**00بحث متكامل عن الفيزياء النووية 00**

**بسم الله الرحمن الرحيم

نبدأ :

ماهي** [**الفيزياء**](http://www.hbiby.com/vb/t155634.html) **النويه ؟؟
الفيزياء النوية أصبحت في هذه الأيام ضرورة للعالم المتطور ، فقد أصبحت إحدى الأس الكبرى لبناء المستقبل ، نظراً لما توفره من امكانيات جبارة وطرق سهلة للتحكم بالطاقة الكامنة ..
ولكن للأسف اشتهر عند العامة أن الفيزياء النوية ليست سوى قنابل وتدمير ، فعندما يسمعون العامة عن كلمة (نوي) ، يعرض في أذهانهم لقطة انفجار قنبلتي هيروشيما وناجازاكي ،وصور الأطفال المشوهين في حادثة تشرنوبل ،والمصابين بالسرطان في العراق وغيرها من مآسي القوة النوية ، فالفيزياء النوية الآن أصبحت تستعمل في الكثير من حقول المعرفة ، كالطب ،والصناعات، وفي الجيولوجيا ، وفي الكمبيوتر ، وفي الإلكترونيات ، وفي الفضاء ، وفي الآثار ، وفي التعقيم ، وفي الصناعات الكيماوية ، وغيرها الكثير الكثير من الإستخدامات التي سنناقشها في المحاضرة التاسعة إن شاء الله ..
يظن الكثير أن فكرة الفيزياء النوية بدأت مع بداية الفيزياء الحديثة ، وهي في الحقيقة بدأت منذ أن تم اكتشاف الذرة ، ولكنها بدأت تتضح أكثر مع بداية ظهور عصر الفيزياء الحديثة ، التي أنجبت لنا ما يسمى بالفيزياء النوية، التي هي بدورها أنجبت طفلاً صغيراً أسميناه فيما بعد ب(فيزياء الجسيمات الأولية) .**

 **ماذا تعرف عن النواة nucleus؟

النواة وهي المحور الذي تدور حوله الفيزياء النوية ،هذا الجسيم المنتاهي بالصغر ، يشكل عالم** [**متكامل**](http://www.hbiby.com/vb/t155634.html) **منظم من القوى عجزت عن وصفه اعظم النظريات العريقة دلت التجارب و الأبحاث على أن النواة هي عبارة عن جسيم مشحون كتلته أكبر بكثير من كتلة الإلكترونات التي هي عبارة جسيمات صغيرة تدور حول النواة بسرعة كبيرة ، وقد أثبت التجارب على أن النواة تتكون من نوعين من الجسيمات هما : البروتونات والنيوترونات ، ولأن هذين النوعين من الجسيمات يتشابهان بشكل كبير فيطلق عليهما لفظ (النيوكلونات)

ماهي الذرة ؟

بعد أن جاء الفيلسوفان الإغريقيان ليوسيبس وديموقريطس في القرن الخامس قبل الميلاد بفكرة أن المادة تتكون من جسيمات أولية غير قابلة للتجزئة ، خالفها الفيلسوف الشهير أرسطو وأقر أن المادة رباعية التكوين (الماء،النار،التراب،الهواء)، وسيطرت هذه الفكرة على عقول العلماء ، وقلوب الفقراء الذين يفكرون في تحويل المواد الرخيصة إلى فضة وذهب وجواهر ، وبعد حوالي 2000 عام من ضياع الجهود والعقليات في المحاولة دون فائدة في تحويل العناصر ، قام الفيلسوف بيكون بمهاجمة آراء أرسطو في بنية المادة ، وأيد فكرة ليوسيبس وديموقريطس ، وطلب العلماء أن يتركوا تقليد أرسطو الأعمى وأن يبحثوا في موضوع تكون المادة من ذرات ، وكان من نتيجة ذلك أن قام عالم الغازات الإيرلندي بويل بإقتراح أن الغازات تتكون من جسيمات صغيرة جداً ، وكان ادخال مفهوم الفراغ الذي أدخلتها تجارب توريشلي الإيطالي ، دعماً لبويل في أن هذه الجسيمات يوجد بينها فراغات تقل وتزداد حسب الضغط ، ثم قام نيوتن بتوسيع هذا المفهوم ليدخل فيه السوائل والجوامد ، ثم استطاع لافوازيه الفرنسي أن يكتشف قانون حفظ المادة عن طريق التجارب المستمدة من الكيميائي بريستلي ، وأن المادة لا يمكن للإنسا أن يفنيها أو ينتجها من العدم ، وهذه القاعدة أعطت حدود للمنطقية في نظريات المادة ، ثم وفي عام 1808م طرح جون دالتون تصوره عن الذرة بأنها عبارة عن جسم مصمت كرات البيلياردو ، فلاقى ذلك موافقة من العلماء دامت ما يقارب القرن ، إلى أن تجارب فارداي في أنبوبة التفريغ الكهربائي تؤكد أن للذرة علاقة بالكهرباء، وبأن هناك جسيمات كهربائية سالبة توجد في الذرة ، وسميت هذه الجسيمات فيما بعد بالإلكترونات، ومنذ أن بدأت الكهرباء تدخل في تكوين الذرة بدأت الشيخوخة تصيب نظرية دالتون ، وبما أنه يوجد بالذرة أجسام سالبة ، فإنها كي تتعادل الذرة ، يجب أن تكون هناك جسيمات موجبة ،فقام العالم الأمريكي ميليكان بقياس شحنة الإلكترون ، فتأكد العالم طومسون بأن جميع ذرات العناصر تحتوي على إلكترونات لها نفس الكتلة والشحنة ، وطرح في عام 1910م تصوره عن الذرة بأنها جسيم مشحون بشحنة موجبة يتواجد داخلها جسيمات سالبة ، وأن جسيمات ألفا لاتأثر في هذه الذرات ، بل تمر مرور الكرام ، ولكن هذا التصور لم يدم طويلاً ، فتجارب جايجر ومردسن ورذرفورد عام 1911م أثبت أن عدد لا بأس به من جسيمات ألفا قد إنحرف بزوايا عالية عند مروره بذرات ثقيلة كذرات الذهب ، مما يدل على أن هناك شيء إصطدمت به جسيمات ألفا وانحرفة عن مسارها ،وهذا أثبت أن هناك جسيم عالي الكثافة موجود في داخل الذرة ، فطرح في نفس العام رذرفورد نموذجه عن الذرة وأنها تحتوي على نواة وهي جسيم مركزي تتركز فيه كتلة الذرة والشحنة الموجبة بينما تتواجد الإلكترونات على مسافات بعيدة عن النواة ، وتعمل على تنظيم ذلك الكهرومغناطيسية الكلاسيكية (القديمة) ، إلا أن هذا النموذج فشل أيضاً ، فقد كانت تفترض الكهرومغناطيسية الكلاسيكية أن أن الإلكترون عندما يبدأ بالإشعاع يقترب من النواة أكثر فأكثر فينتهي به الأمر في داخلها ، فتعادل الشحنتان ، وتختفي المادة !! ، وهذا يخالف التجربة ، وبعد قام العالم الدناماركي بوهر بمناقشة العالمين ماكس بلانك وأينشتاين في نظريتي (المكانيك الكمي) و(النظرية النسبية) استنتج على ضوء نظرياتهم في عام 1915م أن الإكترون يدور في مدارات ثابت حول النواة و عندما ينتقل من مدار لآخر يشع أو يمتص إشعاع ،كما أنه لا يستمر في إطلاق الإشعاع إلى مالا نهاية كما إفترضت الكهرومغناطيسية الكلاسيكية ، بل يشع إلى حد معين بعدها يتوقف الإشعاع ، فبعد نموذج بوهر طوى النظرية الكهرمغناطيسية الكلاسيكية النسيان ، وحقق نموذج بوهر للذرة نجاحات كبيرة ، وظل نموذجاً أساسياً لكثر من النماذج بعده**

 **تعريف بسيط عن النظائر المشعة :

ينتشر الإشعاع في الطبيعة نتيجة لمساهمة النظائر المشعة في بناء المادة المحيطة بنا, هذا بالإضافة إلى الإشعاعات التي تفد إلينا من الفضاء الخارجي.
فما هي هذه النظائر المشعة ومن أين أت…؟

إنها ظاهرة

النشاط الإشعاعي ....

كانت هذه الظاهرة و ما ينتج عنها من إشعاعات موجودةً في الطبيعة قبل وجود الحياة على وجه الأرض بزمن طويل, بل ويعتقد أن الإشعاع كان أحد نواتج الانفجار الأعظم الذي صاحب خلق الله للكون منذ حوالي عشرين ألف مليون عام .

اكتشف ظاهرة النشاط الإشعاعي العالم الفرنسي هنري بكرل عام 1896 ثم تلته العالمة البولونية ماري كوري التي تابعت العمل في هذا الطريق ،وهي التي اشتقت التعبير " النشاط الإشعاعي Radio Activity " للدلاة على مقدرة نوى بعض الذرات على التحول التلقائي إلى نوى أخرى, يرافق هذه العملية صدور أشعة عُرِفت وحُدِدت فيما بعد .

قبل اكتشاف هذه الظاهرة كانت غالبية العناصر الموجودة في الطبيعة المكونة للجدول الدوري مثل الأوكسجين والهيدروجين والنحاس والحديد والكبريت واليورانيوم معروفة, وكان يعتقد أنها تشكل اللبنات الأساسية في بناء الوجود المادي ، وأن لكل عنصر حالة واحدة يظهر بها تحدد خواصه الكيميائية والفيزيائية وتؤهله لاحتلال خانة معينة - دون غيرها – في هذا الجدول ، لكن اكتشاف هذه الظاهرة أكد وجود أكثر من حالة فيزيائية ( نوية ) لكل عنصر من العناصر سميت هذه الحالات
" النظائر" .

والنظائر لعنصر واحد تحتل المكان نفسه في الجدول الدوري، فمثلاً....

للهيدروجين ثلاثة نظائر هي: التريتيوم والدوتيريوم والهيدروجين تقع في الخانة الأولى من الجدول الدوري, وللأكسجين سبعة.

تختلف نظائر العنصر الواحد في خواصها النوية على الرغم من تطابق خواصها الكيميائية.

من هنا جاء اهتمام علم الفيزياء النوية بالنظائر فيما يقابل اهتمام علم الكيمياء بالعناصر.

ترتبط التفاعلات الكيميائية وبالتالي الخواص الكيميائية للعناصر بإلكتروناتها بينما تتوقف الخواص النوية على تركيب النواة\*.

\* النواة :
هي ذلك الجزء الصغير من الذرة الذي يشغل حيزاً ( غالباً شكله كروي تقريباً ) أصغر من الجزء الذي تشغله الذرة بعشرة آلاف مرة, وتألف من جسيمات صغيرة يطلق عليها " النيكلونات " وهي على نوعين, نوع يحمل شحنة كهربائية تدعى البروتونات وعددها يساوي عدد إلكترونات الذرة ويكتب دليل سفلي إلى أسفل يسار الرمز الكيميائي, والثاني غير مشحون - فهي إذن معتدلة كهربائياً - وتدعى النيوترونات , و يضاف عددها إلى عدد البروتونات ليشكلا معاً العدد الكتلي ويكتب دليل علوي إلى أعلى يسار الرمز الكيميائي, وذلك للدلاة على النظير , وقد يكتب بجوار اسم النظير
فنقول الهيدروجين 1 و الهيدروجين 2 والهيدروجين 3 , للدلاة على أي من نظائر الهيدروجين.

المعجلات النوية

Nuclear Accelerators

\* ان الهدف من المعجل هو توجيه الاجسام المشحونة في شكل شعاع باكسابه طاقة حركة باتجاه الهدف من خلال تطبيق مجالات كهربية ومغناطيسية وهناك عدة انواع من هذه المعجلات.

\* يتكون المعجل بصفة عامة من مصدر للجسيمات المشحونة مثل الكترونات منبعثه من فتيلة ساخنة او من ذرات متأينة حيث تنطلق هذه الجسيمات المشحونة تحت تأثير فرق جهد كهربي يتراوح من إلى 10 مليون فولت. يتم تحديد مسار هذه الجسيمات المعجلة لتكون شعاع ينطلق باتجاه الهدف, ويكون داخل المعجل مفرغ من الهواء (تحت ضغط منخفض) لتفادي تشت الجسيمات المعجلة عند تصادمها مع ذرات الهواء.

تصنف المعجلات إلى ثلاثة اقسام بناء على الطاقة المستخدمة للتعجيل وهي على النحو التالي:

(1) المعجلات المنخفضة الطاقة: حيث تنتج جسيمات معجلة بطاقة تصل تتراوح بين 10 إلى 100 مليون الكترون فولت وفي اغلب الاحيان تستخدم هذه المعجلات لدراسة تشت الجسيمات المعجلة بتفاعلها مع مادة الهدف

(2) المعجلات ذات الطاقة المتوسطة: حيث تنتج شعاع من الجسيمات المعجلة بطاقة تفوق 100 مليون الكترون فولت لتصل 1000 مليون الكترون فولت. وعند هذه الطاقة يتم دراسة تصادم النيوكليونات مع أنوية العناصر وقد سنتج عن هذه التصادمات توليد جسيمات اخرى مثل الميونز وفي هذا المعجلات يتم دراسة القوى النوية والتحقق تركيب النواة.

(3) المعجلات ذات الطاقة العالية: وهي تنتد شعاع من الجسيمات المعجلة بطاقة تفوق 1000 مليون الكترون فولت. ويكون الغرض من هذه المعجلات هو انتاجح جسيمات جديدة من خلال اصطدام هذه الجسيمات المعجلة بأنوية العناصر ومن ثم دراسة خصائص الجسيمات الناتجة

\* وقد تم تصميم معجلات نوية تصل طاقة التعجيل فيها إلى 10000000 الكترون فولت.

<DIV align=center><B>: الاجزاء الرئيسية للمعجلBDIVR
(1) مصدر الجسيمات المشحونة Ion source: وهو المصدر الرئيسي للجسيمات المعجلة ويتكون من غاز متأين بواسطة التفريغ الكهربائي ويتم استخلاص الجسيمات ذات الشحنة الموجبة من خلال الكترود سالب ذو جهد 10000 فولت.

(2) ناقل الشعاع beam optics: وهو عبارة عن عدد من الموجهات المكونة من اجهزة كهربية ومغناطيسية لتوجيه الجسيمات المعجلة في المسار المحدد لها داخل المعجل وهي بمثل العدسات في الضوء وتعتمد على قوة لورنز Lorentz force

F = q(vxB)

(3) الهدف Target: وهو المادة التي توضع في نهاية المعجل بهدف التجربة تحت الدراسة فمثلاً تجربة nuclear spectroscopy حيث يتم دراسة مستويات الطاقة ومساحة المقطع فإن الهدف في هذه الحالة يكون شريحة سمكها 10ميكرون، اما في حالة دراسة انتاج جسيمات ثانوية من تصادم الانوية المعجلة مع الهدف فإن الهدف يكون سميك يصل سمكه إلى 10 سنتميتر بحيث يمتص طاقة الجسيمات المعجلة. وفي كلا الحالتين يتم تبريد الهدف حتي لاتغير درجة حرارته مع تصادم الجسيمات المعجلة معه.

(4) الكاشف Detector وهي الجزء الأساسي الذي تعتمد عليه القياسات المراد الحصول عليها من التجربة مثل تحديد نوعية الجسيمات الناتجة من التصادم وطاقتها وزمن بقاءها وتوزيعها الزاوي وهذه الكواشف علم قائم بحد ذاته وسنخصص مقالاً منفصلا للحديث عنها.

أنواع المعجلات

(1) المعجل الكهروستاتيكي Electrostatic accelerator

(2) معجل السيكلوترون Cyclotron accelerator

(3) المعجل الخطي Linear accelerator

(4) معجل السينكتورن Synchrotrons

(5) المعجل التصادمي Colliding-Beam accelerator

المعجل الكهروستاتيكي

ابسط انواع المعجلات التي تستخدم لتعجيل الجسيمات المشحونة خلال فرق جهد ثابت من خلال العلاقة
E = qV
حيث
v= طاقة الحركه للجسيماتBR colr=#8b0شحنة الجسيمات المعجله =q
E=الطاقه التي يكتسبها الجسيم
فرق جهد التعجيل ويصل إلى 10 مليون فولت
وهذا يعني ان الطاقة التي يمكن ان يكتسبها الجسيم المعجل تصل إلى 10 مليون الكترون فولت لكل وحدة شحنة وهذه الطاقة كافية لدراسة التركيب النوي للنواة.

اول معجل تم تصميمه على هذا الاساس كان في 1932 بواسطة العالمان Cockcroft and Walton حيث وصل فرق جهد التعجيل إلى 800 الف فولت واعتمد مبدأ عمله على شحن مكثفات على التوازي ومن ثم تحويلها إلى توصيل على التوالي .

وتسمى هذه الطريقة بمضاعفة فرق الجهد voltage multiplication ةاستخدم في اول تجربة نوية في التفاعل التالي

P + 7Li &ordm; 4He+4He

وفي الوقت الحالي فإن هذا النوع من المعجلات يعتمد على مولد فانديجراف الذي طوره العالم
Van de Graaff
في عام 1932
وتعتمد فكرة عمل مولد فاندي جراف على مبادئ الكهربية الساكنة حيث نعلم ان الشحنة الكهربية تستقر على سطح الموصل في الحالة الكهروستاتيكية وتنقل الشحنة الكهربية من خلال حزام من مادة عازلة وفي اغلب الاحيان من الحرير ويحصل الحزام على الشحنة الكهربية من جهاز corona discharge وهو رأس مدب من مادة موصلة مطبق عليه فرق جهد عالي يصل الى 20 الف فولت وعند الرأس المدبة حيث تزداد كثافة الشحنة علية يحدث تفريغ كهربي يعمل على تأين الهواء فتندفع الايونات الموجبة بقوة التنافر في اتجاه الحزام المتحرك حاملاً شحنة موجبة إلى القشرة الكروية التي تشكل مكثف كهربي من مع الأرض. وهذه فكرة عمل هذا المولد فعندما يتم شحن الموصل الداخلي تنتقل الشحنة إلى القشرة الكروية المتصلة مع الموصل الداخلي كما في الشكل وتستقر الشحنة على السطح الخارجي للقشرة وتعتمد قيمة الشحنة على العلاقة

V = Q/C

حيث C سعة المكثف وQ الشحنةو V فرق الجهد الناتج ومن الناحية النظرية فإنه يمكن ان يزداد الجهد الكهربي إلى مالانهاية لان سعة المكثف لانهائية وكلما ازادادت قيمة الشحنة ازدادت قيمة الجهد ولكن من الناحية العملية فإن قيمة عالة للجهد الكهربي يوئدي إلى تأين الهواء ويصبح موصل مما يؤدي إلى وضع حد لزيادة فرق الجهد الكهربي الممكن الحصول عليه. وللتغلب على هذه المشكلة يتم وضع مولد الفانديجراف في حاوية تحتوي على غاز عازل كهربيا مثل غاز SF6 عند ضغط 10 إلى 20 ضغط جوي

\* يمتاز مولد فانديجراف عن مولد والتن كوكفورت باثبات قيمة فرق الجهد وهذه مهمة جداً في دراسة مساحة مقطع التصادمات النوية لدراسة مستويات الطاقة النوية.

تمتلك العديد من الجامعات الامريكية والمراكز البحثية مولد الفانديجراف وفي الصورة التالية نلاحظ مختبر مجهز بمولد فاندجراف

من المولدات المتطورة المعتمدة على مولد فانديجراف مولد تاندم فانديجراف Tandem Van de Graaff

ويمكن الحصول على فرق جهد 20 مليون فولت ويستخدم هذا المعجل في دراسة تفاعل الأيونات الثقيلة. ونلاحظ على يسار الصورة المغناطيس الذي يعمل على حرف الجسيمات المعجلة وكذلك المغناطيس الذي يعمل على توجيه الجسيمات إلى عدة مسارات مختلفة لكل مسار يخصص تجربة محددة.

معجل السكلترون

جهاز السنكلترون يعد جهاز حديث تم تصميمه في 1934 ويستخدم في تعجيل الجسيمات المشحونة إلى سرعات هائلة تستخدم في تجارب التصادمات النوية. وهنا ايضا يستخدم كلا من المجال الكهربي والمجال المغناطيسي لهذا الغرض.

فكرة العمليتكون السنكلترون من وعائين منفصلين على شكل الحرف الانجليزي D مفرغين من الهواء لتقليل احتكاك الجسيمات المعجلة مع جزيئات الهواء. يطبق فرق جهد متردد على طرفي الوعائين ويطبق مجال مغناطيسي عمودي على الوعائين .

يتم اطلاق الجسيمات المراد تعجيلها في وسط المنطقة الفاصلة بين الوعائين لتأخذ مسار دائري وتعود إلى الوسط الفاصل في فترة زمنية قدرها T/2 حيث T هو الزمن الدوي.

وبضبط تردد فرق الجهد المطبق بين الوعائين لقلب قطبيتهما ليتوافق مع وصول الجسم المشحون للمنطقة الفاصلة حيث يكون مجالا كهربياً يكسب الشحنة دفعة لتزيد من سرعته وبالتالي يزداد نصف قطر الدوران للجسم المشحون تدريجياً حتى يصل إلى نصف قطر الوعاء وعندها يخرج الجسيم المشحون من المعجل (السنكلترون) بسرعة كبيرة تعتمد على المعادلة

v = qBr/m

وهذا يعني ان سرعة الجسيمات المعجلة تتناسب طرديا مع المجال المغناطيسي المطبق وعلى نصف القطر.

اول معجل تم تصنيعه على هذا الاساس بواسطة Lawrence and Livingston في بيركلي بالولايات المتحدة في 1931 وكان نصف قطره 12.5 سم والمجال المغناطيسي 1.3 تسلا وهذا انتج بروتونات معجلة بطاقة 1.2 مليون الكترون فولت. وبعد عدة سنوات تم تطوير معجل السنكلترون ليصل نصف قطره إلى 35 سم وطاقة تعجيل البروتونات تصل إلى 10 مليون الكترون فولت. وفي نهاية 1930 تم بناء معجل سنكلترون نصف قطره 75 سم وطاقة تعجيل البروتونات تصل إلى 20 مليون الكترون فولت.

المعجل الخطي

يدعى هذا المعجل باسم ليناك Linac وفيه يتم تعجيل الجسيمات المشحونة على مراحل بواسطة فرق جهد متردد كما في السينكلترون ولكن الفرق ان مسار الجسيمات المشحونة يكون في خط مستقيم حيث لا نحتاج الى المغناطيس الباهظ التكلفة. يتكون المعجل الخطي كما في الشكل التوضيحي التالي من عدة سلسلة من الالكترود ذات الشكل الاسطواني والتي ترتبط بعضها البعض من خلال مصدر فرق جهد متردد.

تكتسب الجسيمات المعجلة طاقتها من الفجوة بين الاسطوانات نتيجة لفرق الجهد المطبق عليها وفي داخل الاسطوانة حيث لا يوجد مجال تندفع الجسيمات تحت تأثير قوة اندفاعها لفترة من الزمن تساوي نصف الزمن الدوري لفرق الجهد المتردد لحين تغير قطبية فرق الحهد المطبق على الاسطوانة التي تليها.

وتعتمد فكرة عمل المعجل الخطي على التزامن بين الطاقة التي يكتسبها الجسيم المشحون بين الاسطوانات مع المجال الكهربي المتردد المطبق على الاسطوانات ولضبط هذا التزامن فإن طول الاسطوانة يصمم بناء على سرعة الجسيمات المعجلة بعد كل مرحلة، فإذا كان نصف الزمن الدوري للجهد المطبق هو t/2 فإن طول الاسطوانة رقم n يعكى بالمعادلة

Ln = vnt/2

وطاقة الحركة المكتسبة بعد مرورها من الاسطوانة رقم n يعطى بالعلاقة

1/2 mvn2 = neVo

ومن المعادلتين السابقتين يكون طول الاسطوانة n

عند خروج الجسيمات المعجلة من الاسطوانة تتعرض إلى مجال كهربي

مثال على المعجل الخطي هو المعجل الموجود في جامعة ستانفورد في الولايات المتحدة والذي انتج في 1967 ضمن برنامج ابحاث فيزياء الطاقة العالية وهذا المعجل يعطي الالكترونات المعجلة طاقة تصل إلى 1.2 جيجا الكترون فولت 1.2x109 eV والتجارب التي عملت بواسطة هذا المعجل على تشت الالكترونات المعجلة لتحديد نصف قطر النواة.
معجل خطي في Los Alamos Meson Physics Laboratory يبلغ طوله نصف ميل

المعجل التصادمي

يستخدم المعجل التصادمي في مجال الفيزياء النوية ذات الطاقة العالية لانتاج جسيمات جديدة من خلال تحويل اكبر قدر ممكن من طاقة حركة الجسيمات المعحلة إلى طاقة تكوبن (كتلة) لجسيمات جديدة. افترض شعاع من جسيمات مثل البروتونات تم تعجيلها لتصطدم بهدف من ذرات الهيدروجين لتنتح جسيمات جديدة X كما في المعادلة التالية:

P + P &ordm; P + P + X

يجب ان تكون طاقة الحركة اكبر من طاقة تكوين الجسيمات المنتجة ولحساب طاقة الحركة المطلوية**

**النشاط الإشعاعي الطبيعي

يهتم هذا الجزء بمناقشة جزء من الخواص المتغيرة مع الزمن للنوى نقصد بذلك تلك التي تتعلق بالنشاط الإشعاعي للنوى حيث يتميز هذا النشاط بالتحويل من نظام ابتدائي إلى نظام نهائي بصورة تلقائية .إن مسألة حدوث العملية تلقائياً إنما هو أمر يتعلق بالطاقة ، فإذا كانت الطاقة الكلية للنظام النهائي أقل منها في النظام الابتدائي عندئذ يكون بالإمكان حدوث التحول التلقائي .

النشاط الإشعاعي الطبيعي : The Natural Radioactivity (7,6)

إن الإلكترونات المدارية للذرة ، تستطيع أن تمتص طاقة وإن تغير من مستواها ، وفي بعض الأحيان قد تكون الطاقة الممتصة كبيرة لدرجة تسمح للإلكترون بعمل ( قفزة نهائية) وبأن يتخلص من جاذبية النواة . والنتيجة هي تولد الأيون ( أي ذرة ينقصها إلكترون ) . ونستطيع القول بأنه في هذه الظروف الاستثنائية ، تفقد الذرة كل إلكتروناتها أو معظمها - وتبقى عبارة عن نواة معزولة . ولذلك فإن الذرات ، ليست غير قابلة للانقسام بعكس الاعتقاد الذي ظل سائداً لفترة طويلة مهما يكن من أمر فإن التأين ليس مجرد ظاهرة عرضية . فكل ذرة متأينة متصلة بالمادة ، لن تلبث أن تستعيد إلكتروناتها وتقوم بامتصاصها من الوسط المحيط بها فتعود إلى تكوينها الأصلي . ولتقسيم ذرة بصفة نهائية يحتاج الأمر لأجراء إضافي : ذلك هو تفتيت نواتها . ذلك ما يمكن أن نتوقعه بالنظر إلى تعقد تكوين النوى . وليس فقط يمكن تفتيت النوى ولكن بعضها يتفت تلقائياً وتنبعث منها إشعاعات ثم تتحول بعد ذلك إلى نوى مختلفة .

( أنواع الأشعة المنبعثة من المواد المشعة طبيعياً )

قام رذرفورد بدراسة خواص الإشعاعات المنبعثة من العناصر المشعة وذلك بوضع مصدر الراديوم ( مادة مشعة ) داخل حافظة من الرصاص ذات ثقب اسطواني صغير القطر يمكننا من الحصول على حزمة ضيقة من الإشعاعات وذلك باستخدام مجال مغناطيسي قوى كمحلل .

فلاحظ أن الحزمة بعد اختراقها لمجال تنقسم إلى ثلاثة أقسام :

1) تنحرف أحدها في الاتجاه العمودي على المجال المغناطيسي ، ويدل اتجاه انحرافها على أنها مكونة من جسيمات مشحونة بشحنة موجبة . كما يدل مقدار الانحراف على ثقل هذه الجسيمات وباستعمال مجال مغناطيسي قوي ومجال كهربي قوي تمكن رذر فورد من إثبات أن هذه الجسيمات التي سميت جسيمات الفا مشحونة بشحنة موجبة تساوي ضعف شحنة الإلكترون . وهي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم وكذلك اثبت رذر فورد أن جسيمات ألفا أقل أنوع الإشعاعات نفاذاً في الأجسام وتنطلق بسرعة تتراوح ما بين
10/1 إلى 100/1 من سرعة الأمواج الكهرومغناطيسية . ولها قدرة على تأين الغازات .

2) أشعة بيتا وهي تنحرف كذلك في الاتجاه العمودي على المجال المغناطيسي ويدل اتجاه انحرافها على أنها مكونة من جسيمات مشحونة بشحنة سالبة ، كما يدل مقدار الانحراف على أنها جسيمات خفيفة سالبة الشحنة وهي أكثر نفاذاً في الأجسام من جسيمات ألفا . وهي في الواقع إلكترونات ذات سرعات فائقة تصل في بعض الأحيان إلى ما يقارب من .998 من سرعة الضوء ، كما أن لها قدرة على تأين الغازات ولكن بدرجة أقل من جسيمات ألفا .

3) أشعة جاما :- وتميز أشعة جاما بميزات الأشعة السينية فهي ذات طبعة موجيه وليس لها وزن أو شحنة ، وطول موجتها صغير جداً يتراوح بين . 10-8 إلى 10-10 وهي شديدة النفاذية إذا ما قورنت بغيرها من الإشعاعات الطبيعية أو حتى الأشعة السينية

ولأشعة جاما القدرة على تأين الغازات ولكن بدرجة أقل من تأين جسيمات ألفا أو بيتا . ويمكن القول أن ذلك مرجعة إلى قوة نفاذيتها التي تفوق كل من أشعة بيتا وألفا حيث تتناسب قوة النفاذية للإشعات الثلاثة عكسياً مع قوة تأينها .

المصادر الطبيعية للإشعا الذري :-

الإشعاع الذري موجود قبل خلق الأرض بزمن طويل .

وله ثلاث مصادر رئيسية على الأرض هي :-

الأشعة الكونية :-Cosmic rays

المصدر الرئيسي لهذه الأشعة ناتج عن الحوادث النجمية في الفضاء الكوني البعيد ومنها ما يصدر عن الشمس خاصة خلال التوهجات الشمسية التي تحدث مرة أو مرتين كل 11سنة ، مولدة جرعة إشعاعية كبيرة إلى الغلاف الغازي للأرض . وتكون هذه الأشعة الكونية من 87% من البروتونات و 11 من جسيمات ألفا ، وحوالي 1% من النوى ذات العدد الذري ما بين 4 و 26 وحوالي 1% من الإلكترونات ذات طاقة عالية جداً وهذا ما تمتاز به الأشعة الكونية ، لذلك فإن لها قدرة كبيرة على الاختراق . كما أنها تتفاعل مع نوى ذرات الغلاف الجوي مولدة بذلك إلكترونات سريعة وأشعة جاما ونيوترونات وميزونات .ولا يستطيع أحد تجنب الأشعة الكونية ولكن شدتها على سطح الأرض تتباين من مكان لأخر .

النشاط الإشعاعي الطبيعي في القشرة الأرضية :-

Natura radioactivity in The earth Sheff :-

إن من أهم العناصر المشعة في صخور القشرة الأرضية هي ( البوتاسيوم 4-0- ) و(الروبيدوم 87- ) وسلسلتا العناصر المشعة المتولدة من تحلل ( اليورانيوم -238 ) و(الثوريوم -232 ) . وهناك ما يقارب الأربعين من النظائر المشعة . وأعمار النصف للعناصر المشعة الأساسية في صخور القشرة الأرضية طويلة جداً ، لهذا بقيت في الأرض إلى الآن منذ خلقها ، فعمر النصف ( للبوتاسيم -40 ) يزيد على ألف مليون سنة وعمر النصف ( الروبيدوم -87) يزيد على أربعين ألف مليون سنة وهذه النظائر المشعة تبعث أنواعاً مختلفة من الإشعاع الذري كجسيمات بيتا وألفا وأشعة جاما .

ومستوى النشاط الإشعاعي الطبيعي في القشرة الأرضية متقارب جداً في معظم الأماكن ، حيث لا يوجد اختلاف يذكر عن مكان وآخر بصفة عامة . إلا أن هناك أماكن على الأرض يزداد فيها الإشعاع الطبيعي بشكل كبير نتيجة وجود تركيزات عالية من العناصر المشعة طبيعياً في صخور القشرة الأرضية .

النشاط الطبيعي داخل جسم الإنسان :-

يشع جسم الإنسان من الداخل عن طريق كل من الهواء الذي يتنفسه والغذاء والماء الذي يصل إلى جوفه ، فالهواء هو المصدر الرئيسي للجرعة الإشعاعية الطبيعية التي تصل إلى داخل جسم الإنسان ومصدرها الأساسي غاز الرادون الموجود في جو الأرض والمتولد عن التحلل التلقائي لنظير « اليورانيوم -238 » الموجود طبيعياً في صخور قشرة الأرض.

وكذلك فإن كلا من الغذاء الذي يتناوله الإنسان والماء الرئيسي لتلك المواد المشعة في النبات هو التربة التي تمتص منها النباتات تلك المواد مع غيرها من المواد الطبيعية فتدخل في بنائها . كما أن بعض الغبار الذي يتساقط على النبات يحوي آثاراً من تلك المواد المشعة ، وتصل المواد المشعة إلى داخل جسم الإنسان عن طريق تناوله النباتات أو لحوم الحيوانات التي تتغذي على النباتات وتدخل المواد المشعة أيضاً مع الماء الذي نشربه حيث تحتوى المياه على آثار قليلة جداً منها .

لذلك تكون أجسامنا مشعة قليلاً من الداخل نظراً لوجود بعض العناصر المشعة فيها مثل ( البوتاسيوم - 40 والكربون 14)
وتسلك المواد المشعة - عادة - طرقاً معقدة قبل دخولها جسم الإنسان

قانون التفك الإشعاعي :- ( 10 )
Radioactiue decag law :-

تعتبر ظاهر التفك الإشعاعي ظاهرة إحصائية ، أي أنه لا يمكن التكهن بزمن
تنحل عند نواة بعينها ، ولكن عند وجود عدد كبير جداً من أنوية النظير المشع ، فإنه بمتابعة معدل تغير كمية الأشعة المنبعثة يمكن معرفة الكثير عن نوعية التحول .

هناك احتمال محدد للتفك في وحدة الزمن لأي نظير مشع ، وهذا الاحتمال يعرف بثابت مميز لكل نظير مشع بغض النظر عن حالته . الكيميائية أو الفيزيائية ( من سائله أو صلبه أو غازية (

فإذا كان N عدد الأنوية المشعة الموجودة في عينة ما عند زمن ( T ) فإن معدل التفك يعطي المعادلة حين تسمى بثابت التفك ( decay Constant ) وهو يعد مقياساً لاحتمال تفك نواة معينة .
وبمكاملة المعادلة السابقة في الفترة الزمنية من t = o إلى t = t فإن عدد الأنوية N التي تبقى بعد مضي زمن t يمكن حسابه بدلالة عدد الأنوية N\_\_o عند البدء أي عند t = o ويعطي التكامل
ومنها .........
N = No e- t

وتعرف هذه المعادلة بقانون التفك الإشعاعي وهي تعطي العلاقة بين عدد الأنوية المتبقية N والزمن t .

أنواع التفك الإشعاعي :-

تفك الفا:-

في هذه العملية تفقد النواة المشعة ( حيث X رمز النظير ) جسيم الفا المكون من بروتونين ونيوترونين وهو عبارة عن نواة ذرة الهيلوم . وهذا يعني نقصان العدد الكتلي بمقدار أربع وحدات والعدد الذري بوحدتين وبذلك تكون النواة الناتجة مختلفة تماماً عن النواة الأم ..

تفك بيتا B-Decay ( 11,3,12)

تصدر نوبات بعض النظائر جسيمات تعرف بجسيمات بيتا ( B-Particles) وهذه الجسيمات عبارة عن إلكترون أو بوزيترونات والبوزيترون ( Positron) عبارة عن جسم كتلة مساوية لكتلة الإلكترون ولكن شحنته موجبة . ويحدث هذا النوع من التفك للأنوية ( المعروف باسم تفك بتيا ) في كثير من النظائر سواء كانت ثقيلة أم خفيفة .

أنواع تفك بيتا :- Types of B-decay

أ ) التفك الإلكتروني Eelectron decay

يلاحظ أن إصدار إلكترون من النواة ناتج عن تحول نيوترون من نيوترونات النواة إلى بروتون وذلك لكي تصبح النسبة بين النيوترونات والبروتونات هي نسبة الاستقرار

ب ) التفك البوزيتروني Positron decay

في بعض الأحيان تكون نسبة النيوترونات إلى البروتونات في النظير المعين أقل من النسبة التي تحقق الاستقرار . وفي هذه الحالة يتحول أحد بروتونات النواة إلى نيوترون وينطلق نتيجة لذلك بوزيترون يحمل شحنة البروتون الموجبة ويعرف تفك بيتا في هذه الحالة بالتفك البوزيتروني

ج ) الاسر الالكتروني : Electron Capture

يمكن أن يحدث تحول أحد بروتونات النواة إلى نيوترون بطريقة أخرى يتم ذلك بأن تأسر النواة إلكترون من إلكترونات المدارية القريبة من النواة ( أي المدار k وفي أحيان قليلة من المدار ) ويتحد هذا الإلكترون المأسور مع أحد البروتونات فيتكون النيوتون . ويعرف تفك بيتا في هذه الحالة بالأسر الإلكتروني

وهكذا فإنه يوجد ثلاثة أنواع لتفك بيتا هي:

التفك الإلكتروني ( - B- ) والبوزيتروني ( +B ) والاسر الإلكتروني ( Electron Copture ) .
وفي حالة الأسر الإلكتروني لا تصدر النواة أياً من جسيمات بيتا ولقد ثبت فيما بعد أنه عند حدوث أي نوع من تفك بيتا ينطلق من النواة جسيمات تعرف باسم النيوترينو.

والنيوترينو عبارة عن جسم متعادلة الشحنة وكتلة السكون له مساوية للصفرBR colr=#8b0أي : (Mv=0)

) اضمحلال جاما (

إشعاعات جاما هي عبارة عن موجات كهرومغناطسية ذات طاقة عالية . وتصدر إشعاعات جاما إذا تكونت النواة الوليدة الناتجة عن تفك الفا أو تفك بيتا في حالة مثارة فتفقد النواة إثارتها عن طريق التخلص من الطاقة في شكل إشعاعات جاما وبذلك فإنه بالنسبة لاضمحلال جاما تكون النواة الوليدة هي نفسها النواة الأم ولكنها أكثر استقراراً .

وتجدر الإشارة إلى أن بعض النظائر المشعة تتفك إلى نظائر غير مستقرة يكون النظير الناتج مشعاً بدوره وبالتالي يتفك إلى نظير آخر .

وهكذا نجد أن هناك العديد من النظائر التي لها نشاط إشعاعي طبيعي وتفك هذه النظائر مصدره إما جسيمات الفا أو بيتا أو كليهما معاً وقد يتبع ذلك مباشرة أو خلال فترة زمنية معينة إشعاعات جاما الصادرة نتيجة انتقال النويات الوليدة من الحالات المثارة إلى الحالات الأرضية .

نظرية الانحلال الإشعاعي :-

تقدم رذر فورد 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 الفا 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 الفا أو جسيمات بيتا قد يكون مصحوباً بانبعاث أشعة جاما .

وتسمى العناصر الناتجة من عملية التحول المتتابع بالمتسلسلة الإشعاعية ويتوقف الوزن الذري للعنصر الوليد بعد أي تحول على نوع الأشعة المنطلقة في عملية التحول فعندما ينطلق جسيم الفا ( وزنه a ) من ذرة الراديوم ( وزنها الذري 226 ) تتكون ذرة عنصر جديد وزنه الذري 222 ، ويعرف هذا العنصر الجديد بالرادون وهو ذو نشاط إشعاعي وتنطلق منه جسيمات الفا تتحول ذرته إلى عنصر آخر هو الراديوم ( وزنه الذري218 ).

متسلسلات النشاط الإشعاعي الطبيعي :-

إن جميع العناصر ذات النشاط الإشعاعي الطبيعي تقع إعدادها الذرية بين Z = 81 وZ = 92 وهناك ثلاث مسلسلات في الطبيعة ، وتعتبر معظم النويدات المشعة في الطبيعة نواتج انحلاليه لها . وكل متسلسله تبدأ بنويدة أم تمر بسلسلة من التحويلات التي تشمل انبعاث جسيمات الفا وبيتا لتكوين نويدات وليدة ..

متسلسلات النشاط الإشعاعي

أ ) متسلسلة اليورانيوم :

تبدأ هذه المتسلسلة بعنصر اليورانيوم Ui ويبلغ نصف العمر لليورانم4.5X109 yer ويمر اليورانيوم بسلسلة من التحولات التي يصاحبها انبعاث جسيمات الفا أو بيتا حتى ينتهي بالرصاص المستقر

ب ) متسلسلة الأكتيوم :-

هذه المتسلسلة يرجع أصلها إلى الأكتيويورانيوم وهو النظير لليورانم والذي يبلغ نصف العمر 7.1X108 yer ويمر الأكتيويورانيوم بسلسلة من التحولات حتى ينتهي بنظير الرصاص المستقر ويمكن التعبير عن الوزن الذري لعناصر هذه المجموعة بالرمز 4ن + 3 حيث تترواح قيمة ن بين 51 ، 58 .

ج) متسلسلة الثوريوم :-

تبدأ بعنصر الثوريوم يمر بسلسلة من التحولات ثم يتحول بعد إشعاع ست من جسيمات الفا وأربعة من جسيمات بيتا إلى نظير الرصاص المستقر
ويمكن التعبير عن الوزن الذري لعناصر هذه المجموعة بالرمز 4ن وتراوح قيمة ن في هذه المجموعة بين 52، 58 .

د) مجموعة النبتونيوم :-

كان من الطبيعي أن يتجه التفكير إلى احتمال وجود متسلسلة رابعة من العناصر الطبيعية المشعة يعبر عن 1.8 أوزانها الذرية بالرمز (4ن+1) ولم يكن معروفاً من عناصر هذه المجموعة سوى سبعاً موجود بكميات ضئيلة جداً في الغلاف الصخري ( القشرة الأرضية ) وكذلك الناتج النهائي البزموث ( وزنه الذري 209) .

وفي أثناء الحرب العالمية الثانية استخدم العلماء النشاط الإشعاعي الصناعي لإنتاج نظائر مختلفة لكل العناصر وامكنهم بذلك تحضير عناصر المجموعة الرابعة التي لم تكن موجودة في الطبيعة . ويعتبر البلوتونيوم العنصر الوالد لهذه المجموعة ولذلك فهي تعرف بمجموعة البلوتونيوم أو المجموعة 4ن+1 حيث تتراوح قيمة ن بين 52،60 .

وهي تبدأ ب التي لها عمر نصفي مقداره لليورانم2 .5X106gerهذ المتسلسلة تنهي بعد انحلالها بنظير البزموث .

التفك الإشعاعي المتزن :

تكون المادة الناتجة عن عمليات التفك الإشعاعي في بعض الحالات هي نفسها مادة مشعة فتفك بصورة تلقائية حال تكونها ومن أشهر الأمثلة على ذلك اليورانيوم 234 حيث ينطلق من نواته جسيم ألفا ويتحول لثوريوم 230 والذي بطلق بدورة جسيماً
آخراً ويتحول لراديوم 226 وهكذا . وإذا وجدت عينة نقية من اليورانيوم فإن هذه العينة وبعد مضي زمن معين محتوي على مزيج من هذه العناصر أو النويدات نفرض أن المادة الأصلية ( تعرف بالنواة الأم )1x وفترة نصف العمر لها 1 وثابت تفكها l2 قد تفكت ونتج عنها مادة جديدة x2 ( تعرف بالنواة البنت ) وفترة نصف عمرها 2 وثابت تفكها l1 ونفرض أن عدد ذرت المادة الأصلية ( أي عندما (t = 0 ) يساوي N0 بينما يساوي عدد ذرات المادة الجديدة الصفر عند نفس الزمن ( t = 0 ) ويمكن كتابة عدد ذرات المادة الأصلية الأم كدالة في الزمن على الصورة N1( t ) = N0 e وبعد مضي فترة زمنية مقدارها d t فإن عدداً مقداره N1l1dt بتفك من المادة 1x ويتحول للمادة الجديدة x2 والتي ينقص عددها في نفس الفترة الزمنية وبسبب التفك بمقدار N 1 l1dt وبالتالي فإن عدد الذرات المتبقية من x2 يكون N2 حيث
dN2 = N1 l1dt - N2 l2dt

ويكون معدل تراكم أو إنتاج هذه المادة هو
= N1 l1- N2 l2
وتكون فترة نصف العمر للنواة الأم في بعض الحالات طويلة جداً مقارنة مع فترة نصف العمر للنواة البنت أي T2 << T1 ( وهذا يعني أن معدل تفك النواة الأم صغير جداً مقارنة مع معدل تفك النواة البنت ، وفي هذه الحالة وعند اعتبار الفترات الزمنية التي تكون متقاربة مع T2 وهي بالتالي قصيرة جداً مقارنة مع فترة نصف الحياة للنواة الام فإنه يمكن اعتبرا أن عدد ذرات الأم ثابت وكذلك عدد الذرات التي تتفك في الثانية الواحدة . وبما أن معدل تفك النواة البنت كبير جداً فإن هذه الذرة تتفك بنفس معدل تكونها ويبقى عدد ذراتها بالتالي ثابتاً ويكون معدل تراكمها معدوماً أي أن :
وفي حالة وجود عدة عمليات تفك فإنه يمكن تعميم النتيجة السابقة لتصبح
N1 l1 = N2 l2 = N3 l3 = …..

ويكون نشاط جميع العناصر الموجودة متساوياً ويقال أن التفك في هذه الحالة متزناً ( أي في حالة اتزان( .

الشدة الإشعاعية للعينة :-
activity of asample

في معظم الأحيان يكون المطلوب هو معرفة عدد النويات التي تتفك في الثانية وليس عدد النويات الباقية دون تفك والمحدد بالعلاقة
N ( t ) = No e - t

<B>ويعرف عدد النويات التي تتفك في الثانية الواحدة من عينة مشعة باسم الشدة الإشعاعية للعينة(activy ofsmple)BDIVR
أي أن الشدة الإشعاعية للعينة هي : -

A ( t ) = =NO e-t = N ( t )

وتعرف AO = No بالشدة الإشعاعية عند اللحظة t = o لذا نجد أن A ( t ) = Ao e-t
عمر النصف ومتوسط العمر :
Half -Life and Mean- Life

عمر النصف أو العمر النصفي للنظير المعين هو عبارة عن الفترة الزمنية التي تنخفض خلالها شدته الإشعاعية إلى النصف بمعنى آخر فإن عمر النصف هو الزمن اللازم لتفك نصف عدد نوى العينة ، ويرمز له عموماً بالرمز t لهذا فإنه يوضع , حيث أن وحدة الزمن هي الثانية ( sec ) فإن وحدة قياس ثابت التفك هي

أما متوسط العمر لعينة مشعة والذي يرمز له عادة بالرمز فهو عبارة عن مجموع أعمار الأنوية جميعاً في العينة مقسوماً على عددها ويسهل تحديده من العلاقة
، t وهكذا نجد ان كلامن
مرتبطة بعضها بعلاقات بسيطة ، ومعرفة احداها يحدد باقيها

القنبلة الذرية- نبذة تاريخية

(1 تطوير أول قنبلة ذرية (مشروع مانهاتن)

في الثاني من اغسطس سنة 1939 وقبل بداية الحرب العالمية الثانية مباشرة، كتب ألبرت أينشتاين للرئيس فرانكلين روزفلت. وكان أينشتاين وعدة علماء آخرين قد أخبروا روزفلت عن المجهودات التي قام بها النازيون في ألمانيا من أجل تنقية اليورانيوم 235 أو U-235 والذي يمكن أن يؤدي إلى بناء القنبلة الذرية. وكان بعدها وبوقت قليل بدات حكومة الولايات المتحدة الأمريكية بإجراءات جدية عرفت بمشروع منهاتان. وكان هذا المشروع بساطة يهدف لعملية تطوير أبحاث من أجل إنتاج قنبلة ذرية حقيقية.
إن أعقد شيء كان يجب انجازه هو انتاج كميات معقولة من اليورانيوم المشبع من نوع 235 كي يحافظ على استمرارية التفاعل أو الإنشطار الذري.
في ذلك الوقت كان من الصعب جدا استخراج اليورانيوم نوع 235. وفي الواقع، فإن نسبة التحويل من خام اليورانيوم المستخرج من الطبيعة إلى معدن اليورانيوم هو 500 إلى 1 ناهيك أمرا سلبيا آخر هو أن جزءا واحدا من من اليورانيوم الذي تمت تنقيته من خام اليورانيوم يحتوي على أكثر من 99% يورانيوم من نوع 238(U-238)، والذي يعتبر من ناحية عملية غير ذي فائدة للقنبلة الذرية.
ولكي تتعقد الأمور أكثر فإن كل من اليورانيوم U-238و U-235متشابهين في تكوينهما الكيماوي. وهذا يعني تصعيب عملية الفصل أكثر. يمكن تمثيل الأمر بصعوبة فصل محلول السكروز من محلول الجلوكوز. لا توجد طريقة فصل كيماوية يمكن أن تفصل هذين النظيرين. وحدها الطريقة الميكانيكية هي ذات الفعالية القادرة على فصل U-235من U-238. وقد أمكن علماء عديدون من جامعة كولومبيا من حل هذه المعضلة.
تم انشاء وحدة تخصيب اليورانيوم في منطقة أوك ريدج في ولاية تينيسي. وابتدع devised إتش سي أوري مع مجموعة من زملاءة ومساعدين له نظام يعمل على أس gaseous diffusion. تبع هذه العملية أن إرنست لورنس وهو مخترع السيكلوترون Cyclotron من جامعة كاليفورنيا في بيركلي استخدم عملية تتضمن الفصل المغناطيسي للنظير isotopes. تبع هاتين العمليتين استعمال طريقة الطرد المركزي الغازي gas centrifuge وذلك من أجل فصل المزيد من اليورانيوم U-235 الأخف من اليورانيوم U-238 الأكثر وزنا وغير القابل للإنشطار وذلك بواسطة الفرق في كتلة كل منها.
بمجرد أن اكتملت الإجراءات، كل ما كان مطلوبا عمله هو أن تضع الأفكار والطرق المذكورة كلها تحت الإختبار من أجل القيام بالإنشطار الذري، مزيد من التفصيلات حول تلك الطرق سنأتي إليها لاحقا.
وخلال فترة عمل استغرقت ست سنوات بدأت منذ سنة 1939 وحتى سنة 1945، فإن أكثر من 2 مليون دولار صرفت على مشروع مانهاتان. إن المعادلات والقواعد الخاصة بتنقية اليورانيوم وضع مكونات القنبلة الذرية معا لجعلها في حيز الوجود قد تم تطويرها وإيجادها كما رأيناها وذلك بواسطة عقول عظيمة في هذا الزمن. من ضمن هؤلاء الذين أطلقوا العنان لعقولهم لإيجاد هذه القنبلة هو جي روبيرت أوبنهايمر. أوبينهايمر كان القوة الأساسية خلف مشروع ماناتان. وقد أدار هذا المشروع بكل حرفيته، مستفيدا من العقول الأخرى معه والتي جعلها تعمل بأقصى طاقة لها. لقد تابع المشروع كاملا من بدايته وحتى اكتماله. وأخيرا جاء اليوم الذي وجد فيه الجميع في لاس ألاموس ما إذا كانت تلك "الأداة" التي يقومون بتصنيعها عملاق القرن العشرين الفارغ والعديم القيمة أم لربما تقوم بإنهاء الحرب العالمية. حتى جاء ذلك الصباح القاتل في منتصف صيف 1945.
امتدت كتلة نار بيضاء من حوض جبال "جيميز" في شمال "نيو ماكسيكو" إلى عنان السماء التي كانت لا تزال مظلمة لتعلن تلك "الأداة" الدخول إلى عصر الذرة.
إن ضوء التفجير تحول بعدها إلى برتقالي حيث بدأت كرة النار الذرية تندفع بشدة للأعلى وبسرعة 360 قدما في الثانية، ثم بدأ لونها في الإحمرار ثم بدأ اللون يتقطع حيث بدأت النار تبرد. وظهرت غيمة على شكل مشروم مكونة من بخار مشع بارتفاع ثلاثون ألف قدم. وتحت الغيمة فإن كل ما تبقى من تراب مكان التفجير هو قطع زجاجية ذات نشاط إشعاعي ولها لون أخضر. وكل هذا نتج بفعل الحرارة الشديدة الناجمة عن هذا الفعل
لقد اخترق ذلك الضوء الناجم عن التفجير سماء ذلك الصباح الباكر بلمان غاية في الشدة لدرجة أن ساكني المناطق المجاورة والواقعة بعيدا عن مكان التفجير يمكن أن يحلفوا لك بأن الشمس قد ات مرتين في ذلك اليوم. وقد كان من أشد الأمور غرابة أن فتاة عمياء رأت الوميض من على بعد 120 ميلا.
ومن مراقبة ذلك التفجير فإن رد الفعل لدى العلماء الذي أوجدوه كان مختلطا. إزيدور رابي شعر بأن توازن الطبيعة قد اختل، وكأن ال(يجب حذفة رابط ممنوع)(يجب حذفة رابط ممنوع)(يجب حذفة رابط ممنوع) البشري قد أصبح شيئا مهددا لكل قاطني العالم. جي روبرت أوبينهيدر ومن خلال بهجته بنجاح المشروع، ذكر ما قاله بهاجفاد جيتا: "أنا أصبحت الموت" "محطم العالم" أما كين بينبريدج وهو مدير التجارب فقد قال لأبينهايمر " الآن فنحن جميعا أولاد كلبة"
كثير من العلماء والمشاركين في هذا المشروع وبعد أن شاهدوا النتائج، وقعوا على التماسا لإزالة ذلك الموحش الذي أوجدوه، ولكن اعتراضاتهم لم تلق إلا أذنا طرشاء. بعدها لم يكن موقع التجارب المميت في نيو ماكسيكو هو آخر المواقع على الكرة الأرضية التي تجرى فيها التجارب الذرية.

أحد ضحايا القنبلة الأمريكية في هيروشيما
التفجير الذري

هيروشيما

وكما يعلم معظم الناس، فإن القنبلة الذرية قد استعملت مرتين. التفجير الأول والأكثر شهرة كان في مدينة هيروشيما. فقد أسقطت قنبلة يورانيوم تزن أكثر من 4.5 طن وأخذت اسما هو "ليتيل بوي" على هيروشيما في السادس من أغسطس سنة 1945. وقد أختير جسر أيوي وهو واحد من 81 جسرا تربط السبعة أفرع في دلتا نهر أوتا ليكون نقطة الهدف. وحدد مكان الصفر لأن يكون على ارتفاع 1980 قدما. وفي الساعة الثامنة وخمس عشر دقيقة تم إسقاط القنبلة من إينولا جي. وقد أخطأت الهدف قليلا وسقطت على بعد 800 قدم منه. في الساعة الثامنة وست عشر دقيقة وفي مجرد ومضة سريعة كان 66000 قد قتلوا و69000 قد جرحوا بواسطة التفجير المتكون من 10 كيلو طن.
كانت الأبخرة الناجمة عن التفجير ذات قطر يقدر بميل ونصف. وسبب التفجير تدميرا بالكامل لمساحة قطرها ميل. كما سبب تدميرا شديدا لمساحة قطرها ميلين. وفي مساحة قطرها ميلين ونصف احترق تماما كل شيء قابل لأن يحترق. ما تبقي من منطقة التفجير كان متوهجا أو محمرا من الحرارة الشديدة. اللهب كان ممتدا لأكثر من ثلاثة أميال قطرا.

ناجازاكي

في التاسع من اغسطس سنة 1945، تمت معاملة مدينة ناجازاكي مثل مدينة هيروشيما، مع الفرق هذه المرة بأن قنبلة بلوتونيوم هي التي أسقطت عليها. أطلق على القنبلة إسم "فات مان". وحتى هذه المرة فقد أخطأت هدفها بمقدار ميل ونصف. ومع ذلك فقد كان في وسط المدينة تقريبا. وفي جزء من الثانية فقد انخفض عدد سكانها من 422 ألفا إلى 383 ألفا. إن 39 ألفا قتلوا، و 25ألفا جرحوا. كان هذا التفجير اقل قليلا من 10 كيلو طن. التقديرات من الفيزيائين الذين درسوا كل من التفجيرين قدروا بأن القنابل التي سقطت قد استخدمت فقط 1من عشرة من واحد في المائة من قدرتها التفجيرية.

المنتجات الثانوية للتفجيرا الذرية

وبينما مجرد التفجير الذري هو قاتل بما فيه الكفاية، إلا أن قدرته التدميرية لا تتوقف عند ذلك. فالغبار الذري المتساقط يخلق مخاطر أخرى أيضا. إن المطر الذي يعقب أي تفجير ذري يكون محملا بجزيئات ذات نشاط إشعاعي. إن كثير ممن بقوا على قيد الحياة من انفجار هيروشيما وناجازاكي استسلموا للتس بالإشع الناجم عنه.
الإنفجار الذري أيضا له مفاجئات خفية قاتلة وذلك بتأثيره على الأجيال المستقبلية التابعة للذين عايشوه. سرطان الدم أو اللوكيميا يعتبر ضمن أعظم بلاء ينتقل لأبناء هؤلاء الذين بقوا على قيد الحياة بعد الإنفجار.
وبينما السبب الرئيسي خلف القنبلة الذرية واضح، فإن هناك مخلفات جانبية اصبح لها إعتبارها عند استعمال الأسلحة الذرية. فبمجرد قنبلة ذرية صغيرة فإن منطقة ضخمة بما فيها من مواصلات واتصالات ومعدات وغيرها قد أصبحت فجأة ميتة تماما، وهذا راجع بسبب إحداث نبضات كهروماغناطيسية تم إشعاعها من التفجير الذري من إرتفاع عال. وهذا النوع من التفجيرات من مستوى عال تقوم بإحداث نبضات كهروماغناطيسية بما يكفي لإتلاف أي شيء إلكتروني إبتداء من أسلاك الكهرباء أو أي جهاز الكتروني وأي نوع من معالجات
العودة
في الأيام الأولى من بداية عصر الذرة كان يظن بأنه سيأتي يوم تستخدم فيه الذرة لأغراض تساعد الإنسان في حياته كأن تستعمل قوة الذرة في شق القنوات الكبيرة مثل قناة بنما أو خلافه، ولكن الآن لا حاجة للقول بأن هذا اليوم لم يأتي أبدا. وبدلا من ذلك فإن الإستخدامات الذرية من أجل التدمير قد زادت. وهناك التجارب الذرية في مناطق مختلفة من العالم ستستمر ما لم يوضع قانون يحرمها.

تحليل مناطق الإنفجار في القنبلة الذرية

1- نقطة التبخير

إن كل شيء موجود هنا يتبخر بواسطة الإنفجار الذري. الإماتة 98%. الضغط الزائد 25 psi. سرعة الهواء 320 ميلا في الساعة.

2- التدمير الكلي

جميع المنشئآت يتم تسويتها بالأرض تماما. الإماتة 90% الضغط الزائد 17 psi. سرعة الهواء 290ميلا في الساعة.

3- تدمير حاد بسبب الإنفجار

المصانع والمباني الكبيرة تنهار. تدمير شديد لجسور الطرق السريعة. الأنهار يمكن أن تنساب بعكس اتجاهها العادي. نسبة الإماتة 65%. نسبة الجرحى 30%. الضغط الزائد 9 psi. سرعة الهواء 260 ميلا في الساعة.

4- تدمير حاد بسبب الحرارة

إن أي شيء قابل للإحتراق يحترق. الناس في هذه المنطقة يختنقون بسبب حقيقة أن الأوكسجين المتوفر تستهلكه النيران. نسبة الإماتة 50%. الجرحى 45%. الضغط الزائد 6 psi. سرعة الهواء 140 ميلا في الساعة.

5- تدمير بسبب النيران والهواء

المباني السكنية ندمر بحدة. الناس يتطايرون هنا وهناك. معانة معظم من يبقون أحياء من حروق من الدرجة الثانية والثالثة. 15% موتى. 50% جرحى. الضغط الزائد 3 psi. سرعة الهواء 98 ميلا في الساعة.
نصف قطر منطقة الإنفجار

الطب النوي واستخدام النظائر المشعة

إن استخدام المواد المشعة (النظائر المشعة radioisotopes) في المجال الطبي يعتبر من أحدث التطورات في الطب الحديث. والطب النوي هو الفرع الطبي الذي تستخدم فيه النظائر المشعة لتشخيص بعض الأمراض وعلاج البعض الآخر، وقد سمي بالنوي نسبةً إلى نواة الذرة وهي مصدر الإشعاع المنبعث من هذه المواد المشعة ويعتبر الطب النوي من أحدث تطبيقات التكنولوجيا في المجال الطبي.

النشاط الإشعاعي للمواد المشعة

النشاط الإشعاعي للمواد المشعة Radioactivity هو التحلل الذاتي لنواة ذرة المادة المشعة وهذا التحلل يختلف من مادة لأخرى ليعطي نوعيات مختلفة من الإشعاعات مثل إشعاع بيتا أو إشعاع جاما.

والنواة تحتوي على البروتونات والنيترونات وتحاط بالالكترونات التي تدور حول النواة ومن المعروف أن الالكترونات تحتوي على شحنة سالبة وأن البروتونات تحتوي على شحنة موجبة أما النيترونات فهي متعادلة.

والمادة تعرف بعدد البروتونات في نواتها فمثلاً إذا كانت الذرة التي تحتوي نواتها على بروتون واحد تسمي ذرة الهيدروجين والتي تحتوي على بروتونين تسمي ذرة الهيليوم والتي تحتوي على ثلاث بروتونات تسمي ذرة الليثيوم.

أما مجموع عدد البروتونات + عدد النيترونات (وهما مكونات الذرة) يسمي رقم الكتلة وهو مقارب للوزن الذري للذرة فمثلاً اليود131 يعتبر الرقم 131 هو رقم الكتلة الذي يعبر عن أن النواة بها 78 نيوترون و 53 بروتون.

والذرة التي تحتوي على نفس العدد من البروتونات وتختلف في عدد النيترونات هي التي تسمي بالنظير isotope ومنها الثابت ومنها الغير ثابت أو المشع radioactive أو النظير المشع radioisotope. ومثالنا على ذلك اليود الذي سبق ذكره فالذرة الثابتة لليود هي التي تحتوي على 53 بروتون و74 نيوترون (اليود127) أما عدى ذلك فكل نظائره مشعة (اليود131 واليود125). وهناك بعض المواد لا تحتوي على نظير تابت بل كلها نظائر مشعة.

وتقاس كمية الإشعاع بمقياس كيوري Curi، وهناك أيضاً ما يسمي بفترة نصف الحياة half life وهي تعرف بأنها الوقت اللازم لانحلال نصف الذرات من مجموع ذرات النظير المشع وعلى هذا فإن النشاط الإشعاعي لمادة مشعة معينة سوف يصل إلى نصف هذا النشاط في خلال فترة نصف حياته، فمثلاً نصف الحياة لمادة التكنزيوم99 هي ستة ساعات واليود131 ثماني أيام والسيلينيوم75 مائه وعشرون يوماً، وهذه الفترة لا تتأثر بأي مؤثرات مثل الحرارة والضغط أو التركيب الكيميائي لمواد أخرى (فترة نصف حياة التكنزيوم هي 6 ساعات سواءً كان في زجاجة في المختبر أو يسري في دم المريض أو مترسب في كبده)

استخدام المواد المشعة في التشخيص

تستخدم المواد المشعة في تقدير نسبة الهرمونات وبعض المواد الأخرى في الدم كما تستخدم في حالات المسح الإشعاعي لأعضاء كثيرة في جسم الإنسان وسوف نتطرق إلى ذلك بشيء من التفصيل.

1\*\*) تقدير نسبة الهرمونات وبعض المواد الأخرى في الدم Radio-immuno-Assay .
تستخدم النظائر المشعة في تقدير كمية بعض المواد والأدوية والهرمونات في الدم وذلك باستخدام جهاز يسمي العداد الوميضي Scintillation counter وذلك بسحب عينة من دم المريض وفصل المصل (البلازما) Serum وإضافة النظير المشع الخاص بالمادة المعينة إليه، فمثلاً في تقدير نسبة هرمون الثيروكسين الذي تفرزه الغدة الدرقية يستعمل اليود125 ثم يوضع في جهاز العد الوميضي الذي عن طريق الحاسب الآلي المتصل بهذا الجهاز تتم قراءة نسبة وجود المادة في الدم وبطريقة حسابية وبيانية يتم حساب تقدير كمية هذه المادة في الدم.

ومن أمثلة هذه الهرمونات التي يتم تقديرها في الدم باستخدام النظائر المشعة:

1- هرمونات الغدة النخامية مثل هرمون النمو، الهرمون المنشط للغدة الدرقية T.S.H والهرمونات المنشطة للمبيض في الأنثى والخصية في الذكر F.S.H and L.H.
2- هرمونات الغدة الدرقية مثل هرمون الثيروكسين T3 & T4 & T7
3-هرمون القشرة الكظرية مثل الكورتيزون Corticosteroid
4-هرمون الغدة التناسلية الذكرية التيستوستيرون Testosterone 5- هرمون الغدة التناسلية الأنثوية الإستروجين والبروجيستيرون Oestrogen & Progesterone
6- هرمون غدة البنكرياس الأنسولين Insulin

ومن أمثلة المواد الأخرى التي تقدر كميتها في الدم بواسطة المواد المشعة هي:

1- الديجوكسين Digoxin الذي يستخدم في أمراض القلب
2-فيتامين ب 12
3-حامض الفوليك Folic Acid
4-الهيستامين Histamine

وتم هذه التحاليل في مختبر خاص مجهز بأحدث الأجهزة ويسمي
بالمختبر النوي.

2\*\*) استخدام المواد المشعة في حالات المسح الإشعاعي لأعضاء الجسم Scanning
إن هذا الاستخدام هو الأكثر شيوعاً في مجال الطب النوي وهي عملية مسح وتصوير للعضو المراد فحصه وتم عن طريق إعطاء المريض المادة المشعة الخاصة لفحص العضو إما عن طريق الفم أو الحقن الوريدي وبالطبع فإن كل عضو يختلف عن الآخر في نوع المادة المشعة المستخدمة أو المادة الكيميائية التي تضاف إلى المادة المشعة قبل إعطائها للمريض ومثال ذلك عند فحص الكبد يعطى المريض التكنزيوم مضافاً إليه مادة غروية تلتقطها خلايا الكبد أما في حالات فحص المخ فيعطي التكنزيوم بدون إضافات أو بإضافة مادة أخرى تسمي DTPA ، وأما في حالات فحص الغدة الدرقية فيعطى المريض اليود131 عن طريق الفم وفي حالات المسح الإشعاعي للرئتين تستخدم مادة الزينون133 عن طريق الإستنشاق.

وبعد أن يتناول المريض المادة المشعة يمتص الجسم هذه المادة وتلتقط بالعضو المراد فحصه من الدم ثم يتم تصوير هذا العضو عن طريق جهاز متصل بكاميرا لالتقاط أشعة جاما ويسمي هذا الجهاز بجهاز المسح الإشعاعي Scintillation Scanner with gamma Camera ومنه يتم الحصول على صورة فوتوغرافية على أفلام بولورويد أو أي نوع خاص من أفلام الأشعة العادية للعضو المراد فحصه. ومن هنا يتضح الاختلاف بين فحص المسح الإشعاعي والفحص بالأشعة العادية (أشعة إكس أو كما تسمى بأشعة رونتجن Roentgen - rays).

ومن الفحوصات التي لا يمكن لأشعة رونتجن القيام بها وقامت بها طريقة المسح الإشعاعي هي مثلاً تصوير أعضاء الجسم مثل الكبد والطحال والغدة الدرقية.

وفيما يلي أهم استعمالات المواد المشعة في المسح الإشعاعي للأعضاء:

1) المسح الإشعاعي للغدة الدرقية وقياس نشاطها Thyroid
Scan and I131 uptake وهذا الفحص يعتبر أول فحص استخدم بكثرة في مجال الطب النوي. ومن المعروف بأن الغدة الدرقية تتميز بشراهتها في التقاط مادة اليود ولهذا يستعمل اليود المشع (يود131 ويود125) في قياس نشاط الغدة والمسح الإشعاعي لها، ويأخذ المريض جرعة اليود المشع عن طريق الفم على فترات (ساعتين - 4 ساعات - 8 ساعات - 24 ساعة) تحسب له بطريقة معينة النسبة المئوية لالتقاط الغدة لليود باستخدام جهاز المسح الإشعاعي وفي نفس الوقت تؤخذ صورة للغدة الدرقية عن طريق كاميرا الجهاز .

2) المسح الإشعاعي للكبد Liver Scan : تستخدم كثير من النظائر المشعة في حالات المسح الإشعاعي للكبد ومن أهما التكنزيوم99 TC99 بعد خلطه بمادة رغوية تلتقط بخلايا الكبد ويعطى للمريض عن طريق الحقن الوريدي،

ويطلب فحص المسح الإشعاعي للكبد في الحالات الآتية:

? تحديد حجم الكبد وشكله وموضعه
? تحديد أورام البطن ومعرفة ما إذا كانت في الكبد أو خارجه
? اكتشاف نوع وسبب تضخم الكبد مثل حالات خراج الكبد وأورامه وأكياسه أو أي تجمع دموي بالكبد
?تحديد مكان أي ورم بالكبد عند أخذ عينة منه
? المقارنة بين حالة الكبد فبل وبعد العلاج كما في حالات ثانويات السرطان في الكبد Liver Metastasis
? معرفة وتحديد أمراض الكبد المزمنة مثل تليف الكبد

3\*\*)المسح الإشعاعي للطحال Spleen Scan : وتستخدم فيه أيضاً مواد مشعة كثيرة منها مخلوط التكنزيوم والمادة الرغوية ويظهر في هذه الحالة في نفس صورة المسح الإشعاعي للكبد ويعطى المخلوط أيضاً عن طريق الوريد والحالات

4\*\*)حالات المسح الإشعاعي للمخ Brain Scan
ويستخدم فيه التكنزيوم فقط أو مخلوطاً بمادة تسمى
DTPA
حيث تعطى بالحقن الوريدي

ويستخدم المسح الإشعاعي للمخ في الحالات التالية:

- أورام المخ السرطانية والحميدة والثانويات .

- التهاب المخ وخراجه .
- التجمع الدموي في المخ Brain Heamatoma والنزف بالمخ Intra Cerebral Hemorrhage
- أمراض الأوعية الدموية بالمخ وجلطة المخ Cerebro Vascular Accidents

5\*\*) حالات المسح الإشعاعي للرئتين Lung Scan : ويستخدم فيه مخلوط التكنزيوم ومادة زلالية MAA ويعطى بالوريد أو مادة الزينون133 وهو غاز مشع يعطى عن طريق الاستنشاق.

6\*\*) حالات المسح الإشعاعي للعظام والنخاع العظمي Bone and Bone Marrow Scan

\*\*\*\*\* وهناك أعضاء أخرى تستخدم فيها المواد المشعة ويتم مسحها وبيان أمراضها مثل الكلية والبنكرياس والغد اللعابية والغد الدمعية للعين والحويصلة المرارية.

استخدام المواد المشعة في العلاج

تستخدم المواد المشعة في حالات كثيرة وتأتي بنتائج مشجعة مثل استخدامها في علاج بعض الأورام الخبيثة وعلاج تسمم الغدة الدرقية .

ومن أمثلة المواد المشعة الآتي

:

• الكوبالت

وهو من المواد المشعة المستخدمة منذ وقت بعيد ويستخدم في علاج بعض الأورام السرطانية مثل سرطان الحنجرة وسرطان المثانة البولية وسرطان المخ والعظام والرحم.
• السيزيوم المشع
الذي يستخدم في علاج سرطان الثدي ومرض هودشكن
• الراديوم المشع
ويستخدم على هيئة بذور أو إبر تزرع في مكان المرض في حالات مثل سرطان اللثة وسرطان عنق الرحم
• الذهب المشع
ويستخدم في حالات سرطان وأورام الغدة النخامية
• اليود المشع
وهو نظير مشع يستعمل بكثرة في تشخيص أمراض الغدة الدرقية وأيضاً في علاج بعض منها.

تم بحمد الله**