويتكون من ثلاثة نظائر هي:

1- الرادون وهو نظير (^{222}Rn) وينتمي إلى سلسلة (^{238}U) ويعد هذا النظير الأطول عمراً من بين نظائر الرادون إذ يبلغ عمره النصفي (3.825) أيام وهذا العمر يمنحه القابلية على الانتشار لمسافات محدودة في الجو وهو باعث لجسيمات ألفا بطاقة (5.4 MeV).

2- الثورون وهو نظير (^{220}Rn) وينتمي إلى سلسلة (^{232}Th) يبلغ عمره النصفي (55) ثانية تقريباً وهو باعث لجسيمة ألفا بطاقة (6.2 MeV).

3- الاكتنيون وهو نظير (^{219}Rn) وينتمي إلى سلسلة (^{235}Ac) يبلغ عمره النصفي أربع ثوان ,ويوجد بصورة قليلة جداً وذلك بسبب قلة توفر(^{235}U) وكذلك بسبب عمره النصفي القصير.

49 الآثار البايولوجية للإشعاع

أن الإشعاعات تسبب أضراراً كثيرة للكائن الحي بعضها قاتل وبعضها مضر إلى الحد الذي يجعل الإنسان يعاني من آثارها لأزمان طويلة جداً لاسيما بعد توسع استعمال الإشعاعات النووية ليشمل مجالات الطب والزراعة والصناعة وتوليد الطاقة الكهربائية وغيرها من الاستخدامات المختلفة فضلاً عن الحروب التي يستعمل فيها اليورانيوم المنضب والتجارب النووية مما أسهم في تلوث الجو والبيئة وزاد في احتمالية التعرض للإشعاع من قبل السكان لذلك كان تأثير الإشعاع في الكائن الحي بصورة خاصة والبيئة بصورة عامة من الموضوعات المهمة والمستحوذة على اهتمام الباحثين والمؤسسات الحكومية والدولية .

هناك طريقتان تؤثر بهما الإشعاعات في الكائنات الحية:

1- التأثير المباشر: حيث تقوم الإشعاعات بتأيين جزء من الذرات وذلك بامتصاص الطاقة من الإشعاعات.

2- التأثير غير المباشر: تقوم الإشعاعات الداخلة إلى الكائن الحي بإنتاج عدد كبير من الجذور الحرة (Free Radicals) ضمن سوائل الجسم خاصة الماء حيث تكون هذه الجذور مركبات كيميائية سامة.

هناك بعض الأمراض يصاب بها الإنسان بسبب التأثير غير المباشر للإشعاع منها:

1- الطفرات الجينية.

2- إعتام عدسة العين.

3- السرطان بأنواعه المختلفة (سرطان العظام، سرطان الدم، سرطان الرئة، سرطان الثدي وغيرها من الأمراض).

أن التأثير البايولوجي للإشعاع لا يعتمد على مقدار الجرعة فقط وإنما أيضا على ما يعرف بالتأثير البايولوجي النسبي [Relative Biological Effect (RBE)] الذي يعتمد على نوع الإشعاع المتعرض للكائن الحي فضلاً عن ذلك فان الأعضاء المختلفة في الجسم تختلف في حساسيتها للإشعاع وان أكثرها حساسية هي الأعضاء التناسلية ونخاع العظم والغشاء المخاطي المبطن للأمعاء والنسيج تحت الجلد، أما الأنسجة والأعضاء المقاومة للإشعاع فهي العضلات والعظام والأنسجة الرابطة للألياف العصبية.

تعبر الحساسية الإشعاعية للخلية عن مدى تأثرها بالأشعة المؤينة وتتناسب بشكل عام طرديا مع نشاط الخلية التكاثري وعكسيا مع درجة تمايزها، أي أن الأنسجة النشطة انقساميا أكثر حساسية للأشعة من الأنسجة غير النشطة.

ويظهر ضرر الإشعاع على الخلايا البيولوجية بطرائق متعددة، فهو يقلل انقسامات الخلية مما يؤدي إلى اضطراب التطور البيوكيميائية الاعتيادي للسلسلة مما يؤدي بالخلايا الى أتباع نمو تطوري يكون دخيلا على النوعيات (تكون السرطان مثلا) وتتمثل أنسجة الإنسان التي تظهر حساسية أعلى مما هو اعتيادي تجاه ضرر الإشعاع بالأعضاء المولدة مثل الجلد وأعضاء التجويف ألبطني وأعضاء توليد الدم في الطحال.

أن تفاعل الإشعاعات النووية مع المادة (النسيج، الدم ,الجلد...) تؤدي الى تأين ذرات الوسط الذي تمر فيه وجزيئاته أو تهيجها فتحدث تغيرات فيزيائية وكيميائية تنتهي بحدوث تغيرات بيولوجية تؤثر في الخلايا الحية.

أما بالنسبة للنيوترونات فأن طاقتها تنتقل إلى بروتونات ذرات الهيدروجين عن طريق التصادم المرن ثم تقوم هذه البروتونات بتأيين ذرات الخلايا وسواء كانت الإشعاعات المؤينة صادرة من مصدر موجود خارج الجسم او من تلوث الجسم من الداخل بالمواد المشعة فأن ذلك يؤدي إلى آثار بيولوجية في الجسم يمكن ان تظهر فيما بعد وتعتمد خطورة هذه الآثار والمدة الزمنية لظهورها على كمية الإشعاعات الممتصة وعلى معدل امتصاصها ومدى حساسية المادة الحية للإشعاع.

تسبب جسيمات ألفا وبيتا عند دخولها إلى الخلية الحية، أما موت الخلية او إحداث تغير وراثي فيها من خلال قطع او تلف ميكانيكي لأحد مكونات الخلية الحساسة وبذلك تعد جسيمات الفا مسببة للسرطان بدرجة كبيرة أن تمكنت من الدخول إلى داخل الخلايا وإحداث تلف في المناطق الحساسة،

أما تأثير أشعة كاما في الخلايا الحية فيتمثل في تأثيرها المؤين للماء الموجود في الخلية وذلك بسبب الطاقة العالية لأشعة كاما فيؤدي ذلك إلى اضطراب التوازن الحيوي الدقيق للخلية الحية.

50 التأثيرات الصحية لليورانيوم

أن لليورانيوم اثاراً صحية مدمرة عند التماس القريب منه لمدة طويلة فضلاً عن تأثير غباره حيث يتم دخول اليورانيوم بجزيئاته إلى داخل جسم الإنسان بطرق مختلفة منها عن طريق استنشاق غبار اليورانيوم فيدخل إلى الجهاز التنفسي العلوي ومن ثم يدخل إلى الرئتين بوساطة حركة الهواء (الشهيق) حيث تتم عملية ترسبه إلا أن جزءاً كبيراً من الغبار المستنشق (75%) سرعان ما يعيد الزفير إخراجه, أما النسب الباقية من الغبار المترسب(25%) بوساطة الاستنشاق فأن الجهاز المناعي الخلوي في الرئتين يقوم بالتخلص من (60%) منه بوساطة القشع البلغمي فيما تقوم الغدة اللمفاوية المحيطة بالقصبة بامتصاص (30%) من الغبار المترسب الذي يؤدي الى ظهور تحولات ليفية في النسيج اللمفاوي اولاً وفي النسيج الرئوي ثانياً مما يؤدي إلى الإصابة بسرطان الرئة والغدد اللمفاوية، اما نسبة (10%) المتبقية فأنها تمتزج بالدم بعد اختراقها الأنسجة ومن ثم تنتقل إلى أنحاء الجسم كافة فيسبب تلف الكلية والكبد وسرطان العظام وأعضاء الجسم الأخرى.

51 التأثيرات الصحية لغاز الرادون

لما كان الرادون عنصراً بصورة غاز وينتمي إلى مجموعة الغازات النبيلة كما ذكرنا سابقاً لذا فأن له القابلية على الانتقال في الهواء من مكان إلى آخر دون أي إعاقة، مما يجعل عملية التعرض له ولإشعاعه تحدث باحتمالية عالية لعدد كبير من الناس، يؤكد تقرير الأمم المتحدة (UNSCEAR ,1983) حول مصادر الإشعاع الطبيعي ان غاز الرادون يمثل أكثر من 50% من أجمالي ما يتعرض له الإنسان من جرعة إشعاعية ناتجة من الإشعاع الطبيعي للرادون.

أن التعرض لغاز الرادون يعد من المشاكل الصحية الخطيرة وقد أثبتت العلاقة بين التعرض لباعثات جسيمات ألفا مع وقوع حالات الإصابة بمرض سرطان الرئة، إذ انه عند عملية الشهيق ودخول الهواء المشبع بهذا الغاز إلى رئة الإنسان فأن نسبة كبيرة منه تترسب على الجدران والغشاء المبطن للجهاز التنفسي وهذا يؤدي إلى امتصاص جرع منه بوساطة القصبات الهوائية، وان الإحصائيات والتقديرات التي أجريت بهذا الصدد وجدت ان كل (200) حالة وفاة تحدث في السنة لكل (10^5) نسمة من السكان عند التعرض فقط للقراءة الخلفية للرادون ووليداته.

الواجب اليومي والاسبوعي للمحاضرة الثالثة عشر

أولاً: الواجب اليومي (بعد المحاضرة مباشرة)

- **هل غاز الرادون ذو لون ؟**

ثانيا الواجب الأسبوعي

- **بين طرق قياس غاز الرادون وماهي مصادره ؟**

المحاضرة الرابعة عشر

استخدامات النظائر المشعة

للنظائر المشعة تطبيقات واسعة ومتشعبة كثيرة منها:-

1. - تطبيقات مبنية على إنتاج واستخدام النظائر المشعة.
2- تطبيقات مبنية على الانشطار النووى.
3- بحوث ودراسات الإندماج النووى.

أولاً: تطبيقات مبنية على إنتاج واستخدام النظائر المشعة

- فى الصناعة:-

1- التصوير الإشعاعي:

من الخواص المميزة للإشعاع النووى قدرته الفائقة على اختراق الأجسام المختلفة، ويتوقف مدى اختراقه لجسم معين على معامل امتصاص هذه المادة لهذا الإشعاع، لذا فإن لكل مادة بصمة معينة لاختراقها بالأشعة، فمثلاً إذا كان لدينا جسم معين غير شفاف تستطيع الأشعة النووية بكل سهولة تصوير ما بداخل هذا الجسم إذا احتوى على مواد أخرى أو فراغات داخله، ومن طرق التصوير الإشعاعي التصوير بأشعة جاما حيث تستطيع الكشف عن عيوب عملية اللحام فى خطوط الأنابيب وعيوب تصنيع المسبوكات وخاصة المستخدمة فى صناعة الصواريخ وفى الطائرات والغواصات وسفن الفضاء، وتعتمد هذه الطريقة على تسليط أشعة كاما على العينة المفحوصة وتستقبل الأشعة بعد اختراقها للعينة على فيلم، وحيث أن امتصاص أشعة كاما يزداد بزيادة كثافة العينة المفحوصة فإننا نستطيع وبسهولة الكشف عن أي فراغات أو رواسب فى العينة المفحوصة حيث تظهر هذه العيوب والفراغات على

الفيلم كمواضع داكنة داخل العينة ويشبه الفيلم هنا الصور المأخوذة بأشعة اكس، وهناك طريقة أخرى تعتمد على امتصاص النيوترونات الصادرة عن الكاليفورنيوم – 252، وعلى العكس فإن النيوترونات يزداد امتصاصها بانخفاض كثافة المواد المخترقة لها مثل المركبات العضوية والعناصر الخفيفة و البلاستيك والماء لذا فإن طريقة التصوير بالنيوترونات تهدف إلى كشف المواد الخفيفة داخل العناصر الثقيلة وفى فحص الدوائر الإلكترونية المطبوعة.

2- المعالجة الإشعاعية للمطاط:

تسمى المعالجة الإشعاعية للمطاط الطبيعي بالفلكنة الإشعاعية للمطاط والتي تكسب المنتج مرونة وشفافية عالية بالإضافة إلى خلوه من مادة النيتروزوامين المسرطنة وأكاسيد الكبريت و الزنك و انخفاض نسبة السمية فيه، وتعتبر هذه الخواص هامة جداً للاستخدامات الطبية، وعملية الفلكنة الإشعاعية بديل عن عملية الفلكنة التقليدية بالكبريت والتي ينتج عنها بقايا لمادة داى ثاى أكرياميت شديدة السمية والتي لها تأثيرات مسرطنة.

3- تزييف المجوهرات: -

من اللمسات السحرية للإشعاع النووى قدرته الفائقة على تزييف المجوهرات والأحجار الكريمة الصناعية بحيث لا يمكن معها التفريق بينها وبين الأحجار الكريمة الطبيعية، وفى هذه التقنية يتم تعريض هذه الأحجار إلى جرعات محددة من الإشعاع النووى الصادر عن النظائر المشعة أو المفاعلات النووية حيث تظهر بألوان طبيعية براقة لا تتأثر بالعوامل الطبيعية على مدى طويل من السنين، وما يحدث فى هذه العملية هو اختصار لزمن تعرض هذه الأحجار للإشعاع الطبيعي، فمثلاً يمكن تحويل الياقوت الأصفر إلى أزرق أكثر جمالاً بقذفه بالنيوترونات أو بأشعة كاما الصادرة عن الكوبلت – 60.

4- إزالة الكبريت من الغاز الطبيعي و الفحم:-

يحتوى الغاز الطبيعي على كميات كبيرة من سلفات الكبريت التي يجب إزالتها قبل نقل الغاز لمنع تآكل خطوط الأنابيب، ويتم ذلك باستخدام طرق تقليدية، حالياً توجد دراسات لتطبيق الإشعاع فى تنقية الغاز الطبيعي من الكبريت، إلا أن هذه الدراسات أوضحت أنه ليس من الملائم اقتصادياً استخدام هذه التقنية عندما تكون نسبة الكبريت عالية فى الغاز، إلا أنه يمكن استخدامها ف التنقية النهائية فى الدولة المستقبلة للغاز، وبالنسبة للفحم فإن الأمر يختلف حيث أثبتت هذه الطريقة فاعلية وجدوى اقتصادية عالية، فبعد التشعيع باشعة كاما عن طريق عنصر الكوبلت – 60 أمكن تخفيض الكبريت بنسبة 80% لفحم يحتوى على نسبة 2-3 % كبريت.

5- معالجة الأخشاب البلاستيكية:

أمكن تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للأخشاب المعالجة بالبلاستيك، حيث أصبح أكثر مقاومة للخدش والحرق وتتضمن عملية المعالجة تغطية سطح الخشب بطبقة رقيقة من البلاستيك ثم تعريض السطح لأشعة كاما فيتغير التركيب الجزيئي للبلاستيك معطياً خواصاً أفضل رغم عدم تغير مظهره الخشبي.

6- تحسين خصائص المواد البلاستيكية:

أن المواد الأساسية للبلاستيك مثل البولي إيثيلين هي عبارة عن مواد متبلورة تتكون من عدد من السلاسل المتوازية، وعند تعريض البولي إيثيلين لأشعة كاما تتصل هذه السلاسل مع بعضها البعض فتصبح المادة الناتجة بعد التشعيع أكثر عزلاً للحرارة وأكثر مقاومة للتيار الكهربائي مما يجعلها أكثر ملائمة للاستخدام فى عزل الأسلاك الكهربائية.

7- القياس والمعايرة:-

يمكن استخدام النظائر المشعة فى كثير من القياسات فى خطوط الإنتاج، فعلى سبيل المثال يمكن قياس سمك الورق أو رقائق البلاستيك أثناء عملية الإنتاج بتعريضها لأشعة بيتا، وتستقبل الأشعة على كاشف، فإذا تغير سمك الورقة يتغير تبعاً لذلك شدة إشعاع بيتا الساقطة على الكاشف، وبالتالي يمكن التحكم آلياً فى تعديل الخلل، كما يمكن استخدام الإشعاع فى مراقبة خطوط التعبئة للمشروبات وخاصة إذا كانت العبوات غير شفافة بحيث تتم مراقبة مستوى التعبئة المطلوب فى العبوة، كما يمكن قياس طبقة الطلاء أو الجلفنة أو المستحلب فى كساء القطع المعدنية أو اللدائن، أو تعيين نسب مكونات السبائك وقياس مدى تآكل التروس وآلات القطع والسيور وغيرها.

8- صناعة السيارات:

يمكن استخدام النظائر المشعة لمعرفة مدى تآكل جدران اسطوانات محرك السيارة وذلك بإضافة كمية بسيطة من النظير المشع إلى سبيكة الحديد المصنوع منها المحرك وبعد فترة من التشغيل يتم قياس نسبة الإشعاع فى زيت المحرك التي تدل على مدى تآكل الأسطوانة مهما كانت بسيطة.

9- فى الصناعات البترولية:

تستخدم النظائر المشعة فى قياس سرعة تدفق البترول فى خطوط الأنابيب وذلك بحقن النظير فى إحدى الأنابيب ثم تتبع مرور النظير داخل الأنبوب، كما يمكن أيضا تعيين مستوى سطح نواتج تكرير البترول داخل الخزانات المغلقة وتمييز الفواصل بين المنتجات البترولية داخل الأنابيب وتحديد أماكن التلف فى أنابيب البترول.

10- البطاريات النووية:

تتميز البطاريات النووية بعمرها الطويل وحسن أدائها لمدة تصل إلى 80 عاماً، ويرجع هذا إلى طول فترة عمر النصف للنظير المشع، وترجع تقنية عمل هذه البطاريات على المزدوجات الحرارية، فلدى سقوط أشعة بيتا الصادرة عن البلوتونيوم بطاقة MeV 5.5 على إحدى هذه المزدوجات فإنها تولد تياراً كهربياً صغيرا، ولقد صنعت بطاريات متماثلة ويستخدم فيها عنصر الاسترانشيوم – 90 الذي يصدر الكترونات وتسمى بطارية كولمان، ليس هذا وفقط بل هناك أيضاً بطاريات السيزيوم – 127، البولونيوم – 210، السيزيوم – 144، البلوتونيوم – 238، والكوريوم – 244، وتمتاز هذه البطاريات بعدم تأثرها بالمجال المغناطيسي ولا درجات الحرارة ولا الضغط مما يؤهلها للعمل الشاق فى الفضاء وقيعان المحيطات وتحت جليد القطبين، ولقد انحصر استخدام هذا النوع من البطاريات فى التطبيقات التي لا يمكن فيها استبدال البطاريات الجافة مثل مركبات الفضاء والأقمار الصناعية وتنظيم ضربات القلب نظراً لتكلفتها العالية، ومن الجدير بالذكر أن هذا النوع من مصادر الطاقة تم استخدامه فى رحلات أبوللو وفى رحلات المشترى وأورانوس بلغت طاقة النظير المشع المستخدمة 475 واط.

2- فى الزراعة:

1- التخلص من الحشرات الضارة:

لقد كان لاستخدام المبيدات الحشرية بشكل عشوائي للقضاء على الحشرات الضارة مثل ذبابة الفاكهة و ذبابة البطيخ و دودة القطن أضراراً جسيمة أثرت على جودة التربة، وأدت إلى تلوث الماء والهواء والتربة مما يؤثر بشكل مباشر على صحة الإنسان والحيوان والنبات أيضاً، كما أدت إلى القضاء على بعض أنواع الحشرات النافعة مثل دودة القز ونحل العسل وموت بعض الحيوانات و الطيور النافعة بسبب التسمم الذي أصابها، مما دفع العلماء إلى التفكير فى

حلول بديلة نظيفة بيئياً، كانت إحدى هذه الحلول الجيدة هي استخدام الحشرات العقيمة، ويتم الحصول على هذه الحشرات من خلال تعريض ذكورها فى طور الشرنقة المتأخر لجرعات محددة من الإشعاع كافية لجعلها عقيمة، ويكون هذا الإشعاع عبارة عن أشعة جاما الصادرة من الكوبلت – 60 أو السيزيوم – 127، ثم يتم إطلاقها بإعداد هائلة فى المناطق المنكوبة ليتم زواجها مع الإناث لتضع بيضاً غير مخصب لتقل عملية الإنجاب تدريجياً حتى تنعدم، ويعتمد هذا البرنامج على دراسات خاصة بحياة الحشرة الضارة بالنظائر المشعة أيضا لمعرفة أسلوب حياتها، وقد نجحت هذه الطريقة فى القضاء على ذبابة فاكهة البحر الأبيض المتوسط وذبابة البطيخ باليابان، وكذلك حشرات المخازن التي تسبب خسارة كبيرة فى المحاصيل الزراعية أثناء نقلها وتخزينها، وساعدت هذه التقنية على توفير ملايين الدولارات.

2- سرعة نمو النباتات:

بينت الدراسات أن تعريض بذور النباتات لجرعات محددة من الإشعاع يؤدى إلى سرعة نمو النبات، وسرعة التزهير والنضج، ليس هذا وفقط بل تم إنتاج نباتات تتميز بكثرة الإنتاج، وزيادة حجم الثمار.

3- ترشيد استخدام الأسمدة:

أصبح استخدام الأسمدة فى الآونة الأخيرة من أهم متطلبات الزراعة لزيادة خصوبة التربة و لتحقيق الكثافة النباتية العالية للرقعة الزراعية لسد احتياجات الإنسان فى ظل الزيادة السكانية المستمرة، ولما كان استخدام تلك الأسمدة مكلف جداً أصبح من الضروري ترشيد استخدامها بحيث لا تتعدى الكمية التي يحتاجها النبات فقط، وقد تحقق هذا المطلب باستخدام الفسفور – 32 المشع الذي استطاع العلماء من خلاله تقدير كمية السماد التي يحتاجها النبات وكمية السماد المفقودة، يقوم هذا النظير بإطلاق جسيمات بيتا بطاقة مقدارها 1.7 MeV، فعند امتصاص النبات لسماد يحتوى على هذا النظير

المشع يمكن معه حساب كمية السماد الممتصة بقياس كمية الإشعاع الصادر من النبات فى أوقات ومواضع مختلفة، الأمر الذي تم معه توفير ملايين الدولارات التي كانت مهدرة.

4- دراسة الطرق الغذائية للنبات:

كان تتبع مسار الأملاح المعدنية فى النبات قديما من الأشياء المستحيلة معملياً، لكن بعد توافر النظائر المشعة أمكن ذلك باستخدام الكربون – 14 المشع وذلك لمعرفة مدى استفادة النبات من هذه الأملاح، وانتقال و تكوين المواد العضوية فيه، وذلك باستخدام أملاح مركبة من جزيئات الكربون المشعة يمتصها النبات، ومن خلال ذلك أتضح أن النبات لا يتغذى على الأملاح من جذوره وفقط بل من الساق والأوراق والأزهار وحتى من الثمار أيضاً، أدى ذلك إلى ابتكار الأسمدة السائلة التي ترش على النبات، والتي تمتصها النباتات بشكل أفضل من الأسمدة العادية.

5- إنتاج سلالات نباتية جديدة محسنة وراثياً:

إن الهدر المستمر فى المحاصيل الزراعية نتيجة إصاباتها بالآفات كانت دائماً مشكلة تؤرق الحكومات بشكل عام والمزارعين بشكل خاص، ووضعت الخطط والبرامج من أجل تقليل هذا الهدر ولكن كانت دائماً النتائج قليلة الجدوى، ولكن استطاع العلماء مع النظائر المشعة إنتاج سلالات نباتية جديدة مقاومة للأمراض وتمتاز بالإنتاجية العالية فيما يسمى بعملية التطفير Mutation وذلك بإحداث تغيرات وراثية فى جينات النباتات نتيجة تعريضها لأشعة جاما أو النيوترونات، ومن بعض النتائج المبشرة الحصول على نوع جديد من الأرز مقاوم للأمراض فى المجر وفرنسا، وزراعة قمح يتميز بكثافة سنابله فى ألمانيا وتشيكوسلوفاكيا، وفى الولايات المتحدة الأمريكية تم إنتاج ثمار بلا بذور، وبنجر عالي السكر بعد تعريضه للإشعاع النووى.

6- إبادة الافات والحشائش:

تعد الآفات الزراعية أشد الأضرار التي تلحق بالمحاصيل الزراعية، لذا ترصد الحكومات وهيئات البحث العلمي برامج وميزانيات هائلة للتخلص من هذه الآفات، وكثيراً ما تنتهي المعركة لصالح تلك الآفات، لكن كانت هذه الأبحاث التي تتعامل مع الآفات بطرق إشعاعية هي الرائدة فى هذا المجال، فلقد تمت تنقية بذور النباتات من الحشرات والآفات بعد تعريضها لجرعات إشعاعية من أشعة جاما الصادرة عن الكوبلت – 60 أو النيترونات أو أشعة بيتا الصادرة عن فسفور – 32 أو سيزيوم – 135.

الواجب اليومي والاسبوعي للمحاضرة الرابعة عشر

أولاً: الواجب اليومي (بعد المحاضرة مباشرة)

- **ماهي استخدامات النظائر المشعة ي مجال الطب ؟**

ثانيا الواجب الأسبوعي

- **في المجال الصناعي بين أي نوع من الاشعاع المؤين يستخدم ؟**