جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة القادسية كلية التربية

قسم الفيزياء

بحث تخرج بعنوان (دراسة المواد المشعة و مظارها وطرق الاستفادة منها)

يتقدم به الطالبان:

وائل جعيول سموم النائلي و وسام وضاح كريم الخفاجي

الى مجلس كلية التربية جامعة القادسية

وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في الفيزياء

بإشراف الاستاذ:

مصطفى علي عباس

1439هـ **2018م**

بسم الله الرحمن الرحيم

(ويسألونك عن الروح قل الروح من أمر ربي وما أوتيتم من العلم إلا قليلا)

صدق الله العلي العظيم

سورة الأسراء

الآية85

الإهــداء

إلى سفن النجاة وأصحاب الكساء (عليهم السلام). إلى القائم المؤمل والعدل المنتظر صاحب السيف الساطع بقية الله في الارض الأمام المهدي المنتظر (عجل الله فرجه الشريف).

إلى من ضمد جرح وطني العراق , حشدنا المقدس, وقواتنا الأمنية كافة.

إلى الذي أنعم عليه ربي بوجوده وأنار طريقي, الذي يزيل عني الضراء ويدخل في قلبي السراء, الذي شد عزمي في مواصلة طريق النجاح وزرع الطموح في نفسي ..... أبي العزيز .

إلى من جعلة الجنة تحت أقدامها , والقلب الذي ملئ الفضاء بنوره , وأعاد الحياة بنبضه من بذور ميتة فنبتت زهورا معطرة بعطر الرياحين , الى جنة أرضي وسمائي ..... أمي الغالية .

إلى من شاركني في حزني وفرحتي , أخواني واخواتي وزملائي وإلى من ساعدني في أداء مهمتي هذه , إلى العيون التي تتطلع بلهفة كي تراني ما أنا عليه الآن .

أهدي ثمرة جهدي المتواضع هذا .

الشكر وتقدير

الحمد لله مستحق الشكر حتى الانقطاع وموجب الشكر بأقصى ما يستطيع , وصل الله على محمد خير من أفتتحت بذكره الدعواة و أستنجدة به الطلبات وعلى آلة اللذين هم سفينة النجاة والقادة الهداة .

من لم يشكر المخلوق لم يشكر الخالق ....

وجب عليه في نهاية بحثي هذا أن أتقدم بالشكر و الامتنان للأستاذ الفاضل (مصطفى علي عباس) لأشرافه وتوجيهاته العلمية السديدة ومتابعته المستمرة طيلة فترة أداء بحثي .

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى زملائي وأخوتي وإلى كل من ساهم في إنجاز هذا البحث وقدم المساعدة الي .

ت	المـــحتـــــــويـات	الصفحة

1.1	المقدمة	6
.2	**الفصل الأول** (اكتشاف ظاهرة النشاط الاشعاعي)	7
.3	إكتشاف ظاهرة النشاط الاشعاعي	8
.4	ظاهرة إطلاق بعض العناصر المشعة بظاهرة النشاط الاشعاعي	10
.5	النشاط الاشعاعي	10
.6	المصادر الطبيعية للإشعاع الذري	12
.7	النشاط الطبيعي داخل جسم الأنسان	13
.8	**الفصل الثاني** (نظرية الانحلال الاشعاعي)	15
.9	نظرية الانحلال الاشعاعي	16
10	وحدة قياس النشاطية الاشعاعية	16
11	قانون التفكك الاشعاعي	20
12	النشاط الاشعاعي	22
13	بعض الاشعاعات النووية	28
14	العدد الذري والعدد الكتلي	29
15	النيوترونات	31
16	**الفصل الثالث** (الاشعاع النووي)	33
17	الاشعاع النووي	34
18	كيف تنشأ الاشعاعات	36
19	التلوث الاشعاعي	36
20	مصادر التلوث الاشعاعي	37
21	المصادر الإشعاعية للأغراض الطبية	39
22	خطوات إزالة التلوث الاشعاعي	39
23	المصادر	42

مـــــــقدمة

تطورت الحياة على الأرض بوجود دائم للخلفية الإشعاعية وهذا ليس شيئاً جديداً اخترعه ذكاء الإنسان الإشعاع هو طاقة تتحرك خلال الفضاء وتعتبر أشعة الـــشمس أحد أكثر الأشكال المشهورة للإشعاع فهي تحرر الضوء والحرارة نـــستطيع أن نتـــحكم بتـــأثيرها علينا بوسائل متعددة مثل المظلات والمكيفات والنظارات.

والحقيقة أن الحياة على الأرض تتطلب وجـــود ضوء الشـــمس ولـــكننا أدركنـــــا أن سقوط كمية كبيرة من هـــذه الأشعة على الأفراد ليس شيئاً جيداً وقد يكون خطيراً لذلك يجب التحكـم في كمية التعـــرض لها تمتد الأطوال الموجية الصادرة عن الـــشمس من الأطوال تـــحت الحمراء إلى فوق بنفـــسجية ويـوجد أنواع أخرى من الإشعاع تحمل طاقة أكبر من الأشعة فوق البنفسجية تستـــخدم في الطب ونتعرض لها من الفضـــاء والـــهواء والأرض تسمى الأشعة المؤينة تسبب ضرراً للمادة وبـــخاصة الخلايا الحية لذلك يجب التحكم في هذا التعرض.

تتعرض الكائنات الحية لمـــستويات مختلفة من الأشعة المؤينة الطبيعية بالإضافة إلى الصناعية التي تدخلت في شؤون حياتنا وخصوصاً النواحي الطبية سواء للفحص أو العلاج مثل أشعة Xray والمواد المشعة.

الفصل الأول

اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي

اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي

اكتــشفت ظاهرة النـــشاط الاشعاعي عــام 1896 عن طريق عالم فرنسي كان مهتما بالأشعة السينية التي كانت مكتشفة في حينه حديثا ويدعى هنري بيكوريل. وضع بيكوريل لوح الفتوغرافية مع مـــعدن اليورانيوم في خزانة مظلمة وترك الفلم الفوتوغرافي مدة اربعة ايام, وبعد ان قام بتظهير الفلم لاحظ تكون صورة على الفلم الفوتوغرافي

استنتج من ذلك ان معدن اليورانيوم قام بإطــلاق اشعة غيــر مرئـــية اثـرت على اللوح الفوتوغرافي. سميت ظاهرة اطلاق بعض العناصر للأشعة بظاهرة النشاط الاشعاعي. تعرف اليوم ظاهرة النشاط الاشعاعي على انها ظاهرة الانبعاث التــلقائي للدقــائق والطاقة من انوية الذرات. وقاد اكتشاف بيكوريل الى بدايات النظرية الذرية الحــديثة, والى اكتـــشاف عنـــاصر جديدة. درس العالم ارنست رذرفورد طبيعة النشاط الاشــعاعي للعناصر فتبـــين ان العناصــر المشعة تعطي ثلاثة انواع من الاشعة والدقائق والتي تعــرف حاليا بأول ثـــلاثة حــروف مــن الأبجدية الاغريقية وهي الفا, بيتا, غاما. اليوم تــعرف دقائق الفا بأنـــــها نــواة ذرة الهــيليــوم والمكونة من بروتونين ونيوترونين, وتعرف دقائق بيتا على انها الكترونات ذات طاقة عالية, وتعرف اشعة جاما بأنها اشعة كهرومغناطيسية. وبمقارنة الشحنة نلاحظ ان دقائق الفا موجبة الشحنة بينما دقائق بيتا سالبة الشحنة, بينما اشعة جاما شحنتها تساوي الصفر. عند وضع مادة مشعة في مجال كهربائي, تنحرف دقائق الفا ناحـــية القطب السالب للمجال دلالة على كونها موجبة الشحنة, وتنحرف دقائق بيتا ناحية القطب الموجب دلالة عــلى كونها ســـالبة الشــحنة, بينما لا تعاني اشـــعة غاما من اي انــحراف لأنها امواج كهرومـغناطيسية فـــهي تسلك سلوك الضوء.

وان عملية الاشعاع النووي خاصة اشعاعي الفا وبيتا ويرافقهما تحول لنوع العنصر وان جميع العناصر المشعة تقع بين العددين الذريين 83 و92 وتنحل هذه الـــعناصر تلقائيا وبدون اية مثيرات خارجية, وذلك نتيجة لنقص الاستقرار الداخلي للنواة. وعادة ما يــكون انحلال هذه

الانوية, بجسيمات الفا او بيتا, الى نواة اخرى غير مـــستقرة, ويكون النـــاتج هو سـلسلة من الأنوية المشعة والتي تنتهي بنواة مـــستقرة, وقد جمعـــت هذه العناصر في ثلاث سلاسل وهذه السلاسل تشمل انبعاث الفا وبيتا, وتلك السلاسل هي سلسلة الثور يوم 232 وسلسلة اليورانيوم - 238 وسلسلة اخرى لليورانيوم - 235, ويوجد على رأس كل سلسلة نظير طويل العمر في حين تنتهي كل منها بنظير مستقر للرصـــاص, فسلســـلة اليورانيوم - 238 على سبيل المثال, الناتج النهائي للانحلال هو ذرة الرصاص المستقر. ونـــجد في بعض المواد المشعة انها تقوم بانحلالات متلاحقة فمثلا اذا كان لدينا نظير معين فانه يتـــحول الى نظير آخر ثم يتحلل الأخير الى اخر.. وهكذا حتى تتوقف السلسلة عند عنصر مستقر

فإذا اخذنا نظير الراديوم - 226 - نجد انه يتحلل الى الرادون - 224 الذي يتحلل بدوره الى البولونيوم - 218 الذي يتحلل الى الاستاتين - 218 وهـــكذا تـــستمر السلسلة حتى تتوقف عند عنصر الرصاص المستقر اما من حيث تطبيقات النظائر المشعة, فقد اتسع نطاق استعمال النظائر المشعة في العديد من مجالات الحياة الطبية والزراعية والـــصناعية, ويمـــكن أيـــجاز بعض هذه الاستعمالات:

فقد استخدمت النظائر في علاج السرطان حيث تخترق اشعة جاما الأنسجة وتقتل الخلايا الحية, ولذلك يسلط على الاورام السرطانية شعاع عالي التركيز من مـــصدر للكوبالت - 60 والذي يعمل على قتل الخلايا السرطانية في الورم, وقد استخدم نظير الفسفور المشع في علاج سرطان الدم, وذلك بإعطاء المريض جرعات خاصة تحتوي على نظير الفسفور المشع, حيث يحد من انتاج كرات الدم الحمراء. اما من حيث المجال الزراعي فقد تمكن العلماء الايطاليون من انضاج القمح في مدة لا تتجاوز 64 يوما, بينما هو في الحالة الطبيعية ينضج في 7 اشهر, وقد استخدم اشعاع الكوبالت في تغيير لون البلاستيدات الملونة. **[1]**

ظاهرة اطلاق بعض العناصر للأشعة بظاهرة النشاط الاشعاعي

تعرف اليوم ظاهرة النشاط الشعاعي على أنها ظاهرة الانبعاث التلقائي للدقائق أو الطاقة من أنوية الذرات .

وقاد اكتشاف بيكوريل الى بدايات النظرية الذرية الحديثة ، والى اكتـــشاف عنــاصر جديدة .

درس العالم ارنست رذرفورد Ernest Rutherford طبيعة النشاط الاشعاعي للعناصر فتبين أن العناصر المشعة تعطي ثلاثة أنواع من الأشــعة والدقائق والتي تعرف حاليا بــأول ثـــلاثة حروف من الأبجدية الاغريقية وهي الفا (α) ، بيتا (β) ، غاما (γ)

اليوم تعرف دقائق الفا بأنها نواة ذرة الهيليـــوم والمكونة من بروتونين ونيوترونين، وتعرف دقائق بيتا على أنها الكترونات ذات طاقــة عالية ، وتعرف أشعة غاما بأنها أشعة كهرومغناطيسية. **[2]**

النشاط الإشعاعي الطبيعي The Natural Radioactivity

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 . والنتــيجة هي تولــد الأيون (أي ذرة ينقصها إلكترون) . ونستطيع القول بأنه في هذه الظروف الاســـتثنائية ، 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 أمــر فــإن التأين ليس مجرد ظاهرة عرضية . فكل ذرة متأينة مــتصلة بالمادة ، لن تلــبث أن تــستعيد إلكتروناتها وتقوم بامتصاصها من الوسط المحيط بها فتعود إلى تكوينها الأصلي . ولتقسيم ذرة بصفة نهائية يحتاج الأمر لأجراء إضافي : ذلك هو تفتيــت نواتها . ذلك ما يمكن أن نتوقعه بالــنظر إلى تعقد تكوين النوى. وليس فقط

يمكن تفتيت النـوى ولكن بعضها يتفتت تلقائياً وتنـبعث منها إشعاعات ثم تتحول بعد ذلك إلى نوى مختلفة .

أنواع الأشعة المنبعثة من المواد المشعة طبيعياً

قام رذرفورد بدراسة خواص الإشعاعات المنبـــعثة مـــن 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 باسـتخدام مجال مغناطيسي قوى كمحلل فلاحظ أن الحزمة بعد اختراقها لمجال تنقسم إلى ثلاثة أقسام:

1- تنحرف أحدها في الاتجاه العمـودي على المجال المغناطيسي ، ويدل اتجاه انحرافها على أنها مكونة من جسيمات مشحونة بـــشحنة موجبة . كما يدل مقدار الانـــحراف على ثقل هذه الجسيمات وباستعمال مجال مغناطيسي قوي ومجال كهربي قوي تمكن رذرفورد من إثبات أن هذه الجسيمات التي سميت جسيمات الفا مـشحونة بشحنة موجـبة تسـاوي ضعف شـــحنـة الإلكترون . وهي عبارة عـــن نـــواة ذرة الـــهـــيلـيوم وكذلك اثبت رذرفورد أن جسيمات ألفا أقل أنوع الإشعاعات نفاذاً في الأجسام وتنطلق بسرعة تتراوح ما بين 1/10إلى1/100 من سرعة الأمواج الكهرومغناطيسية . ولها قدرة على تأيين الغازات .

2- أشعة بيتا:ـ 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 وهـــي أكثر نفاذاً في الأجســـم من جسيمات ألفا . وهي في

الواقــع إلكترونات ذات سرعات فــائقة تصل في بعض الأحيان إلى ما يقارب من .998من سرعة الضوء ، كما أن لها قدرة على تأيين الغازات ولكن بدرجـــة أقــل مــن جسيمات ألفا .

3- أشعة جاما :- وتتميز أشعة جاما بميزات الأشعة السينية فهي ذات طبعة موجيه وليس لها وزن أو شحنة ، وطول موجتها صغـير جداً يتراوح بين . 10-8 إلى10-10 وهـــي شـــديدة النفاذية إذا ما قورنت بغيرها من الإشــعاعات الطبـيعية أو حتى الأشــعة السينية ولأشعة جاما القدرة على تأيين الغازات ولكن بدرجة أقل من تأيين جسـيمات ألفا أو بــيتا . ويمكن القول أن ذلك مرجعة إلى قوة نفاذيتها الــتي تـــفوق كل من أشعة بيتـــا وألفا حيث تتناسب قوة النفاذية للإشعاعات الثلاثة عكسياً مع قوة تأينها.**[3]**

المصادر الطبيعية للإشعاع الذري

الإشعاع الذري موجود قبل خلق الأرض بزمن طويل . وله ثلاث مصادر رئيسية على الأرض هي الأشعة الكونية

المصدر الرئيسي لهذه الأشعة ناتج عن الحوادث النجمية في الفضاء الكوني البعيد ومنها ما يصدر عن الشمس خاصة خلال الـــــتوهجات الشمسية التي تحدث مرة أو مرتين كل 11سنة ، مولدة جرعة إشعاعية كبيرة إلى الغــلاف الغازي للأرض . وتــتكون هذه الأشــعة 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 بــه الأشعة الكونية، لذلك فإن لها قدرة كبيرة على الاختراق . كما أنها تتـــفاعل مع نوى ذرات الـــغلاف الجوي مولدة بذلك إلكترونات سريـــعة وأشــعة جاما ونيوترونـــات و ميزونات .ولا يستطيع أحد تجنب الأشــعة الكونـــية ولــكن شدتـــها على سطح الأرض تتباين من مكان لأخر .تصل إلى الأرض كمية من الإشعاع المؤين قادمة من الفضاء الخارجي ومــن الشمس، وتحتوي هذه الأشعة على كميـــات مختلفة من الإشعاعــات المؤينة التي منـــــها النيوترونات، البروتونات وجسيمات الفا ونسبة قليلة من الأنوية الخفيفة مـــثل الكربــون

والأكسجيـن وكذلك الفوتونات والإلكترونات. وعند مرور هذه الإشعاعات المؤينة عبر الغلاف الجوي المغلف للأرض فإنها تتفاعل مع مكوناته فتتغير محتوياتها وتضعف كميـاتها إلى أن تـصل إلـــى الأرض بكميات ضئيلة جداً ليس منها ضرر على الإنسان أو بيئته ولهذا يُعتبر الغلاف الجـــوي واقـياً من هذه الإشعاعات. وتـتغير الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان من هذا المصدر من الإشعاع بتغير موقعه على الكرة الأرضية. فالأشـعة الكونية تقل عند خـــط الاستواء وتزداد باتجـاه القطبين وعند الارتفاعات العاليـــة من سطـــح البحر. فعندما تخترق الأشعة الكونية الغلاف الجوي تتفاعل النيوترونات الكونية مع غاز النيتروجين- 14طبقاً للمعادلة.

وبهذا ينتشر الكربون-14 المشع المتكون في الغلاف الجوي حتى يصل إلى سطح الأرض بفعل الأمطار فيدخل في تركيب المواد الحية الموجودة على سطح الأرض

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 الإشـــعاعية الطبيعية التي تصل إلى داخل جسم الإنسان ومصدرها الأساسي غاز الرادون الموجود في جو الأرض والمتولد عن التحلل التلقائي لنظير « اليورانيوم -238 » الموجود طبيعيـــاً في صخـــور قشرة الأرض.

وكذلك فإن كلا من الغذاء الذي يتناوله الإنسان والماء الرئيسي لتلك المـواد المشعة في النبات هو التربة التي تمتص منها النباتات تلك المواد مع غيرها منا لمواد الطبيعية فتدخل في بنائها . كما أن بعض الغبار الذي يتساقط على النبات يحوي آثاراً من تلك المواد المـشعة ، وتصل المواد المشعة إلى داخل جسم الإنسان عن طريق تناوله النباتات أو لحوم الحيـوانات 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 نـــظراً لوجود بعـــض

العناصر المشعة فيها مثل البوتاسيوم - 40) و الكربون 14, وتسلك المواد المشعة - عادة - طرقاً معقدة قبل دخولها جسم الإنسان

يحتوي جسم الإنسان على كميات ضئيلة من العناصر المشعة مثل الكربون- والبوتاسيوم- إضافة إلى ذلك فقد يتواجد كلاً من غَازَيْ الراديوم والثوريوم المشـــعين فـــي جسم الإنسان (الناتجين عن تفكك أو اضمحلال الراديوم والثوريوم الموجودين في التربة طبيعياً) وذلك عن طريق الجهاز التنفسي.

الفصل الثاني

الانحلال الاشعاعي Radioctive

Decay

نظرية الانحلال الإشعاعي

تقدم رذرفورد وسودي سنة 1905 بنظرية الانحلال لتـــفسير ظاهرة النشاط الإشعاعي الطبيعي . وتقضي النظرية بأن ذرات العناصر المشـــــعة تنحل نتيجة لــما 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 تمــاماً في خواصـــــه الطبيعية والكيميائية عن العنصر الأصلي . ويكون العنصر الجـديد أو المولود مشعاً أيضاً فتـنطلق من نوى ذراته جسيمات مادية ينتج عن انطلاقها أن تتحــول ذرات هذا العنصر الجديد إلى ذرات عنصر ثالث جديد وهكذا نتابع عملية التحول من عنصـــــر مشع إلى عنصر آخر مشــع حتى ينتهـــي الانحلال عند عنصر مسـتقر وجدير بالذكـر أنه فيما عدا حالات نادرة جداً فإن نوى عنصر معين تنحل بانبعاث نوع واحد من الجسيمات ، أما جسيمات الفا أو جسـيمات (بيتا) فلا تنبعث الجسيمات من نواة واحدة ، ومعنى هذا أن الــنواة التي يحــدث انحلالها بجسيمات الفا لا ينبعث منها جســيمات بيتا ، ألا أن انبــعاث جــسيمــات 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 وهــو ذو نــشاط إشعــاعي وتنطلق منه جسيمات الفا تتحول ذرته إلى عنصر آخر هو الراديوم (وزنه الذري218).[4]

وحدة قياس النشاطية الاشعاعية

تقاس النشاطية الاشعاعية بوحدة بكرل. البكرل هو عدد الاشعاعات التي تصدرها العينة المشعة في الثانية ما معنى أن النشاطية الاشعاعية لعينة واحد بكريل ؟ المعنى : نشاطية العينة تصدر اشعاعا واحدا في الثانية. هل هناك وحدات أخرى لقيـاس النشاطية الاشـــــعاعية ؟ نعم توجد وحدة انحلال / ثانية ووحدة الكوري Ciوفي بعض المراجع Cu وأيضا توجد وحدة ثالثة هي الرذر فورد Rd وهو نشاط يناظر مليون انحلال / ثانية

الكوري هو نـــــشاط عينة تنـــــحل فيها فـــــي الثانية الواحدة x10103.7 من الأنوية المشعة.

الاستخدامات

في مجال الطب كما في النشاط الإشعاعي الطبيعي ، ولكن هنا نحدد نوع العنصر الذي نريده واستخدامه ووقت الحاجة له .

ما الفرق بين الانحلال الاشعاعي والتحول الكيميائي ؟

يختلف الانحلال الاشعاعي عن التحول الكيميائي في:

1- الانحلال الاشعاعي عملية تلقائية مستمرة

2- يعتمد على العنصر المشع ولا يرتبط بالمركب الكيميائي

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

4 -تنطلق منه طاقة هائلة

معدل التحلل

تسير عملية التحلل بمعدل ثابت ، فإذا كان لدينا عينة من مادة مشعة ، يكون عدد التحللات dN التي تحدث في فترة زمنية مقارها dt متناسبا مع عـــددا لذرات الكلي .فـــإذا كان عدد الذرات الكليN، يكون احتـــمال التـــحلل (dN/ dt−) متناسبا تناسبا طرديا مع dt ، أيأن:

وكل عنصر من العناصر المشـــعة يتميز بمعدل تحلل خـاص به ويسمى(λ). وتعني الإشارة السالبة في المعادلة أن N تنقص مع كل حدث للتحلل . ويمكـــن حل تـــلك المـعادلة التفاضلية من الدرجة الأولى ونحصل على:

حيث :

N0 هي العددNعند الزمن (t = 0).

وتبين المعادلة الثانية أن ثابت التحلل λ له وحدة 1/الزمن ، وبالتالي يمكن صيغتها في صورة τ حيث تعطي τ نصف العمر أو عمر النصف لتحلل العنصر.

وعلاقة τ ب λ كالآتي :

وتمثل الدالة الأسية لأساس الثابت الطبيعي e معدل التحلل في المعادلة الثـانية. وفي العادة يكون عدد ذرات العينة كبير جدا مقارب لعدد أفوجادرو بحيث يكون وصف تلك المعادة لمعدل التحلل وصفا جيدا.

نفترض الآن أن لدينا ثلاثة عناصر مختلفة مشعة :

الأخضر : عنصر مشع ، ذو نصف عمر 3 سنوات ،

الأزرق : عنصر مشع ، ذو نصف عمر 2 سنة،

الأحمر : عنصر مشع ، ذو نصف عمر 1 سنة.

يبين الرسم البياني المجاور معدل تحلل الذرات للثلاثة عناصر ، أي أنه يبين عدد الذرات التي لم تتحلل بعد كدالة للزمن . وكما نري يتناقص عدد الذرات التي لم تتحلل بعد بمعدل ثابت مميز لكل عنصر وذلك طبقا للمعادلة الثانية أعلاه . ونري أن العنصر ذو النصف عمر طويل (الأحمر) هو الذي يتميز بمعدل صغير للتحلل .

مثال عن التحلل

إذا كان لدينا عينة مشعة تحتوي على 400.000ذرة مشعة وتتميز بنصف عمر قدره 10 أيام ، فإنه بعد مرور 10 أيام يصبح عدد الذرات التي لازالت مشعة200.000 ذرة . وبعد مرور 10 أيام أخرى ثانية ينخفض عدد الذرات المشعة إلى 100.000ذرة وبعد مرور 10 أيام تالية يصبح عدد الذرات التي لم تتحلل 50.000 وهكذا . لذلك نتحدث عن2 / t1 ونسميها عمر النصف.

عمر النصف

عمر النصف للمادة مشعة هو الزمن الذي تنخفض فيه الكمية المشعة إلى النصف . ويسمى هذا الزمن الثابت المميز للـــعنصر عمر النصف ،ويرمز له بالرمز2 / t1.ويمكـن كتابة عمر النصف كدالة لثابت التحلل أو (متوسط العمر) كالآتي:

وبالتعويض عنها في المعادلة الأسية أعلاه نحصل على:

أي أن جزء المادة التي لا زالت مشعة :

$$2 / 1 = 1 - 2$$

وهذا يعني أنه بعد مرور 3 فتـرات من فترات نصـــف العمر ،يبقي في العينة الكمية المشعة التالية :

$$8 / 1 = 23 / 1$$

أي أن متوسط العمر τ يساوي عمر النصف مقـسوما على اللوغاريتم الـــطبيعي (ln(2 :

ويبلغ عمر النصف = 138 يوم لمادة البولونيوم-210 ، فحين أن يكون متوسط عمرها 200 يوم .**[5]**

قانون التفكك الإشعاعي :- Radioactiuedecag law

تعتبر ظاهر التفكك الإشـــعاعي ظاهرة إحصـــــائية ، أي أنه لا يمـــكن التكهـــن بزمن تنحل عند نواة بعينها ، ولكن عـند وجود عدد كبير جداً من أنوية النظير المشع ، فإنه بمتابعة معدل تغير كمية الأشعة المنبعثة يمكن معرفة الكثير عن نوعية التحول.

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

أنواع التفكك الإشعاعي :-

تفكك الفا:- في هذه العملية تفقد النواة المـشعة (حيث X رمز النظير) جسيم الفا المكون من بروتونين ونيوترونين وهو عبارة عن نواة ذرة الهليوم . وهذا يعني نقصان العدد الكتلي بمقدار أربع وحدات والعـــدد الذري بوحدتيـــن وبذلك تكون النواة الناتجة مختلفة تماماً عن النواة الأم .

تفكك بيتا B-Decay

تصدر نوبات بعض النظائر جسيمات تعرف بجسيمات بيتا (B-Particles) وهذه الجسيمات عبارة عن إلكتـرون أو بوزيتر و ناتوالبوزيترون (Positron)عبارة عن جسم كتلة مساوية لكتلة الإلكترون ولكن شحنته موجبة . ويحدث هذا النوع من التفكك للأنوية (المعروف باسم تفكك بتيا) في كثير من النظائر سواء كانت ثقيلة أم خفيفة .

أنواع تفكك بيتا :- Types of B-decay

أ) التفكك الإلكتروني Eelectron decay

يلاحظ أن إصدار إلـــكترون من النـــواة ناتج عن تـــحول نيوترون من نيوترونات النواة إلى بروتون وذلك لكي تصبح النسبة بين النـيوترونات والـــبروتونات هي نـــسبة الاســـتقرار

ب) التفكك البوزيتروني Positron decay

في بعض الأحيان تكون نسبة النيوترونات إلى البروتونات في النظيـــر المعين أقل من النسبة التي تحقق الاستقرار . وفي هذه الـــحالة يتحول أحد بروتونـــات الـنواة إلى نيوترون وينطلق نتيجة لذلك بوزيترون يحمل شحنة البروتون الموجبة ويعرف تفكك بيتا في هذه الحالة بالتفكك البوزيتروني

جـ) الاسر الالكتروني : Electron Capture

يمكن أن يحدث تحول أحد بروتونات النواة إلى نيوترون بطريقة أخرى يتم ذلك بأن تأسر النواة إلكترون من إلكترونات المدارية القـــريبة من النـــواة (أي المدار kوفي أحيان قليلة من المدار) ويتحد هذا الإلكترون المأسور مع أحد البروتونات فيـتكون النـيوتون . ويعرف تفكك بيتا في هذه الحالة بالأسر الإلكتروني

وهكذا فإنه يـــوجد ثلاثة أنواع لتفكك بيتا هي التفكك الإلكتروني (- B-) والبوزيتروني (+B) والاســر الإلكـتروني (Electron Copture) . وفي حـــالة الأسر الإلكـــتروني لا تصدر النواة أياً من جسيمات بـــيتا ولقد ثـــبت فيما بعد أنه عند حدوث أي نـــوع من تفكك بيتا ينطلق من النواة جسيمات تعرف باسم النيوترينو (V- neatrino)

اضمحلال جاما :

إشـــــعاعات جاما هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات طـــاقة عالية . وتصدر إشعاعات جاما إذا تكونت النواة الوليدة الناتجة عن تفكك الفا أو تفكك بيتا فـــي حالة مثارة فتفقد النواة إثارتها عن طريق التخلص من الطاقة في شـكل إشعاعات جاما وبـــــذلك فـإنه بالنسبة لاضمحلال جـــاما تـــكون النـــواة الوليدة هي نفســـها النـــواة الأم ولكنـــها أكـــثر اســتقراراً .

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

وهكذا نجد أن هناك العديد من النظائر التي لها نشاط إشعاعي طبيعي وتتفكك هذه النظائر مصدره إما جسيمات الفا أو بيتا أوكليهما معاً وقد يتبع ذلك مباشرة أو خلال فترة زمنية معينة إشعاعات جاما الصادرة نتيجة انتقال النويات الوليدة من الحالات المثارة إلى الحالات الأرضية . **[6]**

النشاط الإشعاعي(Radioactivity):

يُعَرَّفْ النشاط الإشعاعي بكمية الاضمحلال الحاصل في المصدر المشع في الثانية الواحدة. لكل مصدر مشع من هذه المصادر ما يسمى بفترة نصف العمر الزمني ويرمز له بالرمزT1/2 وهذه الفترة الزمنية هي من خصائص المصدر المشع. ويمكن تعريف نصف العمر الزمني بالفترة الزمنية التي ينقص فيها العدد الأصلي للأنوية المشعة إلي النصف. الجدول التالي يعطي تصوراً لأنصاف أعمار بعض المصادر المشعة.

أنصاف أعمار بعض العناصر المشعة

ولمعرفة مقدار الذرات المتبقية هناك معادلة يطلق عليها معادلة الاضمحلال النووي وهي تأخذ الشكل التالي:

$$N(t)=N0e^{-\lambda t}$$

حيث N(t) تمثل عدد الأنوية المشعة المتبقية عند الزمن t .

N0 العدد الأصلي للأنوية.

λ ثابت الاضمحلال Decay Constant وهو يعطى بالعلاقة $\lambda=0.693/ T1/2$ ووحداته (وحدة زمن-1).

و t هي الزمن الحالي.

الجرعة الإشعاعية (Radiation Dose):

نفرض أن هنـــاك مصدراً مشعاً يبعـــث أشعة-γ،وكـمثال على ذلك المـصدر المشع السيزيوم- 137137 (Cs)

الذي يبعث أشعة-γ بطاقة أحادية مقدارها Eγ = 662 keV وله نصف عمر زمني قدره 30 سنه. فإذا وضعت كتلةً من الماء على شكل مكعب في مسار هذه الأشعة ولمدة معينة فستحصل تغيرات في هذه العينة من الماء. هذه التغيرات ناشئة بسبب امتصاص كتلة الماء جزءاً من الطاقة الساقطة عليها في خلال تلك الفترة الزمنية. وبمعنى آخر وبكلمات أكثر وضوحاً نستطيع أن نـُعَبـِّرْ عن ذلك بأن مكعب الماء قد أخذ جرعة إشعاعية. وعلى هذا الأساس يمكن تعريف الجرعة الإشعاعية بأنها الطاقة الممتصة من الشعاع الساقط لكل وحدة كتلة من المادة.

أما إذا كان الوسط الماص هو الهواء فلا تسمى بالجرعة الممتصة ولكن تعرف بالتعرض الإشعاعي. **[7]**

اليورانيوم / خصوصيته:

إن الثروات الطبيعية الهائلة المخزونة في الأرض غالبا ما تشكل الدعامة الأساسية لاقتصاد بلد ما. ولقد استخدم الإنسان عبر مسيرته الحضارية المعادن بدرجات متفاوتة تتناسب والتقدم العلمي الذي أحرزه، وتمكن من توظيف ثرواته الطبيعية بما يخدم متطلبات بناء حضارته، وضمن هذا الإطار استمرت فتوحات الإنسان العلمية الى أن توجه الى اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي (Radioactivity) ثم استعمال المواد المشعة لتوليد الطاقة النووية الهائلة والتي أصبحت سمة من سمات حضارة الإنسان المعاصر.

ومع تزايد الحاجة للكشف عن مكامن خامات العناصر المشعة، تم توظيف جوانب من علم الفيزياء النووية في توجيه عمليات التنقيب الجيولوجية في الكشف عن مواقع تواجد هذه الخامات في مختلف صخور القشرة الأرضية بالاعتماد على صفة الإشعاع التي تنفرد بها العناصر المكونة للمعادن المشعة، وتم تصميم أنواع كثيرة من أجهزة الكشف عن الإشعاع سهلة الحمل لأغراض التحريات الميدانية ولقياس شدة الإشعاع المنبعثة من مختلف الصخور

في أماكن تواجدها وتثبيت مناطق الشذوذ الإشعاعي وتحديد العناصر الباعثة لهذه الإشعاعات بواسطة تحديد طاقاتها المختلفة.

ولقد تم التركيز في عمليات التحري والتنقيب على ترسبات خامات عنصر اليورانيوم (U235) هو العنصر الوحيد الموجود في الطبيعة الذي يتميز بخاصية الانشطار النووي الطبيعي تحت ظروف خاصة.

خواص اليورانيوم الكيميائية:

ينتمي عنصر اليورانيوم الى مجموعة الاكتينيدات (Actinides)، وهي مجموعة من العناصر التي يوجد تقارب في أحجامها الأيونية، فمثلا قيمة نصف قطر ايون اليورانيوم هو (A1.05°) ونصف قطر ايون الثوريوم هـو (A1.1°). وكنتيجة لهذا التقارب في أنصاف الأقطار الأيونية وعدد من الصـفات والـخواص الطبيعية الأخرى نلاحـظ ترافق وجود العنصـرين في الطبيعة باستمرار ويعتبر عنصر اليورانيوم من الناحية الجيو كيماوية من مجموعة عناصر اللثيوفايل (Lithophile Element) وتعرف كذلك بعنـاصر الاوكسيفايل (Oxyphile Element) وهي العناصر التي تنتمي الى الطور

السليكاتي في صخور القشرة الارضية، وهي عناصر تتميز بقابليتها العالية للأكسدة بالمقارنة مع عنصر الحديد. عادة يتواجد اليورانيوم في الطبيعة على هيـئة ثلاثة نظائـر غير مستقرة، وتكون نسب تواجد هذه النظائر كالاتي:

1- U 238 بنسبة 99.28%

2- U 235 بنسبة 0.715%

3- U 234 بنسبة 0.005%

هذه النظائر الثلاثة تتحلل طبيعيا، ومن اهم نتائج تحـلل النظائر فـي هذه السلسلة التي تدعى بالبنات (daughters) هو عنصر الراديوم (Ra)، ان مـعادن اليورانيوم المعروفة كثيرة جدا ومتباينة فيما بينها من ناحية الخواص الفيزيائية (اللون، والصلابة، والكثافة، والهيئة البلورية).

وكذلك فـي التركيب الكيماوي الـذي تصنـف بموجب تلـك المعادن الى مجاميع عديدة مثل الاكاسـيد (Oxides)، والـسلكات (Silicates) والفوسـفات (Phosphtes) والـفانـدات (Vanadate) والكاربونات (Carborates) وغيرها (15، ص4). يقع اليورانيوم في الحقل الأخير من الجدول الدوري ويبلغ عدده الذري (92). **[8]**

حقائق عن الطاقة والوقود النووي:

في حقيقة الأمر فانه من الصعوبة بمكان أن يـتم تعريف الطاقة، فهي لا توجد بشكل ملموس كما في حالة المواد وكذلك لا تشغل حيزا في الفـراغ المـحيط بنا، ولكنـها الـسبب الرئيسي في بعث الحركة والحياة في هذا الكون، فهي مطلوبة لإحداث أي حركة أو حدث مهما كان بسيطا، والطاقة عموما لا توجد بشكل حر فهي مخزونة في بعض المواد التي يطلق عليها اسم (الوقود)، وقد عرف الإنسـان الطاقة لأول مرة منذ مئات الآلاف من السنين، والـوقـود أنواع عدة كالخشب والفحم والنـفط وهو ما يـدعى (بالوقود الاحفوري)، أمـا النوع الآخر من الوقود فهو (الوقود النووي)، وهناك عدد من المسلمات الأساسية التي تـستند عليـها الـطـاقة النووية وهي:

1- في جميع استعمالاتنا لأنواع وأشكال الوقود المختلفة (عدا النووي) فأننا نلامس سـطح الذرة فقط، وبواسطة عمليات كيميائية نحصل على الطاقة من التفاعلات الكيميائية التي تلعب فيها الالكترونات الموجودة على سطح تلك الذرات الدور الرئيسي.

2- تتكون كافة الذرات من جزء مركزي يدعى النواة التي تضم تقريبا كافة محتويات الذرة (الكتلة والطاقة) وتكون طاقة الذرة مركزة في هذه النواة بالإضافة الى عدد الالكترونات تدور حولها في مدارات مختلفة.

3- تحتاج ذرات بعض العـناصر وخاصة الكبيرة والـثقيلة مثل اليورانيوم الى طاقة معينة لكي تفقد هذه الذرات أواصرها وتتجزأ الى شظايا من الذرة تتحرك بسرعة كبيرة تصل حوالي (6000) ميل في الثانية مع تحرر طاقة هائلة جدا نـاتجة عمـا يعرف بالانـشطار النـووي.

4- تكون هذه الشظايا على الأكثر نويات لذرات صغيرة تلتقط الالكترونات لتكون ذرات بعض العناصر الكيميائية. كما أن بعضا من هذه الشظايا تكون في منتهى الصغر وهي تشكل حجر الأساس الذي تبنى منه كافة النويات المسماة(بالنيوترونات)، ومن المحتمل أن يترك النترون النواة بسرعة معينة ويصطدم مع نواة أخرى مسببا انشطا ر لها، وهكذا يحدث عدد هائل من الاصطدامات والانشطارات وهذا ما يعرف بالتفاعل المتسلسل.

5- لو أخذنا كتل جميع هذه الأجزاء الناتجة من الانشطار وجمعناها مع بعضها لوجدنا أن الكتلة الناتجة من عملية الجمع أقل من كتلة النواة الأصلية قبل الانتشار، ونفسر ذلك بأن الكتلة الناقصة من المادة قد تحولت إلى طاقة طبقا لمعادلة اينشتاين (Esmc2) وبحساب بسيط من هذه المعادلة نجد ان غراما واحدا من المادة الانشطارية المفقودة تولد طاقة تعادل ما يولده حرق عشرين مليون طن من الفحم الحجري.

6- عندما يبدأ التفاعل النووي فان جزءا من الطاقة المنبعثة، وأن كان صغيرا يظهر على شكل إشعاع يشابه الأشعة السينية ولكن بطاقة أكبر منها ولديها قابلية على النفاذ خلال الأجسام الحية والحواجز الصلبة قليلة السماكة، وتدعى بـ(اشعة كاما). ويعد أخطر ما في عملية التفاعل النووي هو انبعاث النترونات السريعة التي لديها قدرة كبيرة على النفاذ عبر معظم الأجسام والحواجز تقريبا؛ ولغرض ايقافها تستخدم حواجز محسوبة من الماء أو من شمع البرافين.

7- هناك عنصران موجودان في الطبيعة يمكن استخدامهما في التفاعل النووي هما اليورانيوم والثوريوم، وهما اساس صناعة الوقود النووي إذ أن نويات ذرات هذين العنصرين من أثقل وأعقد النويات على الاطلاق

أسباب الاهتمام بالطاقة النووية:

في منتصف عقد السبعينيات وبالذات بعد أزمة النفط الاولى، بدأت الانظار تتوجه نحو الطاقة النووية في العديد من البلدان الصناعية كبديل مرغوب به لإنتاج الطاقة الذي يعتمد على المصادر التقليدية التي تتمثل بالوقود الاحفوري (النفط والغاز والفحم الحجري ومشتقاته) وكذلك الاستعاضة عن البدائل الأخرى لإنتاج الطاقة من المصادر الكهرومائية. حيث تم

تكثيف العمل في برامج الطاقة النووية من أجل خفض الاعتماد على النفط باعتباره أهم الوقود الاحفوري مع بداية إنشاء عدد كبير من محطات الطاقة النووية، ونلاحظ بان الطلب على اليورانيوم قد تضاعف منذ السبعينيات.

ان صعوبة التنبؤ بمستقبل الطلب على اليورانيوم توازي الصعوبات الفنية التي تتعرض لها القطاعات الاقتصادية الأخرى في حسابات الطلب المستقبلية هذا بالرغم من حقيقة كون اليورانيوم سلعة ذات جدوى تجارية واحدة هي استخدامه كوقود للمفاعلات النووية من أجل إنتاج الطاقة الكهربائية تعتمد جميع نشاطات الكائنات الحية على الطاقة، حيث يمكننا التحقق من ذلك عندما نأخذ بنظر الاعتبار مشكلة الطاقة العالمية، فالإنتاج الكفوء للغذاء يتطلب معدات وأسمدة وماء، وكل منها يستخدم الطاقة بطرق مختلفة، فالطاقة حيوية بالنسبة للنقل وللوقاية من التقلبات المناخية ومن تصنيع جميع البضائع، ولهذا السبب فان مصدرا مناسبا لتوفير الطاقة على المدى البعيد يكون ضروريا وأساسيا لبقاء الإنسان، ان لمشكلة الطاقة أو لازمة الطاقة حيث اصبحت اكثر ندرة والتأثيرات على السلامة وعلى الصحة الناتجة من النواتج الثانوية لاستهلاك الطاقة والتوزيع غير المنصف لموارد الطاقة بين المناطق وبين الامم والتناقض بين الاستخدام الحالي وبين الزيادة المتوقعة في سكان العالم ان مستقبل الجنس البشري لا ينفصل عن الطاقة النووية، وبسبب الزيادة في عدد سكان العالم ولضمان استقراره في آخر الأمر، **[9]**

النشاط الإشعاعي الصناعي:

هو تحول نواة مستقرة « غير مشعة » إلى نواة مشعة « غير مستقرة » . عن طريق إحداث تغيير في مكونات النواة أي تغيير في نسبة عدد نيوتروناتها إلى بروتوناتها .

نموذج التجربة

قام به العالم رذرفورد (1919 م) وكان لأول مرة . إذا تم قذف نوى النيتروجين بجسيمات ألفا فإن عدد النيوكليونات في النيتروجين سيتغير ونتج من ذلك نوى أكسجين وبروتونات

جهاز الاختبار

غرفة مفرغة من الهواء مملوءة بغاز النيتروجين تحتوي الغرفة على مصدر لجسيمات ألفا ، لها فتحة جانبية مغطاة بشريحة من الفضة وإلى جانب الفتحة كاشف « للكشف عن أي إشعاعات تخرج من الغرفة » .

أي أن جسيمات ألفا المنبعثة من المصدر تصطدم بنوى النيتروجين وتستقر داخلها مكونة نواة جديدة هي نواة عنصر الفلور الغير مستقرة وذات طاقة عالية وحتى تعود إلى استقرارها فإنها تشع بروتوناً سريعاً فتتحول النواة إلى عنصر آخر هو الأكسجين .

بعض الإشعاعات النووية

ومما لا يدركه البعض أننا قد نتعرض للإشعاع خصوصاً المؤين منه من بيئتنا التي نعيش فيها وذلك عن طريق الهواء الذي نستنشقه أو الماء الذي نشربه والطعام الذي نأكله. حيث يوجد البعض من العناصر المشعة مثل البوتاسيوم (Potassium (K والرادون (Radon (Rn والراديوم (Radium (Ra إلى ما غير ذلك من المصادر التي ربما كان للإنسان سبباً في وجودها. وعلى هذا فيمكننا تقسيم الإشعاع المؤين إلى قسمين، إشعاعات طبيعية وإشعاعات صناعية. وقد أصبح لهذه الإشعاعات (النووية والذرية) تطبيقات واسعة في مجالات عديدة منها الصناعي مثل صناعة الأسلحة وحفظ الأغذية، ومنها الطبي بفرعيه التشخيصي والعلاجي ومنها الزراعي حيث تحسين المحاصيل الزراعية. وجميع هذه التطبيقات تعتمد على تفاعلات الأشعة المؤينة التي تحدث في المادة. والكائن الحي معرض للمجال الإشعاعي المؤين عن طريق المصادر الإشعاعية خصوصاً الطبيعي منها وبالتالي سيتعرض لجرعات إشعاعية دون الشعور بذلك ولذا وجب معرفة كمية الإشعاع المؤين وذلك عن طريق قياس وتحديد هذه الجرعات باستخدام الأجهزة والكواشف الإشعاعية الخاصة بذلك. وعلى الرغم من انتشار

استخدام الأشعة المؤينة إلا أن لها أضراراً بالغة في الخـــطورة منها الداخلي ومنها الخارجي وقد يتطور الضرر الإشعاعي ويؤدي إلى استثارة الخلايا السليمة وتحولها إلى خلايا سرطانية أو ربما أدى إلى موتها وتلفها. **[10]**

العدد الذري الكتلي والعدد (Atomic Mass & Atomic Number):

النظائر(Isotopes):هي العناصر التي لها نفس العدد الذري(Z) ولكنها تختلف في كتلتها الذرية(A) أي تختلف بعدد النيوترونات(N) الموجودة في النواة.

مثال ذلك: للمزيد من الأمثلة.

أيزوبارات (Isobars):هي العناصر التي لها نفس العدد الكتلي (A) وتختلف في العدد الذري (Z) أي تختلف بعدد البروتونات (p) الموجودة في النواة.

مثال ذلك:

أيزوتونات (Isotones):هي العناصر التي لها نفس عدد النيوترونات (N) وتختلف في العدد الذري (Z) .

أنواع الإشعاعات

علمنا مما سبق أن الإشعاع النووي له عدة أنواع، وبصفة عامة فإنه يمكن تقسيم الإشعاع إلى قسمين رئيسين:

الإشعاع المؤين :

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

الإشعاع الغير مؤين:

ليس لديه المقدرة على تأيين الذرات.

جسيمات ألفا α) (Alpha Particles

إن جسيمات-α ما هي إلا عبارة عــن نواة ذرة الهيليوموالتي تــحتوي عــلى نــيوترونين و بروتونين .و1ضذشئبالطبع تكون هذه الجسيمات مرتبطة مع بعضها البعض بشدة بحيث تعامل كجسيم واحد كتلتهU حيث U وحدة الكتلة الذرية. وقد اعتبرت وحدة الكتلة

الذرية الواحدة تساوي 12/1من كتلة ذرة الكربون- الغـير مستأثرة والمكونة من النــواة وستة إلكترونات.

(amu=1.6605655×10-27 kg 1)

هذه الجسيمات تحمل وحدتي شحنة موجبة. وهي ذات مدى قصيـر جداً، فهي تسير مسافة قصيـرة جداً في الهواء لا تتـعدى بعض

السنتيميترات تحت الظروف القياسية من الضغط ودرجة الحرارة

(oC and 760 mm Hg0)،

في حين أنها تسير بضع ميكرونات من

المتر في النسيج الحيوي، وتكفي الورقة العادية لإيقافها. ويرجع السبب في ذلك لكتلتها الثقيلة التي تجعلها تسيــر ببطء مما يـمكنها من تأين المادة بشكل كبير، إضافةً لشحنتها العالية التي تساعد على التأيين بشكل كبير أيضاً، الأمر الذي يؤدي إلى فقدانها للطاقة فتتوقف بسهولة بعد مسافة قصيرة من مرورها في المادة.

جسيمات بيتا p (Beta Particles)

وهي جسيمات ناتجة عن انحلال أنوية بعض الــذرات الغــير مستـقرة وتحولها. فتنطلق منها جسيمات إما سالبة الشحنة وتسمى جسيمات بيتا السالبة أو النيقاترونــات (إلكترونات نووية)

أو جسيمات موجبة الشحنة وتسمى جسيمات بيتا الموجبة ويطلق عليها مسمى البوزيترونات. **[11]**

النيوترونات (Neutrons (n

أكتشف العالم تشادويك Chadwick في عام 1932م النيوترون وذلك عن طريق دراسته لارتداد البروتون في طبقة البارافين (C6H12) عند قصفها بالإشعاع المتولد من مصدر الـPo/Be (البولونيوم/بريليوم) حيث وجد أن هناك انبعاث لدقائق (جسيمات) متعادلة الشحنة أطلق عليها اسم النيوترونات. هذه الجسيمات ذات سرعة كبيرة تتفاعل مع المادة وتؤينها كسابقتيها α و β ولكن هذا التأين هنا هو تأين غير مباشر. وهي ذات مدى كبير وذلك ناتج عن تعادل شحنتها فلا تفقد طاقتها بشكل سريع كأشعة-α عند التأين، حيث أنها عند تصادمها مع أنوية الذرات يتحرر نيوكلون أو أكثر (بروتونات، نيوترونات أو جسيمات-α) وبما أن هذه النيوكلونات مشحونة (ماعدا النيوترونات) فهي تقوم بدورها بإحداث التأين في المادة خلال مسارها، وتسمى هذه العملية بعملية التأين الثانوي (الغير مباشر).

وللنيوترونات عدة طرق لإنتاجها نذكر منها ما يلي:

(1) استخدام المصادر المشعة، والذي يتم فيه استخدام مصدر يبعث جسيمات-α مختلط مع مسحوق من عنصر آخر يعمل كهدف لهذه الجسيمات ليتم فيه إحداث تفاعل من نوع (α,n) والذي يطرد فيه أحد نيوترونات العنصر الهدف-الضعيفة الارتباط،

وكذلك الحال يمكن استخدام تفاعل آخر من نوع (γ,n) لإنتاج النيوترونات وتسمى النيوترونات في هذه الحالة بالنيوترونات الضوئية (مثال ذلك: D(γ,n)، حيث D ترمز لنظير ذرة الهيدروجين وهي تحتوي بالإضافة للبروتون نيوتروناً وتكتب أحياناً على الصورة وتسمى ديوترون ، وهذا التفاعل يتم عند طاقة دنيا للفوتون الساقط، Eγ = 2.23 MeV

البروتونات P (Protons)

وهي جسيمات موجبة الشحنة كتلتها تساوي (تقريباً) كتلة النيوترونات. وهي موجودة داخل النواة (مع النيوترونات) وهي التي تكسب النواة الشحنة الموجبة وشحنتها الموجبة تكافئ الشحنة السالبة للإلكترونات خارج النواة مما يجعل الذرة متعادلة كهربائياً. وفي الذرة المتعادلة، دائماً يكون عدد البروتونات يساوي عدد الإلكترونات ويرمز له بالرمز Z ويسمى العدد الذري. وللبروتونات استخدامات عديدة منها إنتاج بعض العناصر (مثال:) أو طرد بعض الجسيمات النووية (مثال: وقد سبق شرحه في الفقرة السابقة).

أشعة جاما γ (Gamma Rays)

وهي عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية وهي تحمل أثناء انتشارها مجالين متعامدين، أحدهما كهربي والآخر مغناطيسي تنبعث على شكل فوتونات (وهي عبارة عن كمات من الطاقة ليس لها كتلة ولها خواص تشبه خواص الضوء العادي). وتتكون هذه الأشعة من جيوب من الطاقة المنتقلة على شكل حركة موجية، وتختلف هذه الأشعة من ناحية تأثيرها وكيفية تفاعلها مع المواد، وذلك ناتج عن اختلاف الترددات (ν) مما يجعل الطاقات (E) مختلفة تبعاً للقانون:

$$E = h\nu$$

أشعةX- (الأشعة السينية) X-Ray

هذه الأشعة تشبه أشعة-γ ولكن هناك فرق أساسي بينهما، من حيث المنشأ، وهو مصدر كلاً منهما حيث أن أشعة-γ تصدر عن التغيرات الحادثة في النواة في حين أن أشعة-X تصدر أو تنبعث من خارج النواة بسبب تفاعلات الإلكترونات في الذرة وتنقلاتها الداخلية. هذه التفاعلات إما أن تكون (1) ذاتية أي أن ينزل أحد إلكترونات المدارات العليا ليملأ فجوة تركها أحد إلكترونات المدارات الداخلية إثر تفاعله مع فوتون أو إلكترون خارجي. وفي هذه الحالة تسمى أشعة-X الناتجة بأشعة-X المميزة وذلك لأنها تميز كلاً من المدار والذرة الباعثة لهذا الإشعاع، أو تكون(2) ناتجة بسبب تبطئ الإلكترونات السريعة القادمة من خارج الذرة

وتفاعلها مع المجال النووي مما يؤدي إلـــى فقدانها السريع للطاقة بسبب تغير مسارها الفجائي **[12]**

الفصل الثالث

مصادر الإشعاع

الإشعاع النووي

الإشعاع النووي ناتج عن نشاط ذرى طبيعي قـوى يـحدث داخل ذرات العناصر الثقيلة ذرياً ألتي تحتوى على عدد كبــير جداً من الإلكترونــات التــي تدور حول النواة مكونة سحابة إلكترونية كثيفة و تدور بسرعات هائلة جداً مما ينتـــج تصادمــها ببعضها البعض و انــطلاق جسيمات - أشلاء - منها تخرج من نطاق مجال جــاذبية النواة فـتحدث مـا يـسمى بالإشــعاع النووي .

و العناصر المشعة تكون ذات وزن و عـدد ذرى كـبيرين (الـعدد الذرى هو عدد البروتونات التي تحويها نواة ذرة واحـدة من العنصر و الوزن الذرى هــو عدد النــيوتــترونات + عدد البروتونات) و أبرز العناصر المشعة و أشهرها اليورانيوم

يعد اليورانيوم المادة الخام الأساسية للبرامج النووية، المدنية منها والعسكرية.

يستخلص اليورانيوم إما من طبقات قريبة من سطح الأرض أو عن طريق التعدين من باطن الأرض. ورغم أن مادة اليورانيوم توجد بشكل طبيعي في أنحاء العالم المختلفة، إلا أن القليل منه فقط يوجد بشكل مركز كخام يمكن الاستفادة منه.

حينما تنشطر ذرات معينة من اليورانيوم في تسلسل تفاعلي، ينجم عن ذلك انطلاق للطاقة، وهي العملية التي تعرف باسم الانشطار النووي.

ويحدث الانشطار النووي ببطء في المنشآت النووية، بينما يحدث نفس الانشطار بسرعة هائلة في حالة تفجير سلاح نووي. وفي الحالتين يتعين التحكم في الانشطار تحكما بالغا.

ويكون الانشطار النووي في أفضل حالاته حينما يتم استخدام النظائر من اليورانيوم 235 (أو البلوتونيوم 239)، والمقصود بالنظائر هي الذرات ذات نفس الرقم الذري ولكن بعدد مختلف من النيوترونات. ويعرف اليورانيوم-235 بـ"النظير الانشطاري" لميله للانشطار محدثا تسلسلا تفاعليا، مطلقا الطاقة في صورة حرارية.

وحينما تنشطر ذرة من اليورانيوم-235 فإنها تطلق نيوترونين أو ثلاثـــة نيـــوترونات.

وحينما تتواجد إلى جانبها ذرات أخرى من اليورانيوم-235 تصطدم بها تلك النيوترونات مما يؤدي لانشطار الذرات الأخرى، وبالتالي تنطلق نيوترونات أخرى.

ولا يحدث التفاعل النووي إلا إذا توافر ما يكفي من ذرات اليورانيوم-235 بما يســـــمح بأن تستمر هذه العملية كتسلسل تفاعلي يتواصل من تلقاء نفسه. ويعرف هذا المتطلب بـ"الـــكتلة الحرجة".

غير أن كل ألف ذرة من اليورانيوم الطبيعي تضم سبع ذرات فقط مـن اليورانيوم-235، بينما تكون الذرات الأخرى الـ993 من اليورانيوم الأكثر كثافة ورقمه الذري يورانيوم-238.

توجد الإشعاعات في كل جزء من حياتنا. والإشعاعات قد تحدث بـطريقة طبيعية في الأرض ويمكن أن تصل إلينا من الإشعاعات القادمة من الفضاء المحيـــط بنا. وكذلك يمكن أن تحدث الإشعاعات طبيعيا في الماء الذي نشربه أو في التربة وفي مـــواد البناء (عنصر الرادون من الأرض والعناصر المشعة الموجودة في الأرض).

وقد تحدث الإشعاعات نتيجة صناعتها بواسـطة الإنســان مثل الأشعة السينية X-Rays ، محطات توليد الكهرباء بـــالطاقة الذرية أيضـــا في كاشفات الدخان Ionization Smoke Detector.

ويعرف الإشعاع بـأنه العملية التي ينـــتج عنها انـــطلاق طاقة علي شكل جســـيمات (Particles) أو موجات (Waves)

وتقدر الجهات العلمية في الولايات المتحدة الأمريكية بأن الشخص العادي يتلقى جرعات من الإشعاع مقدارها 360 مللي ريم في السنة وتعتبر نسبة التعرض للإشعاعات الطبيعية 80% و 20% الثانية من الإشعاعات الصناعية.

كيف تنشأ الإشعاعات:

تتكون ذرة العنصر من نواة مركزية (Nucleus) تحتوي علي بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة ويدور حول هذه النواة عدد من الإلكترونات سالبة الشحنة. **[13]**

التلوث الاشعاعي:

ان المقصود بالتلوث هو تغير نسب العناصر الكيميائية الموجودة في الجو او داخل جسم الانسان. وهناك التلوث المحيطي وهو تغير هذه العناصر في المحيط او التلوث الداخلي اي تغير نسبها داخل جسم الانسان. ويعتبر التلوث الاشعاعي من المشاكل الخطيرة والمهمة التي يتعرض لها الانسان ان كان مباشراً او غير مباشر (من الارض النبات و الحيوانات او الماء).لقد عرف معنى التلوث من وقت تأثير الاشعاع على الانسان

ان الاشعة النووية تختلف شدتها ويختلف بالتالي تأثيرها, لكنها مؤثرة في كل الاحوال بشدّتيها العالية والضعيفة, وان الشدة العالية يمكن لها ان تؤثر على الكائنات اذا كانت تتعرض هذه الكائنات لفترة وجيزة للإشعاع وتؤثر مثل تأثير الاشعة الضعيفة لفترة طويلة حيث اكدت الوكالة الدولية للطاقة الذرية واللجنة الدولية للحماية من الاشعاع ان التعرض المستمر للأشعة القليلة الشدة تسبب مرض السرطان في العضو المتعرض او في اي عضو آخر من جسم الكائن الحيّ. فهناك احتمال اصابة شخص واحد من مجموع ثمانية آلاف شخص تعرضوا للإشعاع ضعيف لا تزيد قوته على ريم واحد. ان التعرض للأشعة النووية اصبح مشكلة العصر التي لا يمكن التخلص منها الاّ وفق برنامج عالمي عام فالإنسان يتعرض لها في المستشفى وفي المعمل(المفاعلات النووية, صناعة النظائر المشعة, صناعة الساعات

المضيئة, مناجم الخامات لبـــعض العناصر المشـــعة كالراديـوم واليورانيوم وغير ذلك) وفي المأكل والمشرب ومن الاجواء الـــمحيطة(المتساقطات من اغوار الـــفضاء). كما ان النفايات المشعة تعتبر بحد ذاتها مـــشكلة ما زالت الكثير من الدول تـعاني من كيفية حلّها. خاصة تلك التي تمتلك المحطات الكهرونووية او التي تـسير في مجال من الابـحاث النـــووية المستمرة, فكلاهما له ناتج من هذه المحطات والمفاعل وهذا الناتج يومي او شهري ومستوى لجمع هذه النفايات, ومحاولة طمرها ودفنها في اماكنها الـخاصة فمنها ما يـدفن في مدافنها المخصصة وهذه لها استيعاب معين وتأثير حامل بأي شكل من الاشكال . وقســـم منها ما تصدره خارج حدودها الاقليمية .

مصادر التلوث الاشعاعي:

ـ مصادر طبيعية

ـ الأشعة الكونية:

تأتينا الأشعة الكونية من الفضاء المحيط بالكرة الأرضية وعند وصول بعضها الى الهواء المحيط بالأرض فأنها تتشتتوا تتفاعل مع ذرات الهواء ومنها ما يـــأتي الينا من الـشمس بسبب حدوث زوابع و انفجار اتعلى سطح الـــشمس، وتتأثر كثـــافة هذه الأشـعة بالمجال والمـــركز المغناطيسي للأرض وبزيادة عن سطح البحر، ونلاحظ أن الأنسان يزيد من تعـــرضـــه لـــهذه الأشعة ليس فقط من تواجده على سطح الأرض، ولكن أيضاً بركوبه الطائرة لارتفاعات عالية

ـ البيئة الأرضية:

(القشرة الأرضية-الهواء القريب من سطح الأرض والمياه)

مواد مشعة بالقشرة الأرضية:

تنتشر المواد المشعة بالقشرة الأرضية انتشارا كبيرا وتعطى جرعة إشعاعية للإنسان تزيد أحيانا عن الجرعة الناتجة عن الأشعة الكونية على سبيل المثال:

البوتاسيوم:

وهو منتشر في الطبيعة ولكنة يكون نسبة ثابتة غير مشعة

مواد مشعة قريبة من سطح الأرض:

هي مواد مشعة غازية مثل الكربون والرادون والثوريون ، ويلاحظ أن الرادون والثوريون هما ناتجان عن تحليل اليورانيوم والثوريوم ويوجدان أصلا في التربة على هيئة غازية ومنها يصعدان الى الهواء على ارتفاع أقصاه .2 مترا

مواد مشعة موجودة بالمياه

تنتشر كثير من المواد المشعة في مختلف أنواع المياه ،ويعتمد ذلك على نوع ومصدر المياه فمياه البحار تحتوى على أعلى تركيز لمادة بوتاسيوم 40 (300ميكروكورى في اللتر) أما مياه النفورات فتزداد فيها نسبة الراديون ،ففي اليابان 7*10 درجة ميكرو كورى في اللتر بينما المياه الجوفية بأمريكا تحتوى على أعلى نسبة (37 ميكرو كورى في اللتر) منالراديوم226

المصادر الصناعية:

ـ التفجيرات الذرية:

تجرى هذه التفجيرات في الجو على ارتفاعـــات مختلفة أو تحت الماء أو تحت الأرض ،يعتمد التلوث على نوع وقوة هذه التفجيرات وكمية المواد الانـــشطارية النـــاتجة عنه وتعـتبر التفجيرات الذرية في الجو أكثر تأثيراً في تلوث البيئة عندما يـــحدث تفجير نووي قـريب من سطح الأرض فأن التفجير يلتقط جزيئات من تـــراب الأرض والـــغبار العـــالق فـــي الـــهواء

ويصهرها فتندمج مع المواد الانشطارية ،ويمـثل الغبار الذرى المتساقط من التفجيرات الذرية أهم مصادر تلوث البيئة بالمواد المشعة

ـ المفاعلات الذرية :

تنحصر الخطورة من أنشاء وتشغيل المفاعلات الذرية والمعامل الحارة في عدة جوانب منها :

اختيار أنسب المواقع بـــعيد عن تجمع الســـكان وأمـــاكن زراعتهم ومجارى المياه السطحية والجوفية فكثرة الحوادث التي تقع بهذه المفاعلات تسبب خطرا على تـلـوث البيئة القريبة منه ،وجدير بالذكر حادث شرنوبل بروسيا وما أصابه من ذعر في العالم أجمكما أننـا نـذكر حادث انفجار مفاعل بنفكا بيوغوسلافيا وقد تسبب في وفيـات وإصابات إشـعاعية لعدد من الـــعاملين وكذلك تلوث البيئة من حوله.

أثناء العمليات الروتينية والبحـــثية بالمفاعـلات وجمع المخلفات المشعة السائلة والصلبة أو أي حادث بالمفاعل يحدث أثناء التجارب على ســبيل المثال انفـجار أنابيب التبريد المملوءة بالماء العادي وتسرب كميات من المواد المشعة .

المصادر الإشعاعية للأغراض الطبية

استخدمت المصادر الإشعاعية في الأغراض الطبية مثل التشخيص والعلاج بالأشعة السينية والعلاج الإشعاعي بالمصادر المشعة المـــــعلقة أبر الراديوم ووحـدات الكوبلت60 والعلاج بحقن المواد المشعةاليود131-الفوسفور32-الذهب 198وجدير بالذكر ما حدث فـــى وحدة العلاج بالذرة بمستشفى القصر العيني ،عندما كسرت أبر الراديوم مما عـرض العاملين لخطر التلوث .

خطوات إزالة التلوث الإشعاعي

لقد انتشرت الاستخدامات المختلفة للمواد المشعة وخاصة في المجال الطبي و البحثي و الصناعي حيث يتم استخدام مواد مشعة مفتوحة UNSEALED SOURCE في تقنيات حديثة و متطورة ، وهذه المواد المفتوحة ذات شكل فيزيائي سائل او مسحوق او غاز ، بعكس المواد المشعة المغلقة SEALED SOURCE والتي هي محكمة الاغلاق ضمن كبسولة خاصة من الاستانلس ستيل بحيث لا تسمح بانتشار التلوث وقد يؤدي استخدام المواد المشعة المفتوحة في بعض الاحيان الى تلوث اماكن استخدامها او للأفراد المتعاملين معها و يتركز استخدام هذه المواد المشعة المفتوحة في تشخيص الامراض في الطب النووي ، كما ان هناك بعض الاستخدامات لهذه المواد في البحوث العلمية وكذلك الاستخدامات في المجال الصناعي مثل فحص حركة السوائل او تقدير نسبتها وكثافتها ومن هنا تأتي ضرورة وجود خطوات واضحة يتم تطبيقها لإزالة أي تلوثات ناتجة عن استخدام مثل هذه المواد المشعة المفتوحة ، و موضحا فيما بعد المستلزمات و الخطوات التي يمكن اتباعها لإزالة التلوثات او تقليلها :-

المستلزمات اللازمة لإزالة التلوث:

- أجهزة المسح الإشعاعي المناسبة لطبيعة العمل
- قفازات - غطاء الاحذية - كمامات - ملابس خاصة - نظارات مقفلة – غطاء الرأس - مواد التنظيف - ورق ماص للسوائل - اسفنج - فرشاة مناسبة - سطل من البلاستيك - اكياس بلاستيكية
- حاوية خاصة بمجموعة ازالة التلوث الاشعاعي - علامات إشعاعية تحذيرية

خطوات التعامل مع المناطق الملوثة :

1– يتم تحديد وتطويق منطقة التلوث بواسطة العلامات التحذيرية للإشعاع كمرحلة أوليه.

2– يتم مراقبة ومحاصرة المنطقة لمنع دخول أي شخص لها.

3– يتم أخطار مسئول الوقاية من الإشعاع والتنسيق لتنفيذ خطوات إزالة التلوث وفقا لخطة العمل وذلك طبقا لكتيب السلامة الإشعاعية.

4- يتم تحديد المساحة الملوثة باستخدام أجهزة مسح الإشعاع لتلوث الأسطح مع تحديد نوع والكمية التقديرية للمادة المشعة المسكوبة.

- **إزالة تلوث الأفراد:**

1– نزع جميع الملابس المحتمل تلوثها قبل تقدير مستوي التلوث الإشعاعي.

2– يتم غسل جلد الانسان بالماء الدافئ والصابون لعدة مرات بحيث لا تؤدي لتلوث مناطق أخري وعمل مسح اشعاعي وتكرار ذلك لعدة مرات.

3–إذا كان التلوث كبير وشامل للجسم فيتم نزع الملابس وغسل كامل الجسم بالماء الدافئ والصابون.

4– يتم تجميع الملابس الملوثة بكيس بلاستيكي بعد عمل مسح اشعاعي لها ويوضع في حاوية خاصة.

- **في حالة تلوث الجروح:**

1– يغسل بماء جاري وبكمية كبيرة لعدة مرات ثم بالماء والصابون والمطهرات.

2– عمل مسح إشعاعي للتأكد من إزالة التلوث أو تكرار العملية إذا لزم الأمر.

3–مراجعة الطبيب لاتخاذ الإجراءات اللازمة لتغطية الجروح.

- تلوث العين غسل العين بماء جاري عدة مرات ثم غسله بمحلول ملحي بنسبة 0.9% ومراجعة الطبيب**[14]**

المصادر

1- U.S. Department of Energy Environmental Management "Department of Energy five year Plan FY 2007-FY 2011 Volume ll". Retrieved 8 April 2007.

2- http://www.smsec.com/main.htmil

3- Nuclear Information and Resource Service, Radioactive Waste Project, retrieved September 2007.

4- كتاب الكيمياء لويليم وايت (جامعة كورنيل) الفصل الثامن ـ كيمياء النظائر المشعة ـ طبعة 2005.

5- الفيزياء النووية من قل ايرفينغ كابلان الطبعة 2, 1962 أديسون ويسلي .

6- http://www.djelfa.info/vb/showthread.php

7- كيمياء عام 1970 من قبل لينوس بولينغ دوفر حانة ردمك .

8- الاستهلالي الفيزياء النووية من قبل كينيث كرين حالة . وايلي .

9- نماذج من النواة الذرية من قبل نون كوك, سبرينغر فيرلاغ (2006), ردمك .

10- http://www.tzafonet.org.il/Kehil/water/en.32.html

11- "Indium- 31/8/2011"Chemisstry Explained –Indium " 113 is used to examine the liver , spleen, prain, pulmonary ("breathing") system, and

heart and blood system. Indium-111 is used to search for tumors, internal bleeding, abscesses, and infections and to study the gastric (stomach) and blood systems."

http://www.geocities.com/mazen alhalabi/nuclear.htm -**12**

http://ar.Wikipedia.org/wiki -**13**

http://ww.fatsvt.on.ma/ -**14**