بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم والتكنلوجيا

كلية التربية

قسم الفيزياء

بحث تكميلي لنيل درجة البكالاريوس

بعنوان

المفاعلات النووية واستخداماتها

Nuclear Reactors and its uses

إعداد الطلاب :

يوســف عبد الباقــي دفــع الله

ادم اسحـــق بركــة حـــسن

الهـــادي الامين احــمـــد

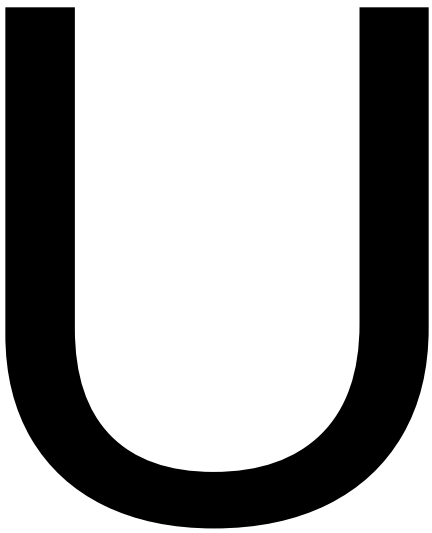
عبد الرحمن العوض عبد الرحمن

عمــر صــديق يعــقـــوب

إشراف الاستاذ/

سفيان بابكر الحاج

2016م



الآيـــــة

ٹ ڈ

چ گ گ ک ڳ گ گ گ ڳ ڳ ں ڻ ڻ ٹ ٹ ۂ ۂ ہ ہ
ہ ہ ھ ھ ے ے ۓ ۓ ڭ ڭ ۇ ۇ ۆ ۆ ۈ چ

صدق الله العظيم

يوسف: ٧٦

الاهـــداء

الي ملاكي في الحياة الي معني الحب ومعني الحنان والتفاني الي بسمة الحياة وسر الوجود الي من كان دعائها سر نجاحي وحنانها وبلسم جراحي الي اغلي الحبايب

امي الحبيبة

الي النجم الساري في سماء افقي الي الغالي الذي سكن في اعماقي الي منبع الخير الدافق والحنان الوافر

ابي العزيز

اقدم شكري واتمناني لمن كان سبب في استمرار واستكمال مسيرة حياتي ومن وقفوا معي وحفزوني على الاستمرار

اخواني واخواتي

الي من كانوا ملاذي ملجاي الي من تذوقت معهم اجمل اللحظات الي من جعلهم الله اخواني واحببتهم في الله

الاصدقاء

من أي ابواب الثناء ندخل وباي ابيات القصيد نعبر كنت كسحابة معطاء سقت الأرض فاخضرت

الاستاذ سفيان بابكر الحاج

الشكر والتقدير

الشكر أولاً واخيراً لله رب العالمين

الشكر للاستاذ الجليل سفيان بابكر الحاج لعونه لنا في جمع هذا البحث وترتيبه وتوجييه لنا بقبول شكرنا لك بتقديرنا الخاص باشرافك على هذا البحث واصبحت فينا نموذجاً ومثالاً يقتدي به وسنظل نروي سيرتك جيلاً بعد جيل

والشكر للدكتور / احمد محمد صالح

والشكر الي امناء مكتبة كلية التربية ومكتب كلية العلوم

والشكر الي اسرة مكتبة آية سنتر

والشكر الي من ساعدني اثناء دراستي من اهلي وزملائي واصدقائي

لكم منا جميعاً حبنا وتقديرنا الوافي

مستخلص البحث :

هدفت هذه الدراسة الي معرفة المفاعلات النووية ومكوناتها وأنواعها واستخدامتها وفي هذا البحث تم التعرف على مدي اهمية المفاعلات النووية .

Abstract:

This study focus on understanding principles of nuclear reactors how they are classified different types usages and other related tasks.

Finally the importance of these reactors has been reviewed .

الفهرس

الموضوع	رقم الصفحة
البسملة	أ
الآيـــــة	ب
الاهـــداء	ج
الشكر والتقدير	د
مستخلص البحث	هـ
Abstract	و
الفهرس	ز
المقدمة البحث	1
مشكلة البحث	1
فروض البحث	1
اسئلة البحث	1
أهمية البحث	2
أهداف البحث	2
حدود البحث	2
منهج البحث	3
محتوي البحث	3
الفصل الأول	
(1-1)مقدمة	4
(1-2)الذرة	5
(1-3) النواة	6
(1-4)النشاط الاشعاعي	7
(1-5)التفكك الاشعاعي	9
الفصل الثاني	
(2-1)مقدمة	18
(2-2) المفاعلات النووية	19
(2-3)مكونات المفاعل النووي	20
(2-4)أنواع المفاعلات النووية:	23
(2-5)تصنيف المفاعلات النووية	24
الفصل الثالث	
(3-1)مقدمة	65

(2-3)الاستخدامات السلمية والعسكرية للمفاعلات النووية	65
الفصل الرابع	
(1-4)المناقشة	73
(2-4)النتائج	74
(3-4)التوصيات والمقترحات	75
المصادر والمراجع	76

فهرس الجداول :

م	اسم الجدول	رقم الصفحة
(1-2)	انواع المفاعلات وخصائصه	29-28

فهرس الاشكال :

م	اسم الشكل	رقم الصفحة
(1-1)	مكونات الذرة	5
(2-1)	قابلية الاشعة النووية على اختراق مواد النوي غير المستقرة	8
(3-1)	مسارات الاشعة الثلاث في مجال مغنطيسي على الورقة نحو الداخل	8
(4-1)	المخطط البياني للطاقة لنواة الراديو Ra	11
(5-1)	طاقة تفكك بيتا السالبة	13
(6-1)	المخطط البياني لنظير السيزيوم لتفرع النسبي لكل مستوي من الطاقة	14
(7-1)	المخطط البياني للطاقة لنظير الصوديوم	15
(8-1)	المخطط البياني لنظير الكوبالت $^{60}_{27}Co$ الذي يتفكك عن طريق β^-	17
(1-2)	حزم الوقود النووي	21
(2-2)	رسم تخطيطي لنظام P.VV.R	27
(3-2)	مخطط انسيابي لنظام B.W.R	27
(4-2)	مخطط يوضح قوى نووية تعمل بالماء المضغوط (كمبرد)	31
(5-2)	رسم تخطيطي لمفاعل الماء المغلي	33
(6-2)	رسم تخطيطي لمفاعل الماء الثقيل	35
(7-2)	مفاعل توالدي يبرد بالصوديوم المنصهر	38
(8-2)	اليورانيوم الطبيعي والمخصب كوقود مفاعل اوقد سلاح نووي	41
(9-2)	منظومة الانتشار الغازي	47
(10-2أ)	مجموعة من اجهزة الطرد	50
(10-2ب)	جهاز واحد يوضح الدوار في الغطاء النهائي وجزئيات u235	50
(11-2)	التخصيب بالليزر	51
(12-2)	التخصيب بطريقة الديناميكية الهوائية	54
(13-2)	يبين طريقة التخصيب الكهرومغنطيسي	57
(14-2)	مخطط الفاصلة العراقية (منظومة الفا)	60
(15-2أ)	تخصيب اليورانيوم بالبلازما	62
(15-2 ب)	تخصيب اليورانيوم بالبلازما	63
(16-2أ)	التخصيب بالانتشار الحراري	64
(16-2ب)	التخصيب بالانتشار الحراري	64

(1-3)	مكونات اخري المحطات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية	67
(2-3)	نمط بدائي لقنبلة انشطارية	71
(3-3)	مقطع عرضي للقنبلة الذرية	72
(4-3)	القنبلة النيوترونية	72

المقدمة البحث :

المفاعلات النووية عبارة عن منشاءات ضخمة يتم فيها السيطرة على عملية الانشطار النووي حيث يتم الاحتفاظ بالاجواء المناسبة لاستمرار عملية الانشطارات المتسلسلة ، تستخدم المفاعلات النووية لاغراض انتاج الطاقة الكهربائية وتصنيع الاسلاحة النووية وازالة الاملاح والمعادن الاخرى من الماء للحصول على الماء النقي وتحويل عناصر كيميائية معينة الي عناصر اخرى انتاج نظائر عناصر كيميائية ذات فاعلية اشعاعية .

ويعتبر انديكو فيرمي من اوائل من اقترحوا بناء مفاعل نووي مع زميله ليوزيلارد، وكان الغرض من المفاعل هو تصنيع الاسلحة النووية .

مشكلة البحث

فائدة المفاعلات النووية واثرها على المجتمع وفيما تستخدم

فروض البحث :

1- اليورانيوم هو الاساس للمفاعلات النووية .
2- للمفاعلات النووية دور كبير في انتاج الطاقة الكهربية
3- تساهم صناعة الاسلحة والقنابل النووية .
4- تساعد في تنقية مياه الشرب

اسئلة البحث :

1-مما يتكون المفاعل النووي ؟

2-كيف ننتج الكهرباء من المفاعلات النووية ؟

3-ما دور اليورانيوم في المفاعلات النووية ؟

4-ما مدي الاستفادة من المفاعلات النووية ؟

5-هل للمفاعلات النووية اضرار ؟

أهمية البحث :

المفاعلات النووية مهمة لتوفيرها لنا الطاقة

وما تسهم فيه من الاستخدامات السليمة والعسكرية .

أهداف البحث :

تتمثل أهداف البحث في الاتي:

1-التعرف على المفاهيم الاساسية للمفاعلات النووية .

2-التعرف على مكونات وانواع المفاعلات النووية .

3-التعرف على مدي اهمية المفاعلات النووية .

4-التعرف على الاستخدامات السلمية والعسكرية للمفاعلات النووية .

حدود البحث :

حدود مكانية: ولاية الخرطوم

حدود زمانية: من يونيو الي اكتوبر 2016م

الحد الموضوعي: بحث لنيل درجة البكالريوس في الفيزياء

منهج البحث:

المنهج التجريبي الوصفي

محتوي البحث :

هذا البحث يحتوي على اربعة فصول الفصل الاول يتناول الخطة العامة للبحث والفصل الثاني يحتوي على المفاعلات النووية مكوناتها وانواعها والفصل الثالث يتحدث عن استخدامات النووية والفصل الرابع المناقشة والتحليل .

الفصل الأول

(1-1)مقدمة:

الذرة هي أصغر من العنصر الكيميائي الذي يحتفظ بالخصائص الكيميائية لذلك العنصر ولا يمكن تحديد حجم الذرة بسهولة .

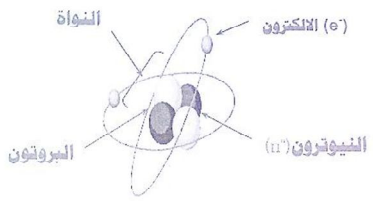
تتكون الذرة من النواة وهي عبارة عن جسيمات موجبة الشحنه البروتونات وجسيمات سالبة الشحنة النيوترونات.

ظل وما زال تركيب الذرة وما يجري في هذا العالم البالغ الصغر يشغل العلماء ويدفعهم الي اكتشاف المزيد ومن هنا اخذت تظهر فروع جديدة في العلم حامله معها مبادئها ونظرياتها الخاصة بها .

(2-1)الذرة :

تعرف الذرة بانها جزء في المادة وتحمل الخواص الكيميائية لتلك المادة وأن اتحاد الزرات يولد ضالجزئيات والمركبات الكيميائية

وأول من وضع تصوراً تجريبياً عن الذرة هو العالم رذرفورد 1915 عند قصفه رقائق الذهب بجسيمات الفاء، فلاحظ انحراف هذه الجسيمات في مركز الرقائق فوضع الموديل لتركيب الذرة بأنها تتكون من جزء مركزي موجب الشحنه يسمي بالنواة تحاط بقيمة من الجسيمات سالبة الشحنة تسمي الالكترونات والشكل (1-1) يوضح مكونات الذرة



شكل (1-1) مكونات الذرة

ولقد فشل نموذج دزفورد للذره لسببين :

الأول: عندما تتحرك الالكترونات بتعجيل فانها تفقد طاقة وتقترب بطريق مخزي من الذرة فيها حجم الذره وهذا غير ممكن لان حجم الذره ثابت .

الثاني: عندما تتناقص طاقة الالكترونات تدريجيا يتولد طيف مستمر بينما اثبتت التجارب ان طيف ذره الهيدروجين هو طيف خطي براق لذلك وضع العالم بور عام(1913) نموذجاً على الميكانيكا الكمي سمي نموذج بور والذي ينص على أن الالكترون في أي مستوي يملك طاقة محدده في ذلك المستوي وعندما يكتسب طاقة فانه يقفز من ذلك المدار الي مدار اعلي .

تسمي مدارات الالكترونات من الاقرب الي الابعد عن النواه N.M.K.K ، حيث أن K المدار الأول وهكذا ، وفي معظم الذرات المستقرة فان الالكترونات المدارية تحتل المدارات القريبة من النواة فمثلا الكربون يتكون من سته الكترونات اثنتان منهما في المدار K في المدار L ولكي يتحدد الالكترون من مداره يجب أن يجهز بطاقة مساوية

الي طاقة رابطة مع النواة والتي تسمي طاقة الربط النووي (BINDING ENERGX)

لذلك المستوي، عندما ينتقل الالكترون من مستوي او طاقة فانه يبعث فوتونات طاقتها تساوي الفرق بين طاقة المدارين ويحصل ذلك عند اكتساب احد الالكترونات الداخلية للذرة طاقة فانه يقتلع من مداره ويبقي مانه فينتقل الكترون من مدار اعلي ليحل محل الالكترون المقتلع والفرق بالطاقة يظهر بشكل فوتونات للاشعة السينية تسمي بالاشعة السينية المميزه او ان الطاقة الفائضة نتيجة لانتقال الكترون من مدار اعلي المستويات القريبة عن النواة تنتقل الي احد الالكترونات وتقلعه من مداره وتسمي هذه العملية بتاثير اوبي Aygereeffect والالكترون يسمي الكترون اوبي Avger Electron وبذلك يحص تأين مضاعف للذره

(3-1) النواة :

تتكون نواة الذرة من جسيمات موجبة الشحنة هي البروتونات واخري متعادلة الشحنة هي النيوترونات ومجموعها تسمي بالنيوكلونات

اكتشف النيتون من قبل العالم الانجليزي شادوك سنة 1932 حيث لاحظ انبعاث اشعاع فصف البربيوم جسميات الفا ذات طاقة عالية هذا الاشعاع ليس له قدره على التأين المباشر لذلك فانها لا تحمل شحنة ، لذلك سميت بالنيوترونات المتعادلة وكتلتها قريبة من كتلة البروتونات .

ان عدد البروتونات = العدد الذري للذره (Z) والذي يساوي عدد الالكترونات في الذرات المتعادلة وهذا العدد يحدد الصفات الكيمياوية للعنصر الذي تعود له الذرة .

اما العدد الكلي للنيوكليونات فيسمي بالعدد الكتلي (A) والفرق بين العددين (A,Z) فهو عدد النيوترونات لذلك فان التغير هو ${}^{A}_{Z}X_{n}$

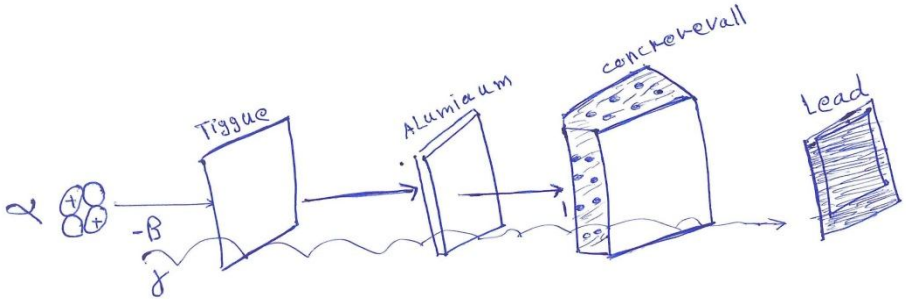
(4-1)النشاط الاشعاعي :

هو عدد الانوية التي تتفكك او تتحلل في الثانية الواحدة لينتج من هذا التحلل انبعاث جسيمات موجبة او سالبة الشحنة .

لقد وجد العلماء ان النشاط الاشعاعي لا يتأثر باي عمليات فيزيائية أو كيميائية يضمها التسخين او التبريد الشديدين أو تاثير المواد الكيميائية لذلك فقد أصبح وأضحاً ان

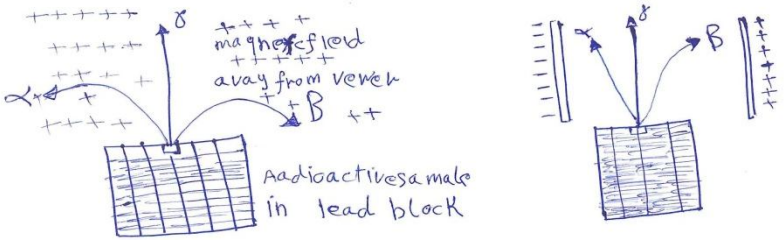
مصدر هذه الذرة فقد أصبح ان النشاط الاشعاعي هو نتيجة لانحلال او تفكك وبدأ راذرفورد واخرون دراسة طبيعة هذه الاشعة فوجدوا أنه بالإمكان تصنيفها الي ثلاثة أنواع تبعاً لقدرتها على اختراق المواد .

فإحدي هذه الأنواع تستطيع بالكاد اختراق قصاصة ورق اما النوع الثاني فكان يستيطع المرور خلال سمك من مادة الالمونيوم قدره 3mm اما النوع الثالث فكانت له قدرة اختراق عالية بحيث يمكن له المرور خلال عدة سنتمترات من مادرة الرصاص ليكتشف في الجانب الاخر اطلق على هذه الأنواع الثلاثة أشعة γ, β, α على التواليكما بالشكل (1-2).



الشكل (1-2)يوضح قابلية الاشعة النووية على اختراق مواد النوي غير المستقرة

لقد وجد بأن كل نوع من الاشعة له شحنة مختلفة وان اشعة قاما متعادلة وذلك من خلال تجربة بسيطة موضح في الشكل (1-2) الذي يبين تأثير كل من المجال المغناطيسي والمجال الكهربائي على هذه الأشعة بعد ذلك تم اكتشاف أن كل نوع من الأشعة ما هو إلا اشعة او جسيم معروف : حيث أن لا كانت أشعة كهرومغناطيسية فونونات بطاقة أعلى مما لأشعة X اشعة β فهي الكترونات مماثة لتلك التي تدور حول النواة لكنها تخلق داخل النواة نفسها وتبين ان جسميات ∝ بساطة هي نوي ذرات الهليوم ^4_2He



الشكل (1-3) يوضح مسارات الاشعة الثلاث في مجال مغنطيسي على الورقة نحو الداخل

(1-5)التفكك الاشعاعي :

(1-5-1)قانون التفكك الاشعاعي :

تعتبر ظاهرة التفكك الإشعاعي ظاهرة احصائية أي انه لا يمكن التكهن بزمن تحلل نواة بعينها ، ولكن عند وجود عدد كبير جداً من انوية النظير المشع فان بمتابعة معدل تغير كمية الأشعة المنبعثة يمكن معرفة الكثير عن أنوية التحلل ، هنالك احتمال محدد للتفكك في وحدة الزمن لاي نظير مشع، وهذا الاحتمال يعرف بثابت مميز لكل نظيرمشع بغض النظر عن حالته الكيميائية او الفيزيائية.

(1-5-2)أنواع التفكك الإشعاعي

أ- جسيمات الفا (∝)

هي عبارة عن نواةذرة الهيليوم H_2^4e أي انها جسيمات ذات شحنة موجبة.

وتفكك الفا هو أحد الطرق المتاحة للنوي الثقيلة وغير المستقرة لتقرب إلي مستوي الاستقرار فتصدر النواة القلقه ^A_ZX جسيمات (∝) التي هي عبارة

عبارة عن نواة الهليلوم ^4_2He هذا التحول التلقائي يولد نواة جديدة

$A-4_{y_{z-2}}$ تكون عادة مستقرة أو أيضاً غير مستقرة مثل النواة الأولي (الأم) هذا النوع من التفكك يمكن ان يرمز له كما يلي

$$^A_zX \underset{\rightarrow}{\overset{\propto}{—}} A-4_{y_{z-2}} + {}^4_2He$$

امثلة لتفكك الفا:

$$^{238}_{92}u \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^4_2He$$

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^4_2He$$

(i)طاقة تفكك ألفا:

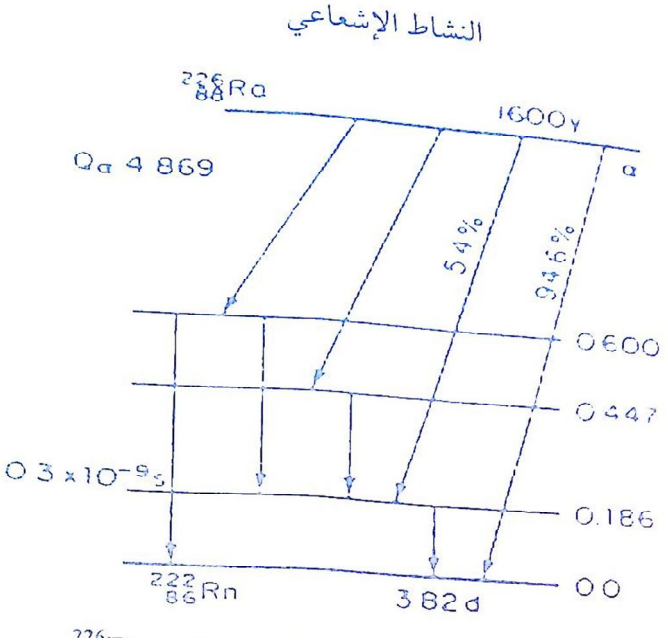
يحدث تفكك ألف لنواة ما عندما يتوفر فيها الشرط الأساسي والذي يقتضي أن تكون النواة المشعة الام أكبر من مجموع كتل النواة المولدة وكتلة جسيم ألفا وبعبارة أخرى تكون طاقة التفاعل أي تفكك القاموجبه وهذا التفاعل يكون منتجاً للطاقة .

طاقة هذا التفكك تظهر في شكل طاقة حركية مقسمة بين ألف و النواة المتولدة .

(ii)المخطط البياني لمستويات الطاقة :

النواة المولدة في التفكك الإشعاعي تنتج سواء في ادني مستوي لها من الطاقة أي في حالة استقرار تام او تنتج في مستويات مختلفة لها من الطاقة وحنئز في حالة استشارة عندما تكون النواة المولدة في حالة الاستقرار التام تصدر النواة الام المشعة جسيمات ألفا ذات طاقة محددة واحدة . ولكن عندما تكون النواة المولدة في حالة استشارة فإنها تنزل تدريجياً في سلم الطاقة في هذه الحالة عادة تصدر المادة المشعة جسميات الفا بطاقات واطياف مختلفة .

نسبة جسيمات الفا الصادرة في الثانية وبطاقة معينة تسمي التفرع النسبي لذلك المستوي المثار للنواة المولدة هذا التفرع او الاحتمال النسبي لكل مستوي من الطاقة يكون نسبة مئوية كما هو موضح في الشكل (1-4)



شكل(1-4)المخطط البياني للطاقة لنواة الراديو Ra

ب- جسيمات بيتاβ :

هي الكترونات سريعة وتكاد سرعتها تقترب من سرعة الضوء

(i)تفكك بيتا:

عندما تحتوي النواة على وحدة من النيوترونات اوفرة من البروتونات فإنها تكون غير مستقرة وتضحمل عن طريق تفكك بيتا.

عندما تحتوي النواة على وحدة من النيوترونات او وفرة من البروتونات فإنها تكون غير مستقرة وتضمحل عن طريق تفكك بيتا.

النواة المولدة في هذا التفكك تكون نظيراً للنواة الام وهذا يعني أن لعما نفس عدد النويات او نفس العدد الكتلي A لكن العدد الزري z يتغير بزيادة او نقص العدد +1 او -1 ، أي أنه وقع تحول وامرنيووترون إلى واحد بروتون او العكس، في هذا التفكك التلقائي الجسيمات الصادره سوا الكترون -B مع نيترينو مضاد او بوزيترون +B مع نتيترينو وهي نوعين :

1-تفكك بيتا السالبة (-β)

هو نشاط اشعاعي ناتج عن وفرة النيوترونات في نواة العنصر المشع محاول منه للقرب من الاستقرار النواة المولدة يزداد عددها الذري بواحد

$$ {}^{A}_{z}X \xrightarrow{\beta^-} {}^{A}_{z+1}y + {}^{0}_{-1}e + r $$

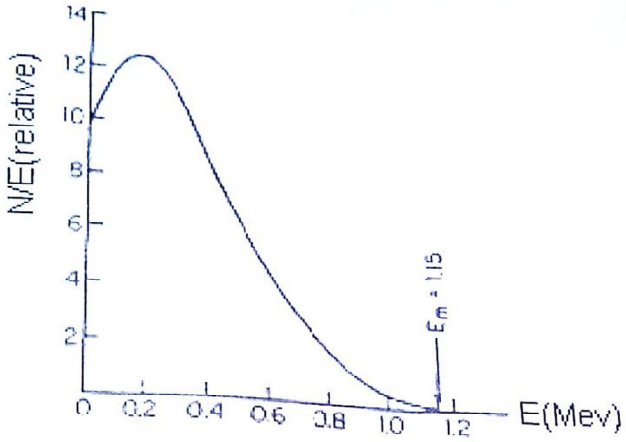
وعلى سبيل المثال

$$ {}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + \beta^- + r $$

(i)طاقة تفكك بيتا السالبة (β^-)

جسيمات بيتا (β^-)تصدر بطاقات متعددة لتكون طيفاً متواصلاً كما هو موضح في الشكل (1-5) هذه النتيجة التجريبية تظهر أن طاقة تفكك بيا السالبة (β^-) تقسم بين

الجسيمات الصادرة والنيترينو المضاد اكبر بجسيم (β^-) أي اخر نقطة في طيف بيتا ، تمثل الحالة التي فيها يحمل الالكترون (β^-) كل طاقة التفكك



الشكل (1-5) يبين طاقة تفكك بيتا السالبة

الطاقة الناتجة للتفاعل المتمثل في تفكك بيتا السالبية يساوي ما يعادل فرق كتل الأجسام المتفاعلة والاجسام المنتجه على النحو

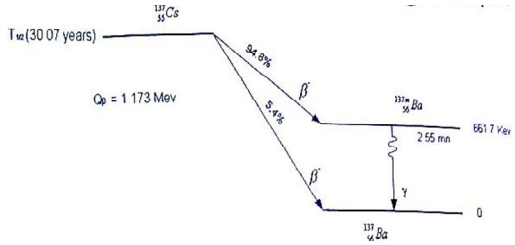
$$\Delta m\beta^- = m_x(Z,A) - [my(Z+1,A) + m$$

$$Q_{\beta^-}(mev) = 931x(mx - my)$$

كتلة الالكتون me الصادر من النواة المشعة لا تظهر بمفردها في المعادلة الاخيرة لانها تدخل في كتلة الذرة المولدة my

(ii)**المخطط البياني لمستويات الطاقة لـ (β^-)**

النواة المولدة تكون عادة اكثر استقراراً من نواة الام ورغم ذلك فغالباً ما تكون هذه النواة في دجالة اثارة محتوية بذلك على طاقة زائدة تفقد النواة المولدة هذه الطاقة عن طريق اصدار فوتونات جاما (γ) كما هو الحال في تفكك الفا كما في الشكل (1-6).



الشكل(1-6) يوضح المخطط البياني

للطاقة لنظير السيزيوم C_s^{137} ويوضح التفرع النسبي لكل مستوي من الطاقة

2-تفكك بيتا الموجبه (β^+)

هو نشاط اشعاعي ناتج عن نظائر مشعة ذات نواة غنيه بالبروتونات محاولة منها للتخلص من زيادة هذه البروتونات وذلك للقرب من الاستقرار . الواة المولدة في هذا التفكك البوزيتروني تنتج نظيراً للنواة الام فينقص العدد الذري بعد واحد حسب التفاعل .

$$X \xrightarrow{\beta+} {}_{z-1}^{A}Y + {}_{++1}^{o}e + r$$

مثال

$$^{12}_{7}N \xrightarrow{\beta^+} {}^{12}_{6}C + \beta^+ + r$$

(i)طاقة تفكك بيتا الموجبه:

جسيم البوزيترون (β^+)يخرج من النواة بطاقات متعددة مكوناً طيفاً متواصلاً كما هو الحال بالنسبة لطيف (β^+) طاقة تفكك بيتا الموجبه تنقسم بين جسيم البوزيترون والنينرينو وقيمة هذا التفكك $Q_{\beta+}$ تساوي ما يعادل فرق كتل الاجسام المتفاعلة والاجسام الناتجة عن التفاعل .

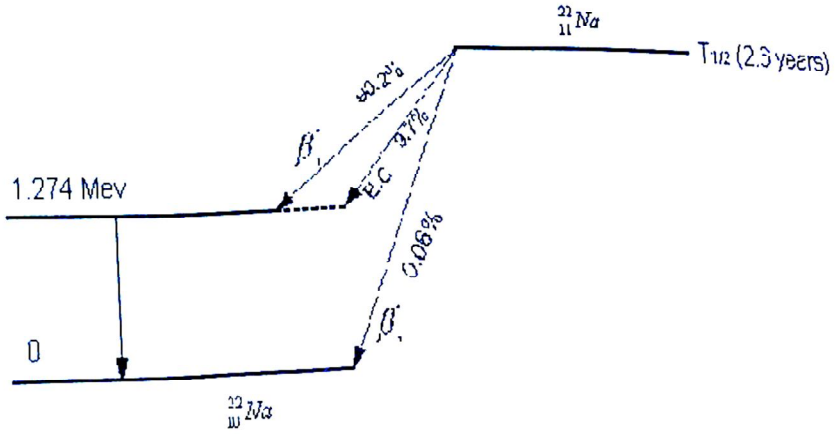
$$\Delta m\beta^+ = m_x(Z,A) - [my(Z+1,A) + me$$

$$Q_{\beta+}(mev) = 931x(mx - my - 2me)$$

ومن هذه المعادلة أن تفكك بيتا الموجبة β^+ لا يحصل الا عندما تكون نواة الام تفوق كتلة النواة المولدة لكتلة اثنين من الالكترونات (2mc) أوما يعادلها 1.02mev على الاقل

(ii)المخطط البياني لمستويات طاقة تفكك بيتا الموجبة :

عادة ما تكون النواة المولدة مثارة وبسرعان ما تنزل من مستويات الطاقة العالية الي المستوي الادني والاكثر استقراراً هذه العملية تحصل عن طريق اصدار فوتونات جاما (γ) بطاقات مختلفة ومتالية كما هو الحال في تفكك β^-



الشكل (1-7) المخطط البياني للطاقة لنظير الصوديوم

ويوضح لتفرع النسبي لكل مستوي من الطاقة

ج-اشعة قاما

هي عبارة عن موجات كهرومغنطيسية

تفكك قاما (γ)

عملية تفكك الفاوبيتا تكون النواة المولدة غالباً في حالة اثارة وذلك لما تحويته من طاقة زائدة على المستوي الادني المستقر تماماً وفي اثر الحالات تفقد النواة المولدة الطاقة الزائدة بسرعة اقل من نانو ثابته وذلك بإصدار اشعة جاما وأحياناً ما يكون من اللازم إصدار اشعاعات جاما متاليا للوصول الي المستوي الادني من الطاقة أي الاستقرار التام .

تفكك جما أيضاً لا يغير من مكونات النواة ولذلك لا يولد نظيراً جديداً بل هو عبارة عن طريقة خاصة للتخلص من الطاقة الزائدة في النواة حيث يكون التفاعل كما يلي :

$$ {}^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \nu $$

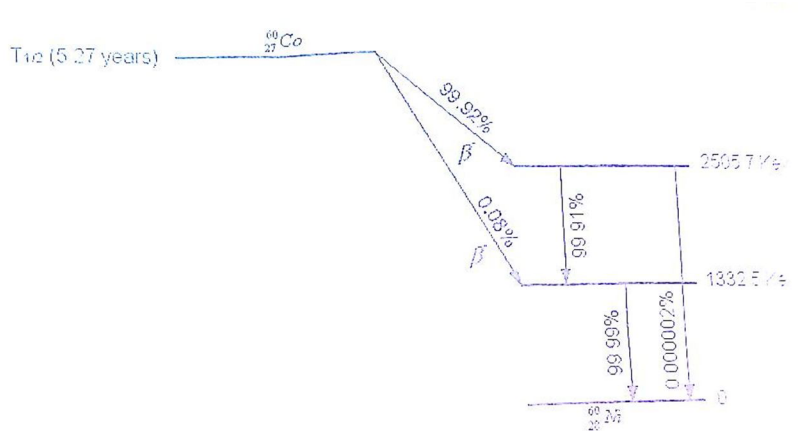
طاقة اشعة قاما:

انتقال النواة المولدة من مستوي طاقة الي مستوي اخر يليه يحدث عن طريق اصدار اشعة جاما بطاقة محدده هذه الطاقة تساوي فرق طاقة المستوي الاعلي وطاقة المستوي الادني منه .

كما للنواة المولدة الاختيار واما ان تمر بكل المستويات المثالية او مباشرة من مستوي طاقة عال الي ادني مستوي للطاقة وتكون طاقة اشعاة جاما في كل حالة هي الفرق بين طاقة المستوي الذي بدأت منه وطاقة المستوي الذي انتهت اليه .

المخطط البياني للطاقة:

النواة المولدة لنظير النيكل ${}^{60}_{28}Ni$ كما في الشكل (1-8) تنتج في حالات اثارة ذات مستويات مختلفة وللوصول الي الاستقرار التام تصدر هذه النواة المثارة اشعاعات جاما بطاقات مختلفة .



الشكل (1-8) المخطط البياني لنظير الكوبالت $^{60}_{27}Co$ الذي يتفكك عن طريق β^-

الفصل الثاني

الفصل الثاني

(1-2)مقدمة: Introduction

منذ أن إنشيء أول مفاعل نووي فإن تطوراً سريعاً قد حدث في هذا المجال حيث بلغ عدد أنواع المفاعلات خلال السنوات القليلة التالية عدة مئات منذ بداية صناعة المفاعلات.

وتوجد الآن مفاعلات نووية كثيرة تعمل في جميع أنحاء العالم وقد تعددت أنواعها بشكل كبير، وذلك لتعدد الأغراض ذاتها التي تبني من أجلها من ميدان كبير جداً مطرد الإتساع هو علم الهندسة النووية.

ويعتمد تصميم المفاعل أولاً وقبل كل شيء على الغرض المطلوب أو الهدف من بناء المفاعل ، فهناك مثلاً مفاعلات إنتاج الطاقة وتحويلها إلى طاقة كهربية ، وهو الغرض الأسمى من تشييد المفاعل النووي، ويراعي في تصميمها أن تعطي طاقة رخيصة مع الأخذ في الإعتبار المدة الطويلة التي يكون خلالها المفاعل صالحاً للعمل، وهذا ما تسعى إليه معظم الدول النووية الكبري .

والجدير بالذكر أن المفعلات النووية أو محطات القوي النووية تستند إلى اساسيات ثلاثة في التصميم وهي:

- مادة إحداث الإنشطار وطاقتها كما في المفاعلات التي تستخدم النيوترونات الحرارية والسريعة.
- شكل قلب المفاعل (متجانس الوقود أو غير متجانس) ،او أدوات التبريد وأنظمته ووسائل التهدئة).
- الإستفادة من الوقود المستعمل:

ونذكر أنه في حالة المفاعلات التي يعتمد تصميمها على الوقود المتجانس في القلب فإن الووقد يكون عبارة عن معدن أو أملاح منصهرة أو محلول عضوي ذي قدرة على الإنشطار أما المفاعلات ذات الووقد غير المتجانس فإن الوقود عادة هو عبارة عن قضبان محشوة بواسطة أكاسيد المعادن مثل أكسيد اليورانيوم.

ويتم اليوم تضيف أنواع المفاعلات وفق نوع المهدئ المستعمل في هذه المفاعلات ،فإذا رتبت كتل اليورانيوم المرشحة للإنشطار في طبقات يفصل بين كل إثنين منها مهدئ فإن المفاعل يسمي في هذه الحالة بالمفاعل غير المتجانس.
أما إذا وضعنا اليورانيوم في المهدئ أو كان مذاباً فيه فإن المفاعل يوصف بأنه متجانس في مرجل غلاية المفاعل .
ويمكن الحديث هنا عن مفاعلات سريعة أو متوسطة السرعة أو بطيئة.
وهناك وسيلة ثالثة لتصنيف المفاعلات حيث تعتمد على الغاية التي تسعتمل من أجلها المفاعل، ونعني في هذه الحالة: مفاعل الأبحاث ، مفاعل إنتاج اللربوتونيوم، أو مفاعل للحصول على الحرارة ، الكهرباء.

(2-2) المفاعلات النووية:

المفاعلات النووية عبارة عن منشأت تستخدم لاغراض الحصول علي الطاقة الكهروبائية او تحويل العناصر كيميائية معينة الي عناصر اخري ذات نسطة اشعاعيات تستخدم للتطبيقات الطبية او الصناعية او للبحوث النووية المفاعلة منظومة تولد وتسطر علي انبعاث الطاقة من الانتشار الذرات لبعض المواد تستثمر الطاقة المنبعثة كتوليد البخار لتدمير التوربين وتوليد الكهرباء وفي مفاعلات البحوث فأن الغرض الرئيسي استغلال النيروترونات المتولدة للبحوث يتم فيها السيطرة علي عملية الانتشار النووي بالوقود النووي والذي في الغالب اليورانيوم 235 الي مرحلة ما يسمي بالكتلة الحرجة تعرف الكتلة الحرجة بأنها اقل كتلة مادة معينة كافية لتوليد سلسلة متعافية من الانشطار .

اول من اقترح بناء مفاعل نووي العالم فيرني والذي حاز على جائزة نوبل عام 1938م تم بناء اول مفاعل نووي في العالم عام 1942م والغرض الرئيسي من هذا المفاعل كان لتصبح الاسلحة النووية والتي استخدمت بعد ذلك في هيروشيما ونكزاكي .

(3-2)مكونات المفاعل النووي:

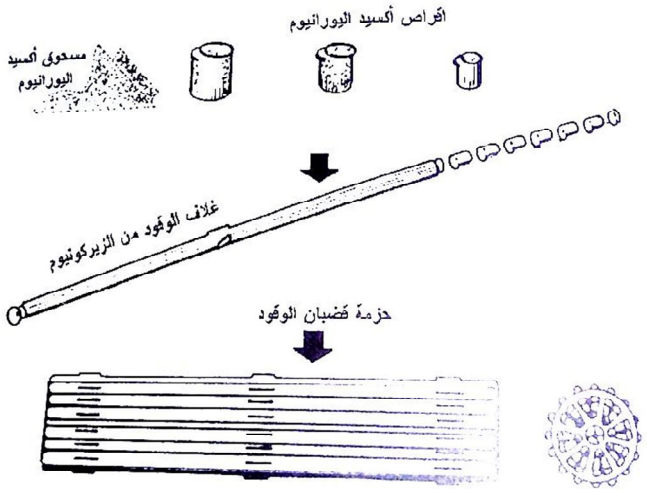
يتكون المفاعل النووي من اربعة عناصر رئيسية وهي:

2-3-1-قلب المفاعل:

يحتوي قلب المفاعل على الوقود النووي وقضبان التحكم والمهدئ والمبرد والعواكس .

(i)الوقود النووي:

عبارة عن قضبان من اليورانيوم او اكسيد اليورانيوم الطبيعي او الثري (المخصب) باليورانيوم 235 ، هذه القضبان مجمعة على هيئة حزم او قطاعات كما في الشكل (2-1) بحيث تسمح للمبرد ان يتدفق خلالها لاستخلاص الجدارة منها ويعتمد الشكل الهندسي لمقاكع الوقود على طريقة التصميم، فاما ان تكون دائرية او سدادسية الشكل او ثمانية .... الخ .



الشكل رقم (2-1) حزم الوقود النووي

(ii) **قضبان التحكم:**

وهي مواد شديدة الامتصاص للنيترونات مثل البورون والكادميوم وهي ايضا مغلفة ويسمح لها بالمرور خلال قطاعات الوقود للتحكم في التفاعل الانتظاري وفي كثير من الاحيان يحتوي قطاع الوقود على قضبان التحكم .

(iii)**المهدئ:**

هو وسط يتخلل قضبان الوقود لتهدئة طاقة النيترونات وفي كثير من الاحيان يكون المهدئ مبردا في نفس الوقت كما هو الحال في مفاعلات الماء المضغوط والماء المغلي ومن اهم خصائص المهدئ ان يكون خفيف الكتلة قليل الامتصاص للنيترونات مثل الكربون والهيدروجين والماء العادي والماء الثقيل .

(iv)**المبرد:**

هو الوسط الرئيسي المسئول عن نقل الطاقة الحرارية من قلب المفاعل الى خارجه للانتفاع بها واهم خصائص المبردات جودة صفاتها الحرارية مع الاحتفاظ بخواصها الميكانيكية والطبيعية وان يكون امتصاصها للنيترونات اقل ما يمكن ومن المبردات المستخدمة: الماء بانواعه والغازات مثل غاز ثاني اكسيد الكربون كما انه هناك مبردات عضوية واخرى غير عضوية واخرى فلزية مثل الصوديوم الذي يستخدم في المفاعلات السريعة المولدة .

(v)**العواكس:**

تزود اطراف قلب المفاعل بعواكس من مواد خفيفة وظيفتها الحفاظ على النيترونات من التسرب خارج المفاعل وعكس بعض النيترونات ثانية الى قلب المفاعل . توضع احيانا عواكس اضافية من اليورانيوم 238 للاستفادة من النيترونات المتسربة خارج المفاعل لتحويل هذه المادة الخصبة الى مادة انظارية مثل البلوتونيوم 239 .

2-3-2 وعاء الضغط:

يصنع وعاء الضغط عادة من الحديد غير قابل للصدأ والذي قد يزيد سمكه على 20سم لكي يتحمل الضغط العالي ودرجات حرارة تزيد على 2000درجة فهو نهيت ودعاء الضغط مصمم بحيث يسمح بمرور انابيب التبريد والكابلات ودوائر الحماية وخفه خارج الوعاء وكذلك تزويده بالدروع والعوازل الواقية .

2-3-3المبادل الحراري:

يستخدم المبادل الحراري عادة في دوائر الديناميكا الحرارية غير المباشرة حيث تنتقل الطاقة الحرارية من دائرة التبريد الاولي والتي تبرد قلب المفاعل الى دائرة تبريد ثانوية ، السبب الاساسي لاستعمال دائرة ثانوية هو الحصول على بخار نظيف خالي من الاشعاعات عكس ما هو متوافر في دائرة التبريد الاولى الذي يكون عادة ملوثا بالاشعاعات بعد ذلك يستعمل البخار لتحريك التربينة ومن ثم توليد الطاقة الكهربائية .

2-3-4**التربينة والمولد الكهربائي وتوابعهما:**

ويمثل هذا الجزء الاستفادة من الطاقة الحرارية وتحويلها الى طاقة ميكانيكية عن طريق التربنية ومن ثم تحويلها الى طاقة كهربائية عن طريق المولد الكهربي وهذا الجزء يشابه مثيلاته في المحطات التقليدية عادة الا في حالة مفاعلات الماء المغلي فتكون التربنية والمكثف وتوابعهما من مضخات وخلافه بمواصفات خاصة تمنع البخار المشع وايضا الماء المشع من الشرب لتقليل فترات الصيانة وضمان عوامل الامان والسلامة .

(2-4)أنواع المفاعلات النووية:

1- مفاعلات الإنشطار النووي: وهي تعتمد على إنشطار نوى اليورانيوم – 235 أو ما تسميه الوقود النووي الطبيعي، وهناك مفاعلات تستخدم الوقود النووي الصناعي، وهو الربوتونيوم – 239 -233 وقد تم بالفعل تجريب هذه المفاعلات في الدول الصناعية الكبري.
2- مفاعلات الإندماج النووي: وهي تعتمد على إندماج النوى الخفيفة وهذه المفاعلات ما زالت قيد التطوير حالياً بغية الإستفادة منها مستقبلاص في توليد الطاقة.

(2-5)تصنيف المفاعلات النووية (Fissions Nudear Reactor classification):

تصنف المفاعلات حسب عدة عوامل منها:

1- حسب طاقة النيوترون أو فعاليته:

أ. المفاعلات السريعة: إن أغلبية الإنشطارات تحدث بواسطة طاقة النيوترونات السريعة ، ويكون معدل الطاقة عدة مئات .

ب. المفاعلات الحرارية: إن أغلب الانشطارات تحدث بواسطة النيوترونات الحرارية.

ج. المفاعلات المتوسطة: والانشطارات في هذا النوع تحدث بواسطة النيوترونات ذات الطاقة المتوسطة.

2- حسب التركيب (الشكل العام) لقلب المفاعل :

أ. المفاعلات المتجانسة : وفي هذه النوع كما ذكرنا فإن الوقود والمهدئ نيوترونات خليطاً أو محلول متجانساً.

ب. المفاعلات المتعايرة أواللامتجانسة : في هذا النوع فغن الووقد يشمل على العناصر المستقلة م المهدئ اتلذي إما أن يكون مادة سائلة أو صلبة.

3-حسب إمكانية إنتاج مواد جديدة قابلة للإنشطار:

أ. مفاعلات محولة: وهي تلك التي تنتج مواد قابلة للإنشطار أقل مما تستهلك ، وتعتبر كل مفاعلات اليورانيوم ضمن هذه المجموعات .
ب. المفاعلات المولدة: وهي تلك التي تنتج مواد قابلة للإنشطار أكثر مما تستهلك، وكمثال المفاعلات الحرارية والمفاعلات السريعة التي تتشتغل على القاعدة نفسها.

4- تصنيف المفاعلات حسب التطبيقات:

أ. فاعلات اختبارية: مثل المفاعلات الضوئية مقدمة بدرجة الصفر الحرارية .
ب. المفاعلات الاثباتية: وهي المخصصة لتقديم الدلائل والبراهين العلمية ولامفاعلات البدائية النماذج الاولة للمفاعلات .
ت. مفاعلات الابحاث: وهي مفاعلات التدفق النيوتروني المنخفض والمتوسط والعالي، ولامفاعلات النابضة ومفاعلات الدفع .
ث. المفاعلات المقامة لغرض التدريب .
ج. مفاعلات القدرة او مفاعلات الطاقة .
والمجموعة الاخيرة من المفاعلات التي تسمى بمتعدده الاغراض نظرا لعدم وضوح المهمة .

وفي الوقت الحالي فان اغلب المفاعلات المنتشرة في العالم تعود الى النوع الحراري المتغاير ، نظرا لانها واهدة فيما يتعلق بالتطبيقات المستقبلية كما ان مفاعلات الابحاث والتدريب تعتبر على قدر كبير من الاهمية لان اغلب تجارب الفيزياء النووية والنيترون وابحاث الكيمياء الاشعاعية تنجز بواسطة هذا النوع من المفاعلات بالاضافة الى استعمالها كمصدر للنيترون .

ان المفاعلات التدريبية – التعليمية الصغيرة المبنية لحساب بعض الجامعات تقوم بمهام التدريب لعلماء المستقبل في الصناعة النووية بجانب تقديمها للابحاث العلمية المفيدة، وفي البلدان الصغيرة يمكن ان تتحول المفاعلات التدريبية الى مفاعلات محددة الاغراض ، يعود ذلك الى امكانية تحديد تصميمها للايفاء بالعرض المطلوب وعلى

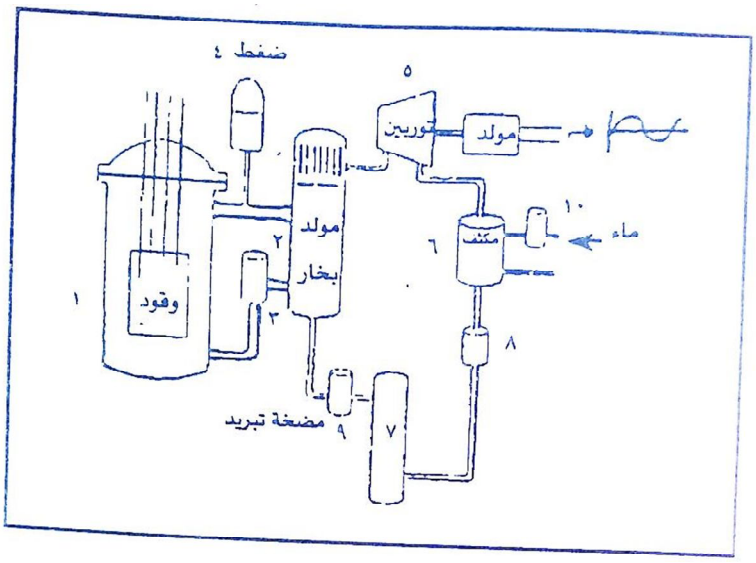
سبيل المثال فان المفاعل النووي نوع (نويجا-2) الذي بنى في المعهد الذري لجامعة فينيا بالنمس يفيد من هذه الانواع ذات الاغراض المتعددة.

ان هذا المفاعل اضافة الى انه مخصص للابحاث، فانه ينتج طاقة تبلغ من 250 كيلو واط الى 25 ميجا واط، كما ان المفاعل النووي الاختياري لجامعة التقنية في بوردابست والذي صمم في مركز الابحاث الفيزيائية والكيميائية اضافة الا استعمالاته في الابحاث اصبح قادرا بعد تحويده على انتاج (الوقود الحرج) منذ سنة 1971 .

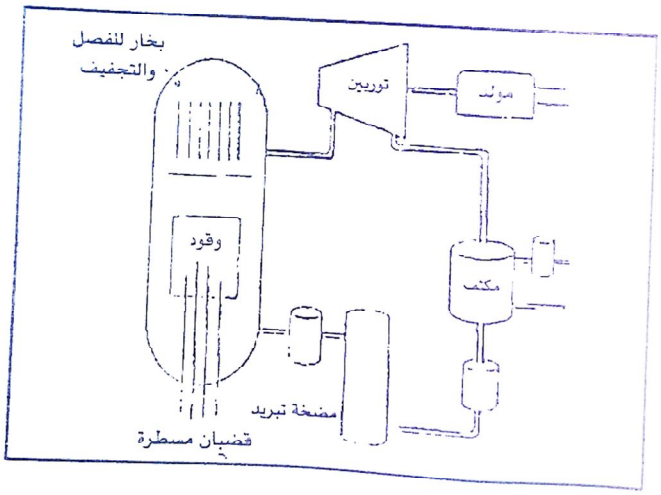
1-5-2 مفاعلات القوى (توليد الطاقة): Energy production Reactor

ان المفاعلات التي تبني لعرض انتاج الطاقة الكهربائية والحرارية تسمى مفاعلات القوى ويمكن اعتبار هذه المفاعلات مصدرا حراريا في محطة القوى النووية .

ويعتمد تركيب محطات القوى النووية هذه على نوع المفاعل المستخدم كما في الشكل (2-2) وفي اغلب محطات القوى النووي التي تعمل في الحاضر فانها تحتوي على مفاعل نووي اما يبرد بالماء المضغوط ويرمز له بالاتيني (PWR) او يبرد من خلال تلطيفه بالماء ويرمز له بالرمز (B.W.R) كما في الشكل (2-3) .



شكل(2-2) رسم تخطيطي لنظام P.VV.R



الشكل(2-3)مخطط انسيابي لنظام B.W.R

هنالك مفاعلات قوى يتم تبريدها بالماء الثقيل ويرمز لها بالرمز (H.W.R واخرى تبرد بالغاز ويرمز لها بالرمز GC.R والنوع الاخير نادر الاستعمال وفي المفاعلات التي تنتجها روسيا يتم استعمال نوع من المفاعلات يماثل تلك التي تبدد بالماء المضغوط (P.W.R بيد انها تحمل الاحرف (V.V.E.R) وهو الاصطلاح الروسي .

ان المفاعلات المولدة للحرارة السريعة لها اهمية خاصة خلال المستقبل لانها بجانب انتاجها للطاقة فانها تستطيع انتاج الوقود النووي الجديد عبر تحويل العطاء العادية كاليورانيوم مخفض U238 الى مادة قابلة الانشطار كما سبق واشرنا الى ذلك .

اسم المفاعل	رمزه	خواصه الاساسية
مفاعل الماء المغلي	B.W.R	يبرد بالماء وضغطه اقل من الف (رطل ؟؟ وحرارته اقل من 500ْ
مفاعل الماء المضغوط	P.W.R	يبرد بالماء المضغوط ويصفح بالذر كونيوم المعالج
مفاعل الماء الثقيل	H.VV.R	يبرد بالماء لاثقيل ويستعمل الماء الثقيل لمدهئ كمهدئ ويضع بالزنكونايل
المفاعل الروسي	V.V.E.R	يبرد بالماء المضغوط
مفاعل الحرارة العالية والمجرد بابعاد	H.T.G.R	يستعمل الجرافيت كمهدئ واليورانيوم المخصب بدرجة عالية لوقود ويبرد بواسطة غاز الهيليوم
مفاعل اليورانيوم (يبوتيريوم كاندو) الكندي	CABDU	يستعمل الماء الثقيل كمهدئ ووقود اليورانيوم ومن مميزاته انه يمكن تحميله

		بالوقود وتفريغه اثناء العمل ووقوده مصفح بسبيكة الزركونايل
مفاعل التوليد السريع ذو المعدن السائل	LMFBR	يعمل بدون مهدئ ويشمل مادة الصوديوم السائلة كمبرد ومصفح بالتنايم وقوده البلوتونيوم المحاط باليورانيوم الطبيعي او اليورانيوم المخفف من النظائر المنشطرة
المفاعل الطبيعي	N.R	يعمل باليورانيوم الطبيعي
مفاعل التوليد	L.W.B.R	يبرد بالماء الخفيف
مفاعل الاندماج بالليزر	L.F.R	يستعمل حزمة الليزر في حث الاندماج
مفاعل هجيني	H.F.FR	يستعمل طبقتي الانشطار والاندماج
مفاعلات التبريد الغازي	G.C.R	تستعمل الغاز كمبرد

جدول (2-1)يوضح انواع المفاعلات وخصائصها

ونتطرق الان بالشرح الى المفاعلات المبردة بواسطة الماء (الخفيف، المضغوط، العالي، الثقيل) وكذلك المبردة بالغاز .

وكذلك الى اهم النواع المفاعلات المسماة بمفاعلات التوليد السريع والتي رمزها L.M.F.B.R.

(2-5-2)مفاعلات الماء الخفيف (LWR) Lightwater Reuc to:

في عام 1957 قررت هيئة الطاقة الذرية الامريكية الاهتمام لنوعين من المفاعلات تعتمد على الماء الخفيف هما:

- مفاعلات الماء المضغوط (P.W.R) .
- مفاعلات الماء الغالي (B.W.R) .

حيث يستخدم الماء الخفيف (العادي) كمهدئ للنيوترونات وكمبرد لقلب المفاعل لاستخلاص الطاقة الحرارية والاستفادة بها، وقد تركت هيئة الطاقة الذرية الباب مفتوحا للقطاع الخاص في تطوير مبدأ استخدام الماء الخفيف لما له من خصائص متميزة:

- رخيص الثمن .
- متوفر بكميات كبرة .
- ناقل جيدا للحرارة .
- ووسط جيد ايضا لتهدئة النيترونات .

ونظرا لاحتمال امتصاص الماء العادي للنيوترونات يكون من الضرورة استخدام اليورانيوم المخصب كوقود، الامر الذي يؤدي الى امكان تصميم المفاعل بحيث تكون كثافة القدرة المتولدة عالية مما يجعل حجم المفاعل صغيرا لنفس القدرة الحرارية .

(i)من اهم مميزات مفاعلات الماء الخفيف:

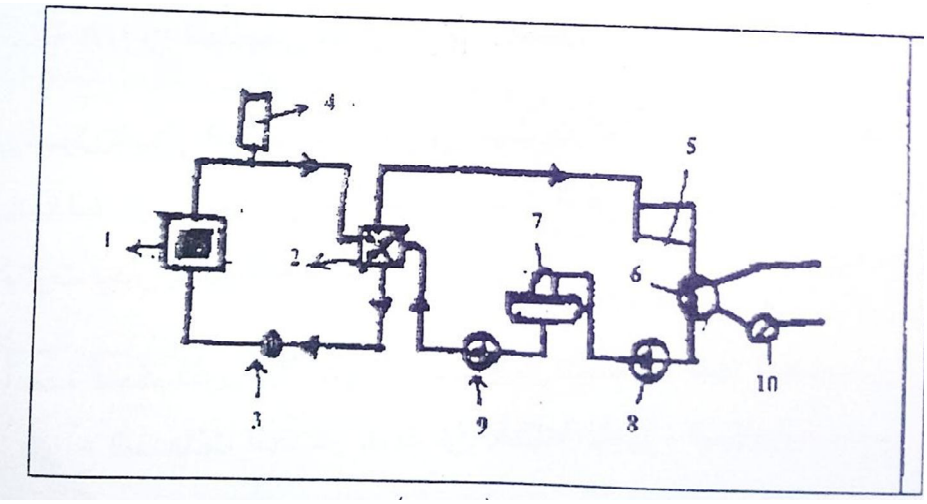
- بناؤها اقل تكلفة واحجامها اصغر من المفاعلات الاخرى .
- كفاءتها العالية نسبيا .

مما يجعل الولايات المتحدة الامريكية الى اقامة عدة مفاعلات من هذا النوع، ونجحت في تسويقها عالميا .

3-5-2 مفاعلات الماء المضغوط: Pressureized water Reacton (P.W.R)

في محطات القوى النووية التي تستعمل مفاعلات يتم تبريرها بواسطة الماء المضغوط تكون الفكرة من ان الماء البارد يوضع تحت ضغط عال جدا للحيلولة دون تبخره، ويعمل في المفاعل عمل المهدئ، ان ابسط مخطط لمثل هذا النوع من المفاعلات موضح وتصل حرارة الماء في بعض الاحيان الى ˚8002 في المفاعل وتنفذ الحرارة الى المرابل – العلاية – وعندها تبرد الى حوالي (ْ2702 او ˚2902) وتعاد الى المفاعل بمساعدة مضخة دوارة .

ان المنظومة التي يحتويها المفاعل والمتكونة من المرجل الغلالية المضخة الدوارة، تسمى بالمنظومة الابتدائية لمحطة القوى النووية، ويتم الحفاظ على ضغط مستمر وثابت عند الحد المطلوب في المنظومة الابتدائية بواطة مضخة خاصة ذات الية تحكم ان البخار المشبع المتكون في الغلاية عند ضغط 4 الى 60جار (حيث – البارد هو وحدة قياس تعادل مليون داين على السنتمتر المربع) ، ذلك البخار يتم توجيهه الى التوربينات دالة توربينية ذات درجة حرارة 25 ومن ثم يوجه البخار الى المكثف "6" حيث يكثف بواسطة الماء البارد المنقول بواسطة المضخة "10" يعاد الماء المكثف بعد ذلك الى المرجل – الغلاية "2" بمساعدة المضخات "9" و"8" بعد ان يمر من خلال وحدة ازالة الغازات "7" وكذلك المسخن المتقدم الذي لم يظهر في المخطط كما في الشكل (2-4) .



(4-2) مخطط يوضح قوى نووية تعمل بالماء المضغوط (كمبرد)

ان المنظومة المتكاملة المغلقة من الوحدات المذكورة اعلاه تسمى المنظومة الثانوية لمحطة القوى النووية .

ان الوقود المستخدم في مثل هذه المفاعلات يتألف مما يقارب من 40-80 طنا من اليورانيوم منخفض التخصيب حيث يتم تغيير ثلث هذه الكمية كل سنة ، القوة الناتجة من كل 1 ديسمتر ^{3} في قلب المفاعل هي 100كيلو واط، كما ان الطاقة النوعية الناتجة التي يمكن ان يصل لها المفاعل هي من 40-30 جيجا واط يوميا كما ان الطاقة النوعية الناتجة التي يمكن ان يصل لها المفاعل هي من 40-30 جيجا واط يوميا لكل طن من الوقود، كما ان فعالية المفاعل من هذا النوع تصل الى 33% .

(i)مميزات مفاعل الماء المضغوط:

- سعة الاتزان الديناميكي لمسايرة تغير الاحتمال .
- وصول البخار النظيف الى التوربين حيث يتم تحويله الى غاز في المبادل الحراري وليس في قلب المفاعل حيث الوقود النووي، ولذا لا يمكن ان يتلوث بخار الماء بالمواد المشعة .
- اعمدة التحكم تكون من اعلى مما يجعل من مفاعلات الماء المضغوط اكثر انواع المفاعل اما فلو حدث ان تعطلت الاجهزة الميكانيكية لاعمدة التحكم فانها تعمل ذاتيا تحت تاثير وزنها .

(ii)عيوب مفاعلات الماء المضغوط:

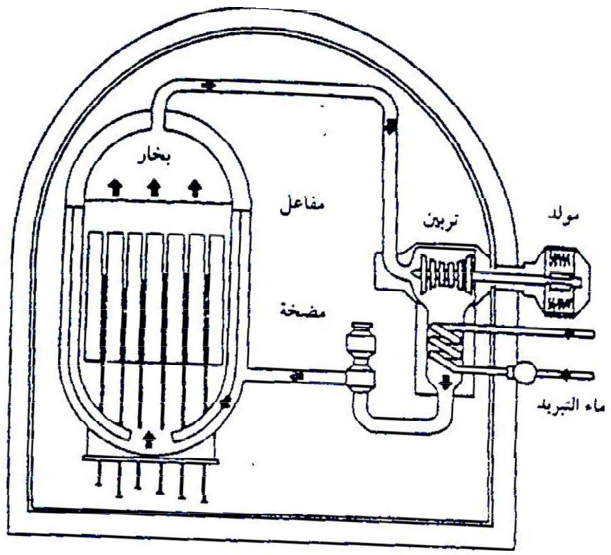
- تكاليف وعاء الضغط في مفاعل الماء المضغوط عالية نسبيا .
- وجود المبادل الحراري وملحقاته يجعل من محطة مفاعل الماء المضغوط اقل كفاءة واعلى تكلفة من محطة الماء الغالي .

وبالرغم من هذه العيوب فان هناك خطة للتعميم استخدام هذا النوع من المفاعلات في المواصفات والسفن النووية .

(4-5-2) مفاعلات الماء المغلي Bolling water Reactor fhwer

يستخدم في هذه المفاعلات الماء الخفيف كمهدئ ومبرد ويسمح له بالغليان في قلب المفاعل، ومن ثم يجمع البخار ويوجه مباشرة الى التوربين ويكون البخار مشبعا ودرجة حرارته حوالي 2750 وضغطه حوالي 70 ضغطا جويا، ويستخدم في العادة وقود ثاني اكسيد اليورانيوم – 235 بنسبة 2.6% المغلف بسبيكة الزروكونيوم .

اما قضبان التحكم فهي من كربيد البورون او من عنصر الكادميوم ويتم تحريكها عن طريق محركات كهربائية تزج بها من اسفل لايقاف الانشطار او التحكم فيه، ويتكون وعاء الضغط من الحديد الصلب المبطن بمواد غير قابلة للصدأ، ويبلغ ارتفاعه حوالي 18m وقطره 7m وسمكه اقل من سمك وعاء ضغط مفاعل الماء المضغوط، وبالتالي فهو اقل تكلفة ويبين الشكل (2-5) رسما تخطيطيا لمفاعل الماء المغلي او الغالي:



الشكل (2-5) رسم تخطيطي

لمفاعل الماء المغلي

(i)مميزات مفاعل الماء المغلي:

- عدم وجود المبادل الحراري ودائرة التبريد الثانوية مما يجعل من مفاعل الماء المغلي اعلى كفاءة، واقل تكلفة من مفاعل الماء المضغوط .

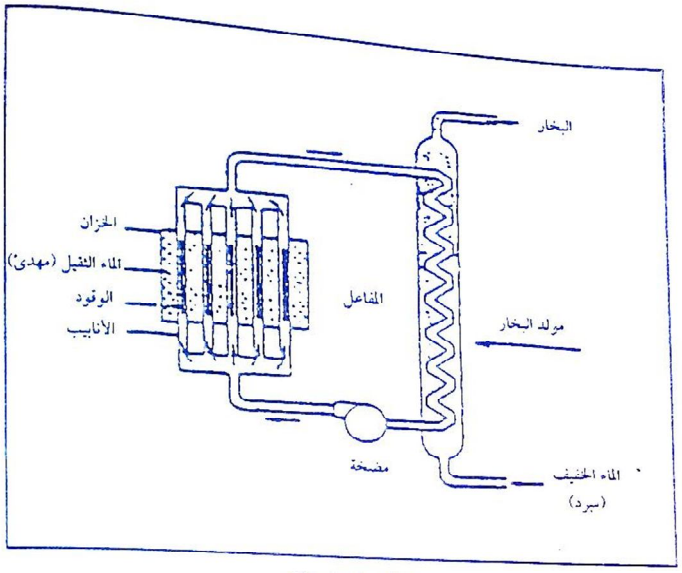
(ii)عيوب مفاعل الماء المغلي:

- التوصيل المباشر بين المفاعل والتوربين يقلل من الاتزان الديناميكي للمفاعل وقابليته لمسايرة تغير الاحتمال .
- دخول البخار مباشرة الى النوربين وهذا البخار ملوث بالاشعاع وبالتالي احتمال تلوث التوربين وتصبح عمليات الصيانة صعبة .
- عدم انتظام فقاعات الغاز اثناء غليان الماء ومشاكل الانتقال الحراري المصاحبة لها .

5-5-2 مفاعلات الماء الثقيل Heary Water Reactor (HWR):

في اوائل الستبينات اقترح الكنديون والفرنسيون استخدام الماء الثقيل (D_2O) كمهدئ ومبرد لقلب المفاعل، الامر الذي مكنهم من استخدام اليورانيوم الطبيعي كوقود نظرا لان امتصاص الماء الثقيل للنيترونات يكاد يكون معدوما وبالتالي تزيد نسبة التهدئة للنيوترونات وتبنى الكندبون مفاعل الكندو (Candu وهو اللفظ المتستف من الاحرف الاولى لمسمى المفاعل بالانجليزية Canadian-Dererium Uranium ويستخدم في هذا المفاعل وقودا اكسيد اليورانيوم الطبيعي المغلف بسبيكة الزركونيوم، ويعمل الماء الثقيل كمهدئ ومبرد في نفس الوقت ، اما اعمدة التحكم فهي من كربيد اليورون .

ونظرا لان المفاعل يعمل تحت الضغط الجوي فان الضغط المرتفع يكون داخل الانابيب المحيطة باعدمة الوقود التي يتدفق فيها مبرد من الماء الثقيل ومن ثم تنقل الحرارة عن طريق بمادلات حرارية الى دائرة تبريد ثانوية م نالماء العادي حيث يتكون البخار الذي بدوره يمر في التوربين كما هو الحال في مفاعل الماء المضغوط ويوضح الشكل (2-6) رسما تخطيطيا لهذا المفاعل .



الشكل (2-6) رسم تخطيطي لمفاعل الماء الثقيل

وقد طورت المملكة المتحدة فكرة مفاعل كندو والدورة المباشرة لمفاعل الماء الغالي فيما اسموه بمفاعلات الماء الثقيل المولدة للبخار Steam Genercting (SGHWR) Heauy Water Reactors .

ويستخدم الماء الثقيل كمهدئ والماء الخفيف كمبرد، حيث يتحول الى تجار كما هو الحال في مفاعل الماء المغلي ولكن داخل انابيب التبريد حيث الضغط المرتفع بينما يبقى ضغط المفاعل تحت ظروف الضغط الجوي .

ويستخدم في هذا النوع اكسيد اليورانيوم الطبيعي المخصب بنظر 235 بنسبة بسيطة تتراوح بين 2-7% من اليورانيوم – 235 نظرا لوجود الماء الخفيف في قنوات التبريد في اعمدة التحكم فهي من كربيد الكربون .

(i)مميزات مفاعل الماء الثقيل:

- ان استخدام اليورانيوم الطبيعي كوقود يجعل الدول التي تشتري هذا النوع من المفاعلات قادرة على انتاج الوقود ذاتيا دون الاعتماد على الدول التي تبيع الوقود المخصب .
- قابلية الماء الثقيل لامتصاص النيوترونات الحرارية ضئيلة جدا بالمقارنة مع الماء العادي .

- يتم وضع الوقود افقيا، وهذا بدوره يسهل عملية شحن وتفريغ قلب المفاعل بالوقود.
- مفاعل الماء الثقيل يسمح بانتاج مادة اليلوتونيوم التي تستخدم في صناعة الاسلحة النووية بكفاءة عالية، وهو ما قامت به كل من اسرائيل والهند في برامجها النووية .

(ii)عيوب مفاعل الماء الثقيل:

- تكاليف مفاعل الماء الثقيل اكبر بكثير من نظيره الذي يستخدم الماء العادي نظرا لكبر حجم مفاعل الماء الثقيل الذي قد يصل الى سبعة اضعاف نظيره فضلا عن تكلفة الماء الثقيل تجاريا .

2-5-6المفاعلات المبردة بالغاز Gas – Cooled Reactor

في اوائل الخمسينات انشات بريطانيا المفاعلات النووية المبردة بغاز ثاني اوكسيد الكربون والتي تستخدم الجرافيت كمهدئ للنيترونات واليورانيوم الطبيعي المغلف بسائل الماغنيسيوم كوقود اما قطبان التحكم في التفاعل المتسلسل فكانت من البورون .

(i)مميزات المفاعلات المبردة بالغاز:

- استخدام اليورانيوم الطبيعي .
- خلو البخار من الاشعاع .

(ii)عيوب المفاعلات المبردة بالغاز .

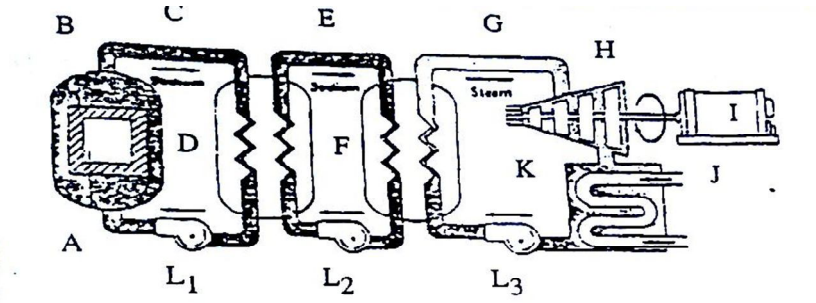
- تدني الكفاءة .
- التاثيرات السيئة لغاز Co2 الذي يتحول الى مادة تساعد على التآكل بشدة عند درجات الحرارة العالية .
- ظهور طاقة وحيز الكامنة في الجرافين المشع في قلب المفاعل والذي ادى الى حادثة ونر سكيل ستة 1957م ولقد ادى ظهور هذه المشاكل الى فشل المملكة المتحدة في تسويق هذا المفاعل الى الدول الاخرى .

7-5-2 المفاعلات الولودة السريعة Fast Breeder Reactor :

يعتمد مبدأ التفاعلات الولودة السريعة على استخدام النيترونات السريعة دون ابطائها، وبالتالي لا تستخدم فيه المبردات ذات الوزن الذري الصغير، ولا الماء على الاطلاق وبدلا عن ذلك تستخدم الموائع المعدانية مثل الصوديوم السائل (ينصهر عند 1002 ويغل عند ˚952 في تبريد المفاعل .

وتقل الطاقة الحرارية الى مبادل حراري يتم فيه تبخير الماء وتوجيهه الى التوربين .

ويستخدم هذا النوع من المفاعلات الوقود المخطط من ثاني اكسيد اليورانيوم (Uo_2) وثاني اكسيد البلوتونيوم (Ruo_2) بالاضافة الى اليورانيوم 238 بنسبة 80% والمغلف بالحديد غير القابل للصدأ حيث يتحول اليورانيوم 238 الى البلوتونيوم 2390 الانشطاري، اي يقوم المفاعل بتوليد مواد انشطارية جديدة مما يجعل نسبة توليد المواد المنشطرة اكبر من الواحد الصحيح، لذلك سميت بالمفاعلات الولودة ويوضح الشكل (2-7) رسما تخطيطيا للمفاعلات الولودة .



شكل (2-7) مفاعل توالدي يبرد بالصوديوم المنصهر:

مفاعل توالدي يبرد بالصوديوم المنصهر:

A= قلب المفاعل

B= طاقة من اليورانيوم 238

C= صوديوم منصهر للتبريد قلب المفاعل

D= المبادل الحراري الاول

E= صوديوم منصهر

F= المبادل الحراري الثاني

G= بخار ماء

H= توربين

I= مولد كهربي

J= ماء للتبريد

L_1, L_2= مضخة لدفع الماء من الصوديوم المنصهر

L_3= مضخة لدفع الماء من المكثف

(i)مميزات المفاعلات الولودة السريعة:

- قلب المفاعل صغير جدا بالنسبة للمفاعلات الاخرى كما ان كثافة قوة القلب اكثر بكثير من مثيلتها في المفاعلات التي تعمل بالماء المضغوط (PWR) ومن المرجح ان تكون مرتفعة بعدة مئات من الكيلو واط لكل ديسمتر 3 .
- الكفاءة العالية لتوليد البخار بدرجة حرارة تزيد عن°5002 وضغط 170 جوي .
- قلة تكاليف دورة الوقود النووي نتيجة توليد مواد انشطارية جديدة .

(ii)عيوب المفاعلات الولودة السريعة :

- ان المشكلات الرئيسية التي يتعرض لها هذا النوع وغيره من محطات القوى هي الاخطاء التكنولوجية، فمثلا اذا توقفت دورة التبريد لاي سبب من الاسباب فان عنصر الصوديوم المستخدم في التبريد ينصهر ويتعرض عنصر البلوتونيوم للجو فيتاكسد ويصبح مادة هشة على شكل رماد او غبار يسهل تطايرها في الجو فيستنشقها الانسان .

هذه المفاعلات تستخدم الصوديوم بدلا من الماء في التبريد ولذلك بعض المساوي .

أ/ الصوديوم عنصر معتم وليس شفاف مثل الماء، ولذلك يصعب رؤية ما يحدث داخل المفاعل وخاصة عند اجراء صيانة او اعادة شحن المفاعل .

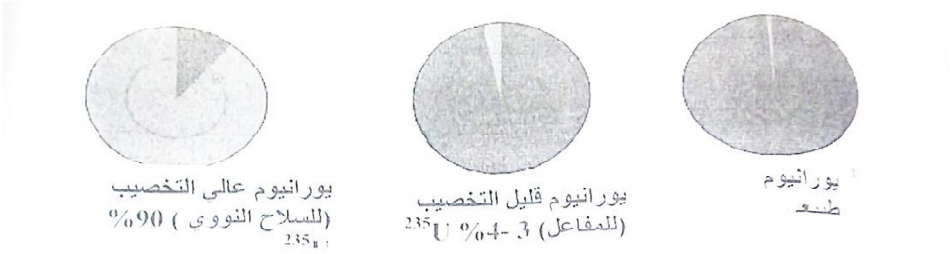
ب/ ينتج عن تعرض الصوديوم للنيوترونات ان يتحول الى نظير Na^{2u} وهو عنصر مشع نصف عمره 15 ساعة والمدة الكافية لكي يضعف الاشعاع الصادر عنه ويصبح غير ضار لا تقل عن 14 يوم .

ج/ من المشكلات ايضا عملية فصل الصوديوم عن الماء المستعمل في الغلاية للحيلولة دون حدوث انفجار حيث ان الصوديوم المستعمل للتبريد يصبح له نشاط اشعاعي عالي في المفاعل الامر الذي يتوجب مع عدم ايصاله بالماء ولا يزال هذا النوع من المفاعلات تحت البحث والدراسة خصوصا من حيث عوامل الامان فيه، ولكن تظل المفاعلات المولدة هي الوحيدة ذات المستقبل المنتظر، في حيث لا تعدوم الانواع الاخرى كونها لفترة انتقالية الى ان يتم تحسين وتطوير المفاعلات المولدة حيث تعتبر هي الهدف الاسمى للابحاث النووية في الدول العظمى .

6-2 تخصيب اليورانيوم uranium enrichment

عملية التخصيب عبارة عن عزل نظائر محددة من عنصر ما تعرض زيادة تركيزه . فعلي سبيل المثال تعزل نظائر اليورانيوم 235 من اليورانيوم الطبيعي للحصول علي اليورانيوم المخصب والنظير المتبقي من الفصل يسمي باليورانيوم المخصب .

وتمم عملية اليورانيوم علي مراحل كما في الشكل (2-8) حيث يتم في كل مرحلة عزل كميات اكبر من النظائر مرغوبة حيث يزداد العنصر تخصيباً بعد كل مرحلة لحد الوصول الي نسبة النقاء المطلوبة وعادة ما تكون نسبة التخصيب قليلة للمفاعلات كبير للسلاح النووي



شكل (2-8) اليورانيوم الطبيعي والمخصب كوقود مفاعل اوقد سلاح نووي

المخصب عبارة عن يورانيوم تمت زيادة نسبة نظائر اليورانيوم -235 فيه وعملية التخصيب من التكنولوجيا السرية ومعلوماتها التفصيلية غير متاحة وصعبة ومكلفة وتكمن الصعوبة ان النظائر الذي يراد ازلتها من اليورانيوم قريبة جداً من ناحية الوزن للنظائر الذي يرغب بالابقاء عليها .

اليورانيوم هو المادة الاساسية للخام للمفاعلات النووية اكتشفه الكيمائي الالماني كلابروت عام 1789م حيث وجده في البتشيلند وهو معدن داكن اسود مزرق اللون وقد سمي اليورانيوم علي اسم كوكب اورانوس وهو مصدر الطاقة المستخدمة في توليد الطاقة الكهربائية في كل محطات القدرة النووية الكبيرة.

وفي عام 1841م فصل الكيميائي الفرنسي بليجو اليورانيوم النقي من البتشيلند الوزن الذري لليورانيوم 238.0289 وكثافة = 19.05جم/ سم3 وينصهر اليورانيوم

عند 1.132 م ويغلي عند 3.818م . وهو ينتمي الي مجموعة العناصر المسماه سلسلة الاكتيندات .

يتحد اليورانيوم بسهولة مع عناصر الاخري لذلك يكون بشكل اكسيد او كربونات او فوسفات او فلوريد او كبريتات ويتفاعل اليورانيوم مع الاحماض مكوناً مركبات تسمي املاح اليورانيل .

يوجد في الطبيعة عادة مكوناً مركبات مع الاكسجين وفي معظم المياه السطحية والجوفية ويستخلص من طبقات الارض او عن طريق التعدين من باطن الارض لان المصدر الاساسي لليورانيوم هو اليورانينين ومن اهم انواعه البيشيلند الذي اكتشف فيه اليورانيوم لاول مرة الخامات الرئيسية الاخري اليورانوفات والكارنوتيت وقد يكون ناتج عرضي لبعض الصناعات كما في صناعة الاسمدة الفوسفاتية لاحتواء الحجر الفوسفاتي علي ترسبات من خامات اليورانيوم يمكن استخلاص اليورانيوم منها .

وفي منطقة القائم غرب العراق كانت هنالك منشاه لتصفية حامض الفوسفوريك وتنقيته بقية للحصول علي الكعكة الصفراء (u3 o8) ثم تدميرها في حرب الخليج الثانية في نهاية التسعينات القرن العشرين بلغ اجمالي انتاج العالم السنوي من اليورانيوم هو الي 35.000 طن متر وتأتي كندا في مقدمة الدول المنتجة لليورانيوم في العالم يستخلص (يعدن) اليورانيوم بثلاث طرق رئيسية وهي :-

أ. التعدين المحلولي المكاني :

بعد انزال كواشف الاشعاع في ثقوب تحضر في باطن الارض وعندما تكون محلول خاص عبر تلك الثقوب لتذيب اكاسيد اليورانيوم ويضخ المحلول بعد ذلك الي حاويات موضوعة علي السطح .

ب. التعدين الارضي :

يستخدم التعدين الارضي في حالة وجود خام اليورانيوم بعيداً عن السطح تحفر شركات التنقيب انفاقاً داخل الترسبات وبعد ذلك يحفر المنقبون ثقوباً داخل جدران الانفاق لملأها بالمفجرات التي تكسر الخام والذي يدفع بعد ذلك الي السطح .

ت. التعدين المكشوف:

في هذا التعدين تستخدم المفجرات لتفتيت الصخور التي تغطي ترسبات اليورانيوم قرب سطح الارض يحفز المنقبون تقريباً تملأ بالمتفجرات وبعد الانفجار تستخدم جرافات ضخمة لابعاد الكتل الصخرية و جرافات اصغر لاستخراج خام اليورانيوم.

تنتقل خامات اليورانيوم من المنجم الي مطحنة لتركيز اليورانيوم وفي المطحنة يستخدم العاملون حمض الكبريتيك او محاليل الكربونات لانتاج اوكسيد اليورانيوم

($u_3\ o_8$) (الكعكة الصفراء).

يتفاعل الاوكسيد مع الفلور في معمل التحويل لانتاج سادس فلوريد اليورانيوم (vf_6) والذي ينتقل الي محطة التخصيب لفصل اليورانيوم 235 عن اليورانيوم238 وينتج عن هذا الفصل يورانيوم مخصب يحتوي على نسبة من اليورانيوم 235 اعلى من النسبة التي يحتويها اليورانيوم الموجود في الطبيعة .

ينقل اليورانيوم المخصب الذي يراد استخدامه في المفاعلات الي محطة ضخ الوقود لتحويل سادس فلوريد اليروانيوم الي ثاني اكسيد اليورانيوم الذي يضخ بسكل اقراص اسطوانية الشكل تستخدم وقوداً للمفاعلات .

تستخدم معظم المفاعلات النووية في محطات القدرة النووية وقوداً يحتوي على اليورانيوم 235 بنسبة تخصيب تتراوح بين 2% -4%تقريباً.

اما الاسلحة النووية ومفاعلات السفن التي تعمل بالقدرة النووية فتتطلب نوعاً من اليورانيوم يحتوي علي اليورانيوم 235 بنسب اعلي من ذلك ينشطر اليورانيوم 235 الي جزئيين عند قذفه بنيوترون وتنطلق عن ذلك طاقة كما يطلق نيوترونات او اكثر وتسبب هذه النيوترونات بدورها انشطار نوي اخر مطلقة ايضاً ونيوترونات وتحت ظروف معينة يمكن لهذه العملية ان تستمر في سلسلة من الانشطارات ذاتية الاستمرار تسمي التفاعل المتسلسل ولا تشطر نواه اليورانيوم 238 عند قذفها بينوترون الا نادراً وذلك لانها عادة تمتص النيوترونات التي تصطدم بها .

واليورانيوم الطبيعي يتكون من عدة نظائر اهمها نظير اليورانيوم 235 نسبته 0.7% وهو نظير له القابلية علي الانشطار وهو الجزء المرغوب فيه لكونه افق من ناحية الكتلة من الاجزاء الاخري .

والنظير الثاني هو اليورانيوم 238 نسبته 99.8 % اليورانيوم

وينجم عن ذلك انطلاق طاقة هائلة وحينما نشطر ذرة من اليورانيوم 235 فأنها فأنها تطلق في المعدل 2.5 نيوترون جراء الانشطار الاول لنواه ذرة اليورانيوم 235 وهذا يكون كافياً لبدء الانشطار كافي عندما تتواجد الي جانبها ذرات اخري من اليورانيوم وبالتالي تنطلق نيوترونات اخري وهكذا ولا يحدث التفاعل النووي الا اذ توافرها يكفي من ذرات اليورانيوم -235 الكتلة الحرجة) بما يسمح بأن تستمر هذه العملية بشكل متسلسل يتواصل من تلقاء نفسه واثناء هذه السلسلة المتعاقبة من الانشطارات في نواه الذرات التي يفقد الكثير من النيوترونات المتكونة الي سطح الشكل الكروي ولكن الكمية المتكونة في الداخل كافية لأدامة عمليات الانشطار واذا كان العنصر المستخدم في عملية الانشطار النووي يتطلب قصفاً مستمراً بالنيوترونات لتحفيز الانشطار الاولي للنواه فأن هذه كتلة قادرة علي تحمل سلسلة متعاقبة حتي بدون تحفيز خارجي بواسطة تسليط نيوترونات خارجية فيطلق علي هذه الحالة الكتلة الفوق الحرجة وهي المرحلة المطلوبة لتصنيع السلاح النووي .

لذلك فإن الوقود المهم في المفاعلات النووية هو اليورانيوم 235 والذي يتم زيادة نسبته بعملية تعرف بالتخصيب وهو عملية زيادة نسبة اليورانيوم -235 في اليورانيوم الطبيعي وتتم عملية التخصيب علي المراحل حيث يتم في كل مرحلة عزل كميات اكبر من النظائر الغير مرغوبة وبذلك يزداد العنصر تخصيباً بعد كل مرحلة لحد الوصول الي نسبة النقاء المطلوبة وعملية التخصيب هذه صعبة ومكلفة وتكمن الصعوبة ان النظائر الذي يراد ازالتها من اليورانيوم شبيه جداً من ناحية الكتلة للنظائر التي يرغب بالابقاء عليها وتخصيبها اليورانيوم المخصب عبارة عن يورانيوم تمت زيادة نسبة نظائر اليورانيوم -235 فيه وعملية التخصيب من التكنولوجيا ومعلوماتها التفصيلية غير متاحة وصعبة ومكلفة وتتمكن الصعوبة ان النظائر الذي يراد ازالتها من اليورانيوم شبيهة جداً من ناحية الوزن للنظائر الذي يرغب بالابقاء عليها من اهم طرق التخصيب.

1-6-2 التخصيب بطريقة الانتشار الغازي : gaseous diffusion method

تعتمد طريقة الانتشار الغازي علي التدفق او الانتشار الجزئي (effusion) لغاز uf6 الذي تحصل عليه عند تسخن uf_6 الذي تحصل عليه عند تسخن uf_6 الصلب ليكون غازاً يضخ الغاز بقوة عبارة غشاء رقيق ضخم يحتوي علي ملايين الثقوب الصغيرة . يجبر الغاز بالمرور خلال الثقوب بسبب التصادم الكثير لجزئيات الغاز عند الطرق ذات الضغط العالي لان 238 u اقل من u235 فأنها تمر عبر غشاء بسهولة وبتلك يمكن الفصل الغازيين كما في الشكل (2-9) ويزداد تركيز u235 لقد وجد بان كمية الغاز المتدفق من منطقة الضغط العالي الي منطقة الضغط الواطئ خلال الغشاء الدقيق

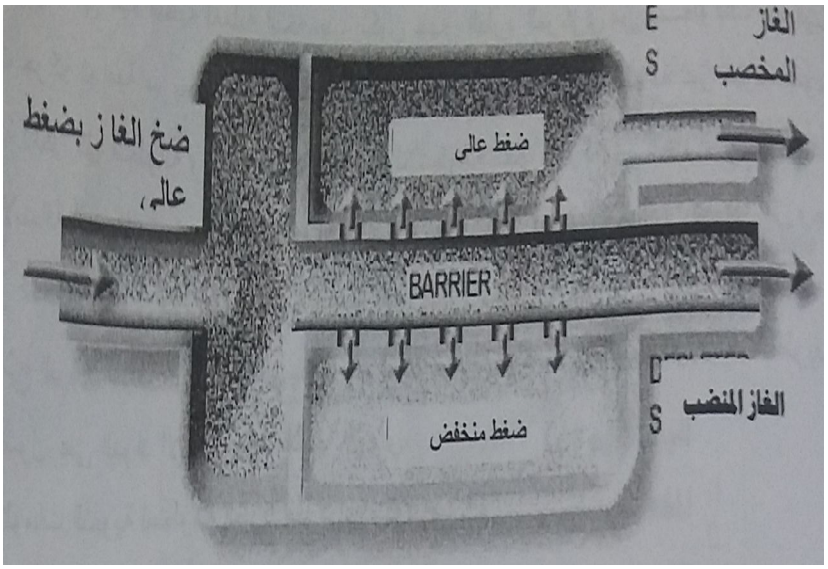
يتناسب عكسياً مع الجزر التربيعي لكتلته الوزن الجزئي اي ان الجزئيات الخفيفة تمر عبر الغشاء اسرع من الجزئيات الثقيلة نسبة الزمن المستغرق لتدفق نفس الكمية من الغازين aوb عبر الغشاء هي :

معدل التدفق للجزئيات (A) معدل التدفق للجزئيات (B):

$\frac{1}{2}$ (الوزن الجزئي للجزئيات A) $\frac{1}{2}$ (الوزن الجزئي للجزئيات B)

تستخدم غاز سادس فلوريد اليورانيوم (uf6) في هذه الطريقة لان نظير واحد فقط يمكن التعامل معه في درجات الحرارة الاعتيادية ويذوب في الماء يكون (uf6) صلباً في درجات الحرارة الاعتيادية ويتحول الي غاز في حوالي 56.4 درجة سليزية ويحتوي البخار علي $(uf_6)^{235}$ و$(uf_6)^{238}$.

في عملية التخصيب تضخ كميات كبيرة من غاز (uf_6)الي اسفل وعاء مقسوم الي جزئين بأستخدام غشاء دقيق ضخم علي ملايين الثقوب الصغيرة جداً وبهذه الطريقة يتم انتشار اليورانيوم 235 بسرعة اكبر نسبة الي اليورانيوم 238 (شكل2-9).



الشكل (2-9)منظومة الانتشار الغازي

ان معدل سادس فلوريد اليورانيوم للنظرين :-

= معدل التدفق للجزئيات $(uf_6)^{235}$) معدل التدفق للجزئيات $(uf_6)^{238}$)

= (349/352) ½ = 1.004 العدد الكلي للفلور = 19 فيكون العدد الكتلي $(uf_6)^{235}$

= 235 +6×19 = 349

نلاحظ ان الفرق في معدل التدفق للجزئيات قليل جداً ويساوي 0.004 بأستغلال الفرق القليل في معدل التدفق تجمع كميات قليلة من اليورانيوم -235في كل مرحلة ونظراً لان هذه الزيادة طفيفة جداً فأن الغاز يجب ان بعبر الحاجز الاف المرات لزيادة تركيز اليورانيوم 235 والحصول علي اليورانيوم المخصب الذي يراد استخدامه في محطات القدرة النووية او في السلاح النووي هذه الطريقة من اقدم طرق التخصيب وهي ذات كلفة عالية لانها تحتاج معدات ضخمة وطاقة كهربائة كثيرة تستخدم هذه الطريقة في الولايات المتحدة وبلجيكا .

2-6-2التخصيب بطريقة الطرد المركزي:

تستخدم هذه الطريقة اجهزة العدد المركزية هي عبارةعن اسطوانات من الحديد المقاوم للصدأ تدور بسرعة عالية جداً وبحركة درامية فيتحرك غاز سادس فلوريد اليورانيوم 235 نحو مراكز الجهاز اما الغاز المحتوي علي فلوريد اليورانيوم 238 فيتجمع علي الجدران لتقله ويسحب الي اعلي الجهاز وبذلك يمكن فصلها.

طريقة العدد المركزية تستخدم في اوربا واليابان واستخدمت في العراق وتجرب ايران في الوقت الحاضر في هذه التقنية لعملية التخصيب يتكون جهاز العدد المركزي من اسطوانات عمودية ذات حركة دوامية سريعة ويضخ غاز فلوريد اليورانيوم في كل اسطوانة عبر انبوبة عمودية ثابتة داخل كل اسطوانة وتجبر الحركة الدوامية للاسطوانة الغاز للحركة في اتجاه الجدران المنحنية و بالاضافة الي ذلك تساعد مجدفة متصلة بقاعدة الانبوبة الثابتة في انسياب الغاز عمودياً من وجهة نظر التسابق النووي بمعدل قنبلة او اثنين سنوياً وقد استخدمت الباكستان وجنوب افريقيا هذه الطريقة للحصول علي الانشطارية لسلاحها النووي .

المنظومات الثانوية لمنظومة العدد المركزي تتكون من :

1. الدوار والغطاء النهائي rotorand and cap
2. منظومات التعليق وسطوح الارتكاز
3. المحرك الكهربائي ومجهز القدرة.
4. مجدفة ومصدات.
5. منظومة تفريغ.
6. الاغلقة لان (uf_6) له قدرة علي تأكل المعادن لذلك فأن جميع المكونات التي تكون في اتصال مباشر مع (uf_6) تصنع من مواد مقاومة للتأكل قدرة الفصل تزداد بزيادة طول الدوار وسرعته تعتمد سرعة جدار الدوار علي :

أ. النسبة بين متانة الدوار ووزنة لذلك فأن المادة المهمة لتصنيع الدوار هو سبيكة من الالمنيوم او التيتانيوم والمادة الشائعة الاستخدام لتصحيح الدوار في الوقت الحاضر نوع الحديد يسمي maraing steel وتصل سرعة الدوار المصنع من هذه المادة 500 م ثانية.

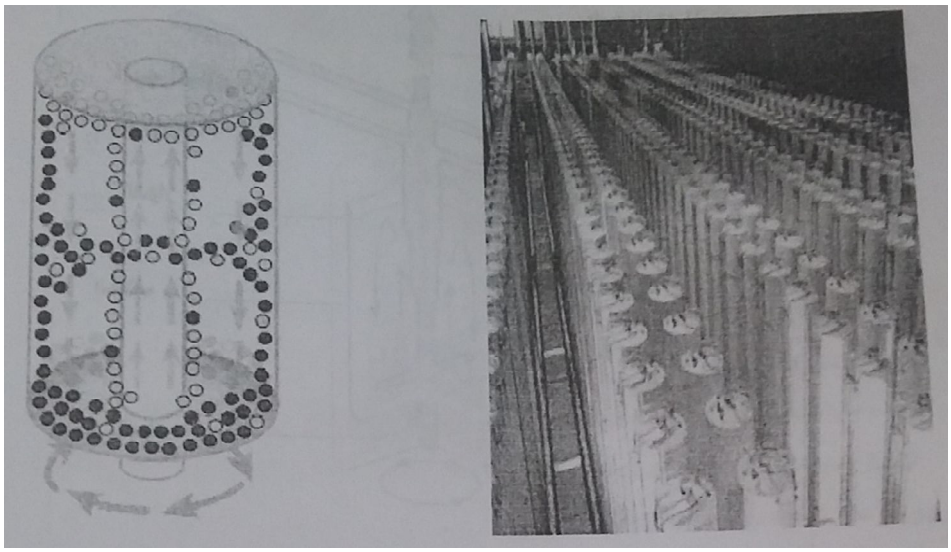
ب. التحديد الاخر لسرعة جدار الدوار يعتمد علي الزمن التشغيلي لسطوح الارتكاز bearing في تعايش الدوار العليا والسفلي شكل (2-10أ) .

ت. الاهتزاز الذي يحصل للدوار عند دورانه لذلك يجب موازنة الدوار لتقليل الاهتزاز لغرض تجنب فشل منظومات التعليق وسطوح الارتكاز لانه لا يمكن موازنة الدوار بشكل دقيق ويصنع منظومات التعليق بحيث تكون لها القابلة علي توهين جزء من الاهتزاز بسبب تأثيرات الحركة الدوامية بالاسطوانة وحركة المجرفة وفروق درجات الحرارة ينساب الغاز بنمط معتمد ويصبح الغاز القريب من قاعدة الاسطوان مركزاً واليورانيوم 288 اكثر من الغاز العلوي وتزيل المجرفة السفلية النفايات الغازية التي تحتوي علي تركيزات اعلي نسبياً من اليورانيوم 238بينما تزيل المجرفة العلوية الغاز المخصب الذي يحتوي علي اليورانيوم 235 يتركيز اعلي شكل (2-10ب) وتكرر العملية حتي يتم الحصول علي التركيز المطلوب من اليورانيوم 235 استخدمت هذه الطريقة في الهند وباكستان و العراق وايران وكوريا الشمالية .

شكل أجهزة الطرد المركزي:

أ. مجموعة من أجهزة الطرد:

ب. جهاز واحد يوضح الدوار. والغطاءالنهائي وجزيئات U 235 ذات اللون الفاتح U 238 ذات اللون الداكن.



الشكل(2-10أ)مجموعة من اجهزة الطرد الشكل(2-10ب) جهاز واحد يوضح الدوار في الغطاء النهائي وجزئيات u235

3-6-2 التخصيب بطريقة الليزر:

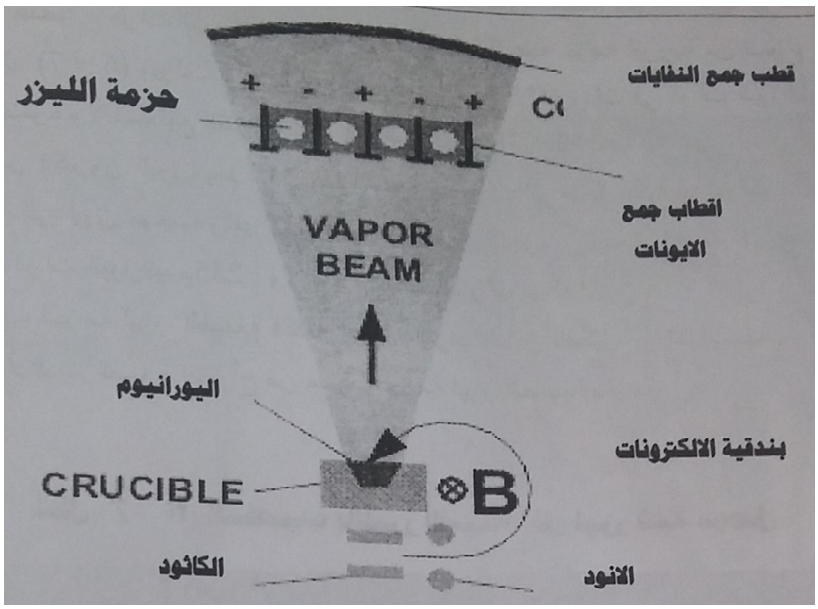
تم تطوير تقانة التخصيب بإستخدام الليزر منذ 1970م ونفذت بحوث ودراسات وتصنع منظومات متطورة المكونات لمنشاءات التخصيب بالليرز من:

أ. أجهزة لضخ بخار اليورانيوم المعدني أو بخار مركبات اليورانيوم.

ب. أجهزة لجمع معدن اليورانيوم المخصب والمنضب كنواتج من المرحلة الأولي وأجهزة لجمع المركبات المتفاعلة أو المدخلة كنواتج أو مواد غير متأثرة بعملسة الفصل في المرحلة الثانية.

ت. منظومات ليزرية مناسبة للإثارة 235U.

ث. أجهزة ضخ المواد وتحويل النواتج.



شكل (2-11) التخصيب بالليزر

أساس هذه الطريقة إختلاف نظائر اليورانيوم للإمتصاص الطيف الضوئي المتسلط. يستخدم الليزر لفصل نظائر اليورانيوم -238 عن اليورانيوم-235 المنظومات المستخدمة الآن لتخصيب بالليزر على نوعين:

أ. الفصل الليزري بإستخدام البخار الذري:laserisotope atmie vapor separration(AVLIS)

أساس هذه الطريقة هو إمتصاص ذرات اليورانيوم -238 للضوء ذات الترددات (الألوان) المختلفة – توضح كمية من اليورانيوم في قاعدة حاوية مغلقة وتوجه عليه حزمة من الإلكترونات فتتحول ذرات اليورانيوم إلى غاز تسقط عليه حزمة ليزرية من نوع (ليزر الصبغة) يولف تردد الحزمة بحيث تستطيع الإلكترونات ذرات اليورنيوم 238.

وعندما يمتص إلكترون اليورانيوم 235 هذا الضوء يحصل على طاقة تكفيه لترك الذرة فتتحول الذرة المتزنة إلى ايون موجب وتغير هذه العملية التوازن الكهربائي للذرة المستقرة وهكذا يؤين ضوء الليزر ذرات اليورانيوم 235- ولا يؤين ذرات اليورانيوم 238 يستخدم مذبذب لحزم ليزر الصبغة فائدة إعطاء التردد الدقيق للفصل، والتوقيت والسيطرة النوعية – تزداد قدرة الضوء الخارج من مذبذب حزمة ليزر الصيغة بعد مروره على مضخم

تنحرف ايونات اليورانيوم -235 بإستخدام مجال كهربائي ساكن Elect statist filed) وتتجه إلى أعلي الحاوية نحو ألواح تجميع سالبة الشحنة فعند صعود الغاز الساخن إلى قمة الحاوية تجذب أيونات اليورانيوم 235 الموجبة نحو الواح التجميع التي تكون أبرد م الغاز فيتكاتف اليورانيوم 235 عليه ويقطر على ألواح التجميع إى حاويات خاصة مكوناً كتلة صلبة تجمعوتنقي وتؤكسد لإستخدامها وقوداً نووياً . في نفس الأثناء ينتقل اليورانيوم 235 المتعادل كهربياً عبر الألواح المشحونة ثم يتكاثف فوق لوحة نفايات قرب قمة الحاوية. وتوجد طريقة أخري ضمن هذه التقانة حيث تقوم حزمتان ليزريتان معاً لتاين ذرات اليورانيوم 235 والبخار الناتج عن النسخين الكهربائي لقطعة يورانيوم . وتقوم لوحة موجبة الشحنة بتجمع أيونات اليورانيوم 235 تاركة بخار ذرات اليورانيوم 238 تخرج عبر فتحة في قمة الحاوية. وتستهلك طريقة فصل نظائر بالليزر طاقة كهربائية أقل بكثير من التي تستهلكها بطريقة الإنتشار الغازي كما أن تكلفة معدات طريقة الفصل بالليزر أقل بكثير من تكلفة معدات طريقة الطرد المركزي ولذلك تجري الشركات المدعومة حكومياً و فرنسا واليابان والولايات المتحدة تجارب للإستخدام طريقة فصل النظائر بالليزر.

من مزايا هذه الطريقة هو معامل الفصل الكبير وإستهلاك طاقة أقل (مساوي تقريباً للطاقة المستهلكة في طريقة الطرد المركزي كميات قليلة من النفايات . من مساويها هو صعوبة التقنية وكلفتها العالية وخاصة بالنسبة للدول محدودة القدرات التقنية تحتاج الطريقة إلى معدات متطورة يعتمد عليها و العمل لفترة طويلة من الزمن في بيئة قاسية .

ب. الفصل الجزئي للنظائر باستخدام الليزر separation (mlis molecvlar laser isotope)

وضعت فكرة هذه الطريقة من قبل مجموعة من العلماء الأمريكان في مختبرات لاس الموس عام 1971م تتضمن الطريقة مرحلتين رئيسيتين :

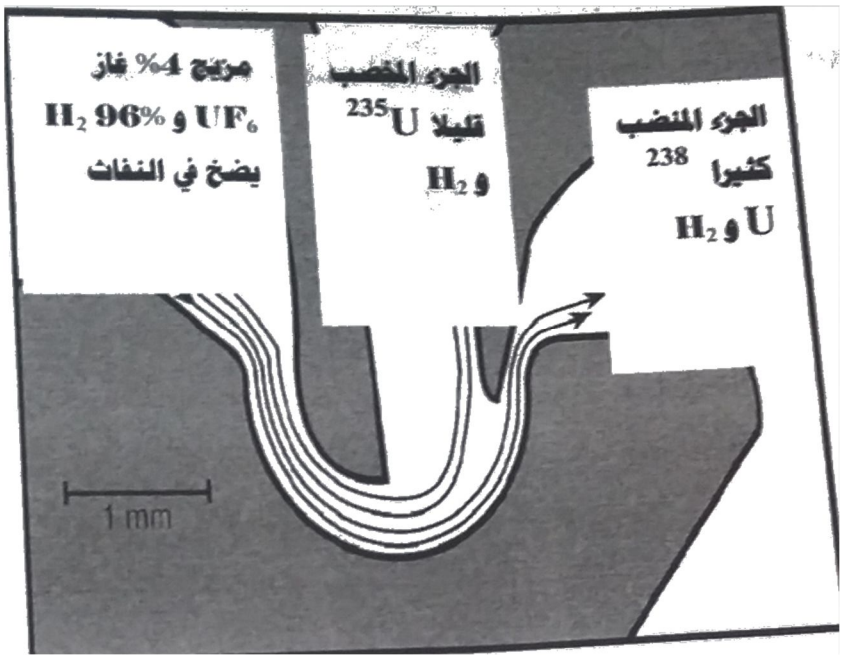
الأولي: تشميع سادس فلوريدا اليورانيوم بحزمة بغاز خفيف آخر وتعريضه للأشعة فوق البنفسجية فإن نظائر اليورانيوم تختلف نسبة إمتصاص الليزر يمتص اليورانيوم-235 أشعة الليزر بطول موجي محدد مما يؤدي إلى تهيج ذراته ويسهل تفاعله مع ذرات عناصر أخري لا يتفاعل معها في الحالة الإعتيادية وهكذا يمكن فصله عن اليورانيوم - 238 الذي لا يتجاوب مع اشعة الليزر.

الثانية: توجيه فوتونات من منظومة ليزرية أخرى للأشعة تحت الحمراء أو فوق البنفسجية والتي تقوم بتفكيك $^{235}UF_6$ المتهيج إلى $^{235}UF_{15}$ وذرات الفلور الحرة.

مركب $^{235}UF_5$ المتكون من عملية التفكيك يترسب من الغاز بشكل مسحوق والذي يرشح من الغاز وكل من مرحلة تتطلب تحويل نواتج $^{235}UF_5$ مرة أخرى $^{235}UF_6$ لزيادة نسبة التخصيب ليزر الكاربون ناسب لتهيج $^{235}UF_6$ في المرحلة الأولي – وليزر الكزايمر(Xeclexcmer laser) يولد أشعة فوق البنفسجي مناسب لتفكيك $^{235}UF_6$ في المرحلة الثانية ولحد الآن لا توجد منوظمة ضوئية ناجحة للتعامل مع نوى الليزر للأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية وفي الطريقة تستعمل منظومة لليزر الاشعة تحت الحمراء توجد مشاكل كثيرة في هذه الطريقة لذلك معظم الدول المتقدمة هذه الطريقة.

4-6-2 طريقة التدفق النفاث (الديناميكية الهوائية) :

يستخدم مزيج من غاز سادس فلوريد اليورانيوم والهديروجين يضخ بسرعة عالية خلال فوهه حادة للنفاث فتنحرف بإختلاف كتلتها وبتكرار هذه العملية لعدة دورات يرتفع تركيز اليورانيوم-235 الشكل (2-12).



الشكل (2-12) التخصيب بطريقة الديناميكية الهوائية

تعتمد عمليات الفصل الديناميكية الهوائية على الإنتشار الذي سبب الإختلاف في الضغط كما يحصل في عملية الطرد المركزي للغاز. تعتبر العمليات الديناميكية الهوائية كطاردات مركزية وتعزيز قوي الطرد المركزي يتم إنجازه بتخفيف UF_6 مع غاز حامل مثل الهيدروجين أو الهيليوم – وهذا المزج يؤدي إلى سرعة تدفق كبيرة للغازين مقارنة ما يمكن أن يحصل للغاز لوحده . عملية الفصل تم تطويرها من قبل العالم E.W-Becker في مركز بحوث كاولوزرو النووى في ألمانيا في عملية يضغط خليط من غازين UF_6 والهيدروجين (أو الهيليوم) وبعد ذلك توجه على طول جدار مقوس

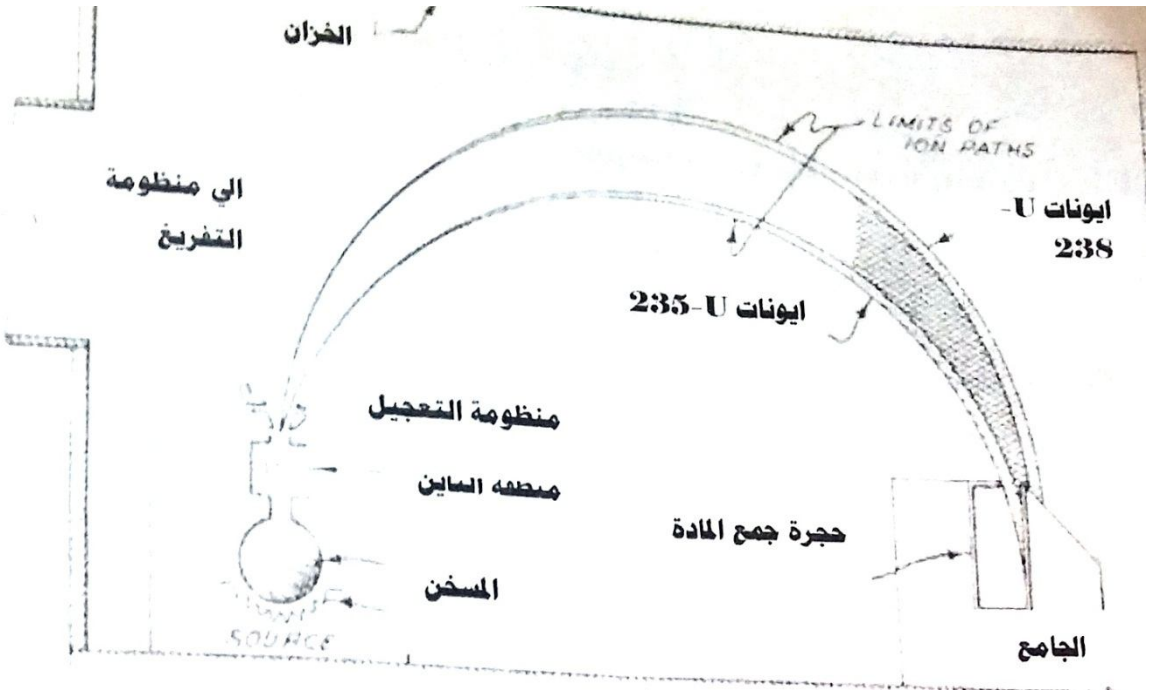
بسرعة عالية جزئيات اليورانيوم -238 الأثقل تحرك بشكل تفضيلي خارج الجدار بنسبة إلى جزئيات اليورانيوم-235 التي تحرك نحو الداخل وفي نهاية الأمالة تقسم حزمة الغاز بواسطة طرف حاد (سكين) إلى جزء خفيف وآخر ثقيل والتي يتم فصله وسحبه نحو الخارج.

تتواصل البحوث لإختبار نفاثات فصل بأبعاد صغيرة ما أمكن – وقد وصل نصف قطر الثقوب للنفاثات إلى 10 مليمتر إنتاج هذه النفاثات الصغيرة جداً بتطلب تقنية عالية جداً لأنه يشبه تكريس أوراق قصدير معدنية محظورة ضوئياً.

5-6-2 التخصيب الكهرومغنطيسي :

الأساس الفيزيائي لعملية التخصيب بالطريقة الكهرومغنطيسية مشابه لأساس عمل مطياف الكتلة أن الجسيمات المشحونة تسلك مسار دائرياً عند مرورها في مجال مغنطيسي منتظم أساس عمل هذه الطريقة هو الفصل الكهرومغنطيسي والتي تتضمن ثلاثة أجزاء رئيسية هي مصدر لتأين نظائر اليورانيوم ومنظومة لتعجيل الآيونات ومغنطيس لتوليد مجال مغنطيسي لفصل الآيونات كل من آيوني u^{+235} و u^{+238} لهما نفس الطاقة الحركية ونفس الشحنة لكن بكتل مختلفة فيكون مسارها مختلفاً . فالآيونات الثقيلة تنحرف بقطر كبيركما في الشكل(2-13). والفرق في أقطار المسار الايوني لليورانيوم يسمح بفصل وجمع المادتين في المستودع المخصص لهذه الطريقة يمكن بواسطتها الحصول على يورانيوم عالي التخصيب من النوع المستخدم في السلاح النووي. تحتاج هذه الطريقة إلى آلاف الوحدات بغرض الحصول على كمية كبيرة من اليورانيوم المخصب. في هذه الطريقة تتولد آيونات اليورانيوم في مستودع مفرغ من الهواء في مجال مغنطيسي قوي تسخن قطعة صلبة من مركب اليورانيوم(ucl_4) كهربائياً لتوليد بخار اليورانيوم تتعجل الألكترونات جزئيات (ucl_4) بالكترونات سريعة تتولد آيونات اليورانيوم تعجل الإلكترونات بواسطة مجال مغنطيسي قوي لسرعة دائرية كبيرة عمودية على المجال المغنطيسي في المنظومة الأمريكية لهذه الطريقة حزمة الآيونات تقطع قوس دائري بزاوية 180 درجة بعدها تمر الآيونات خلال شق ضيق على الجامع لكي تجمع في اوعية (pockets) مختلفة لجمع الآيونات لتحللها المصدر والجامع تقع في المستودع المفرغ يقع بين قطبي المغنطيس المشكلة الرئيسية و هذه الطريقة نصف كمية (ucl_4) التى تضخ ستتحول إلى آيونات اليورانيوم الموجبة وأقل من نصف الايونات سوف يتجمع على الجامع إعادة تجميع الكميات غير المستعملة والتي تترسب على السطح الداخلي للمستودع عملية متعبة خطرة وتحتاج إلى وقت

وبذلك تقلل من كفاءة الطريقة المنظومة الأمريكية المستخدمة لتخصيب اليورانيوم للسلاح النووي تتكون من مرحلتين



الشكل (2-13) يبين طريقة التخصيب الكهرومغنطيسي

في المرحلة الأولي يضخ اليورانيوم أو المخصب بنسبة قليلة إلى المنظومة للحصول على تخصيب نسبة 12- 20% وفي المرحلة الثاني تفتح الكمية التي تمر الحصول عليها في المرحلة الأولي إلى المنظومة لزيادة نسبة التخصيب للحصول على يورانيوم للسلاح النووي لغرض إستخدام المغنطيس بكفاءة وتقليل مساحة القرص المستخدمة فإن المراحل ترتب بشكل بيضوسي أو بشكل مستطيل. استخدمت الدول النووية الخمسة الكبري هذه الطريقة في بداية التسابق للحصول على السلاح النووي. وبالرغم من مشاكل هذه الطريقة لكنها جذابة للدول التي تحاول للحصول على كمية محددة م الوجود للسلاح النووي ولكن الطريقة ما عادت تستخدمها الدول المتقدمة. من مساوئ الطريقة احتياجاتها لطاقة كهربائية كثيرة وهي لا تنافس الطرف الآخر من الناحية الاقتصادية. يستخدمها المجال المغناطيسي المتولد باستخدام أقراص عملاقة ويمر تبنها غاز سادس فلوريد اليورانيوم فينحرف نظيري اليورانيوم بالمجال المغناطيسي بزوايا مختلفة ويمكن سحب اليورانيوم 235 العاملين الأساسيين التي تحدد التخصيب في هذه الطريقة هو تيار حزمة الآيونات وقدرة الفصل – تعتمد على عاملين هما:

أ. التشتت (dispersion) وهو المسافة الفاصلة عند نقطة الجامع للحزمتين مختلفتي الكتلة وفي حالة التقوي الدائري بزاوية 180 درجة فإن التشتت يعطي بالعلاقة التالية:

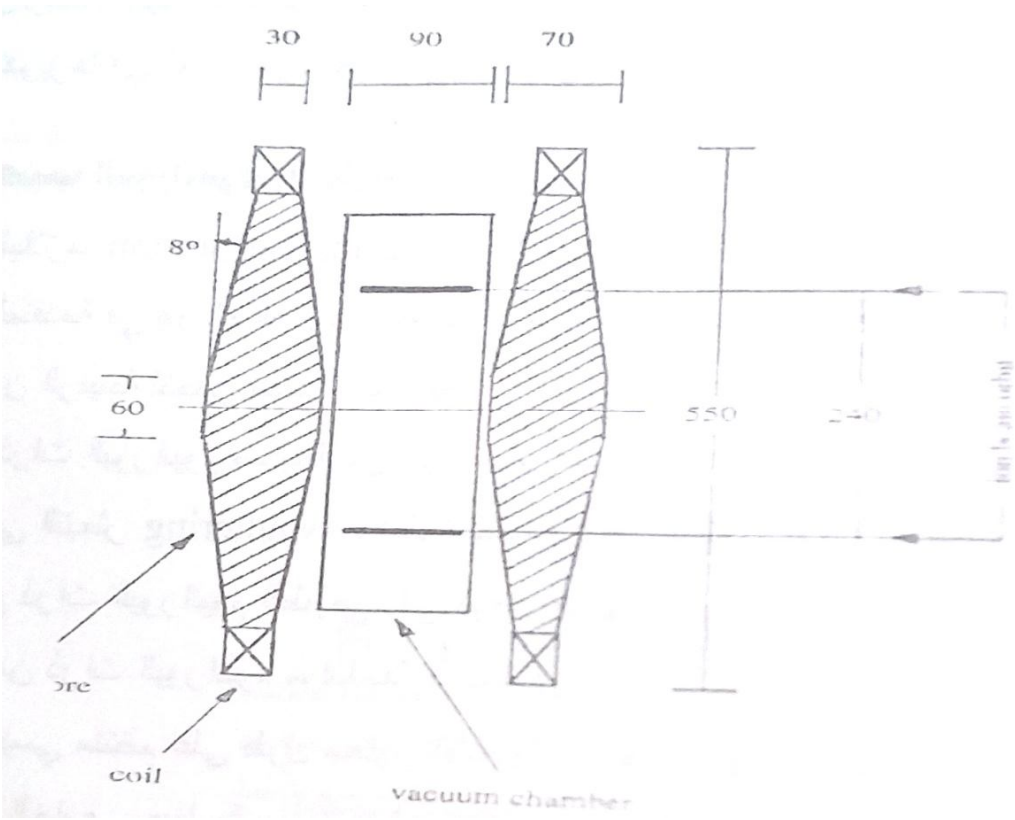
$$A = R\frac{m}{m}$$

حيث ان M معدل كتلة الحزمة = (238) و M والاختلاف في الكتل = 238-235=3

ب. التحليل (resoluation) هي عرض الحزمة عند الجامع ونعتمد هذه الطريقة بالاضافة للطرق الاخري للتخصيب ولم تستطيع المخابرات الغربية من كشف البرنامج النووي العراقي الا بعد حرب الخليج الثانية ونتيجة القرار مجلس الامن 687 من فرق التفتيش المنشأة النووية المدمرة والتي اعلن العراق طوعية عن برنامجه النووية لفرقة الطرق ودمرت معدات الترقيب ولم يعد للعراقبرنامجاً نووياً بعد عام 1981م بتدمير المفاعل تموز المعد للاغراض البحتية كان الهدف الاول من البرامج هو امتلاك التكنولوجية النووية لغرض بناء المحطات الكهرونووية بقدرات ذاتية ولتخصيب اليورانيوم تم تبني طرفيي الاولي بطريقة الفاصلات الكهرومغناطسية (emis) والثانية الطريقة القوة الطاردة والجزء الاساسي من التخصيب بالفصل مغنطيسي هو الاقطاب المغنطيسية الواردة التي تكون بشكل مخروط مستوي ويميل بزاوية 8 درجة المنظومة لمرحلة التخصيب الاولي والتي سمن الفا نصف القطر .

الفاصلة العراقية (منظومة الفا) لتخصيب لليورانيوم (مدمرة)

الخارجي المغناطيسي تساوي 220 سنتمتر واعظم سمك70 سنتمتر اما المنظومة لمرحلة التخصيب الثانية والتي سميت المنظومة بيتاً فأن المغناطيس مشابه لمنظومة الفا ولكن حجم المغنطيس يصل الي نصف تقريباً ثم بناء المنظومة الاولي علي المستوي الانتاجي في منطقة الكارمية 40 كم شمال غربي بغداد والمنشأة الثانية في الشرقاط 200 كم شمال غرب بغداد والمنشأتين متشابهتيين تماماً وتحتوي علي 70 فاصلة من نوع الفا و 20نوع بيتاً في كل منشأ يترتب الفاصلات نوع الفا ، نوع الفا بشكل صفين متوازيين ابعاد منهما 5×6 متر وفي كل صفة 35 فاصلة وعرض حجرة التفريغ 100 سنتمتر من الشكل يتطلب التوجيه (focusing) الجيد للمغناطيس تصنيع دقيق للاقطاب المغنطيسية المطلوب وفي حالة العراق فأن مشكلة تصنيع دقيق ثم تجاوزها بأستخدام ثنائي الاقطاب المغنطيسية بشكل مخروط النقوس للحزمة الغاز كانت بزاوية 225 درجة ولم تكن بزاوية 180 والتي تستخدم بعض المفاصلات الغربية الشكل (2-14) يبين مخطط الفاصلة العراقية .



الشكل (2-14)مخطط الفاصلة العراقية (منظومة الفا)

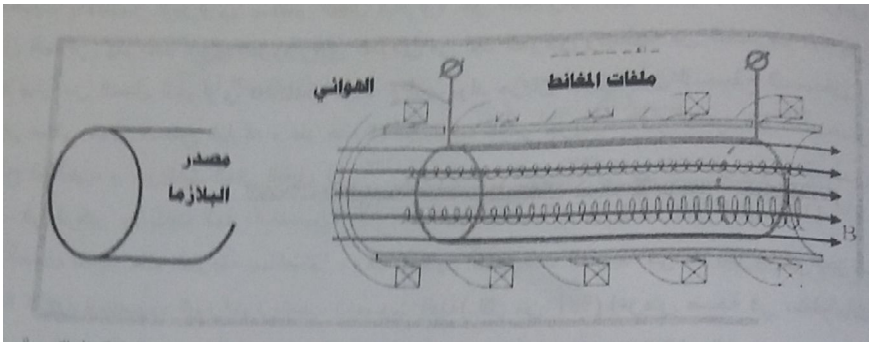
2-6-6 التخصيب الكيميائي والتبادل الابوني chemical and exchange

الطريقة الكيميائية وتبادل النظائر تتطلب عزل نوعين من العناصر المنفصلة ولكنها متصلة في مجري واحد ويحتاج الي نقاط اتصال عديدة للوصول ال الفصل المطلوب للوصول معامل الفصل المطلوب للعناصر التفعلية مثل اليورانيوم يتطلب الاتصال او التماس بين تكتارين امرهما سداس التكافؤ UG^{+} مثل كلوريد الايورانيم (uo_2G_{12}) الاخرة رباعي التكافؤ (u4) مثل ثلاثي كلوريد الايورانيم (4cl) يتفضل النظير u^{235} التكافؤ الكبير u^{4+} على التكافؤ الأصغر u^{4+} لكن الطريقة الفرنسية للفصل الكيميائي تفضل التكافؤ الرباعي على التكافؤ الثلاثي والتي تسمي (Chemex) وتستخدم تفاعل التبادل بين تكافئيين لليورانيوم في محلول مائي هما (u^{3+}) و (u^{7++}) يحصل التخصيب الآيوني نتيجة لميل 238u للتركيز في مركبات ثلاثية التكافؤ بينما يميل u^{235} للتركيز في مركبات رباعية للتكافؤu^{4+} كذلك يمكن الحصول على تخصيب اليورانيوم بإزالة u^{4+} بمذيب عضوي غير قابل للإمتزاج مع المحلول المائي (حامض الهيدروكلوريك المرطز) وتوجد أنواع عديدة من المستخلصات extra actants للذلك فإن فرنسا تفضل إستعمال فوسفات البيوتل الثلاثية Tributx phosphate(TBP) يحقق (TBP) بمذيب أروماتيكي والحالة العضوية تتحول إلى الحالة المائية من خلال

أعمدة تبعات متتالية إلى أسفل العمود وبتسليط حركة سريعة للأسفل والأعلي لمكونات العمود من أجل الوصول إلى إتصال بين الطورين. وعند مرور دفق اليورانيوم المخصب والمنضب خلال العمود فيجب معاملتها كيميائية وإعادة تدويرها في العمود مرة أخرى أو اساله إلى عمود آخر لزيادة التخصيب.

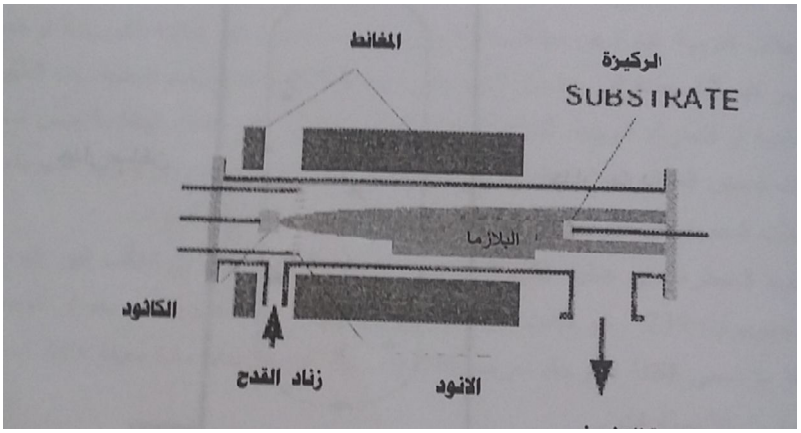
2-6-7 تخصيب اليورانيوم بالبلازما:

الفصل بالبلازما من اكثر طرق التخصيب كفاءة والتي استخدمت التقاتات في فيزياء البلازما ومغانط التوصيلية الفائقة. في هذه الطريقة يستخدم مبدأ أيونات السايكترون الرنينية لتحفيز نظائر اليورانيوم-235 في بلازما تحتوي أيونات u^{235}و u^{238} مصدر ذرات اليورانيوم صحيفة اليورانيوم الطبيعي تبخر بقصفها بأيونات ذات طاقة كبيرة بعملية تسمي التبعثر Sputtering أمام الصحيفة يوجد هوائي مايكروي يحفظ الألكترونات الحرة للتصادم مع ذرات اليورانيوم الطبيعي في ايدخار المتهيج من الصحيفة يولد التصادم إزاحة الإلكترونات من ذرات اليورانيوم مولد بلازما تحتوي أيونات و u^{238} يسلط على البلازما مجال مغنطيسي منتظم على طول محاور الأسطونات لحجرة التفريغ خلال مرور البلازما من المصدر الجامع- يحيط المغناطيسي القوي يولد حركة لولبية للأيونات الخفيفة u^{235} تتفلز (Spirsling) بسرعة أكبر ولها تردد سايكتروني أكبر من أيونات u^{238} وعندما تتحرك الأيونات نحو الجامع فإنها تمر خلال مجال كهربائي يولده ملف متهيج يتذبذب بنفس التردد السايكتروني لأيونات ذلك يؤدي إلى زيادة نصف قطر المدار اللولبي u^{235}بينما تأثيره قليل جداً على مدار اللولب لأيونات u^{238} تندفع بإتجاه الجامع المتكون من شرائح ضيقة ومتوازية المدار الكبير لأيونات u^{238} الشكل (2-15أ)و(2-15ب) يبين تخصيب اليورانيوم بالبلازما.



الشكل (2-15أ) تخصيب اليورانيوم بالبلازما

يجعل احتمال ترسيبه كبير علي الشرائح بينما البلازما المنضبة باليورانيوم - 235 الباقية سوف تتجمع عند نهاية صفائح الجامع هذه الطريقة لتخصيب تكون بشكل كمية معدة batch العملية واحدة كذلك تحتاج عدة مراحل لوصول الي النسبة المطلوبة من التخصيب امريكا الدولة الوحيدة التي لها برنامج متقدم للتخصيب بالبلازما منذ عام 1976م وقد اوقف عام 1982م ولكن فرنسا استمرت في تطوير برنامجها .



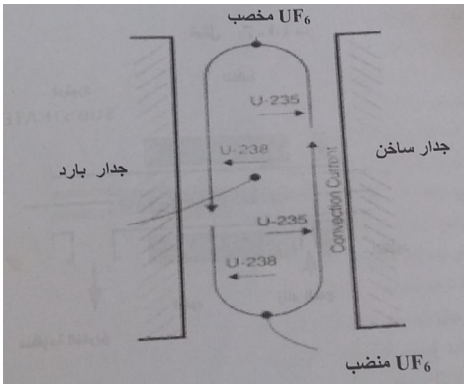
الشكل (2-15 ب)

8-6-2 التخصيب بالانتشار الحراري thermal diffusion

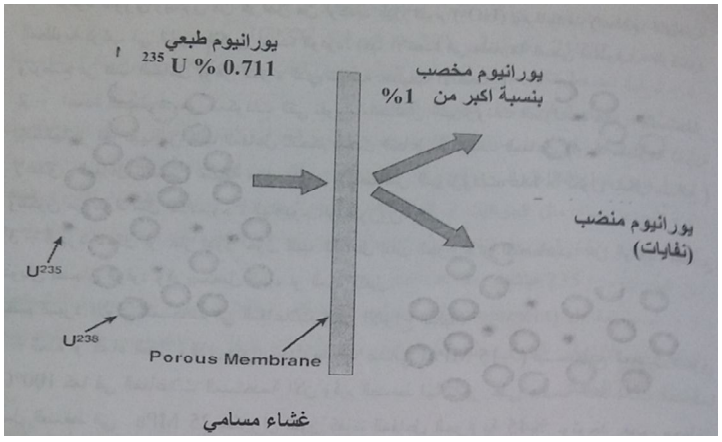
التخصيب بالانتشار الحراري يستثمر انتقال الحرارة عبر طبقة رقيقة من السوائل او الغاز لغرض خصل النظائر يقصد بذلك بتبريد غشاء رقيق عمودي من احذ الطرفين وتسخينه من الطرف الاخر يتولد تيار من الحمل الحراري convection والذي يولد جريان علوي حول السطح الساخن وجريان سفلي حول السطح البارد وعند هذه الحالة سوف تنتشر جزئيات الغاز الخفيف u235 نحو السطح الساخن وجزئيات الغاز الثقيل u238 نحو السطح البارد . حركتي الانتشار وتيار الحمل تسبب في تركيب

جزيئات الغاز الخفيف u235 عند اعلي الغشاء وجزئيات الغاز الثقيل u238 اسفل الغشاء تتميز هذه الطريقة ببساطتها وقلة كلفتها استخدمت الطريقة في امريكا خلال الحرب العالمية الثانية لتخصيب اليورانيوم بنسب تخصيب قليلة (اقل من 1%) لغرض ضخه في منظمات التخصيب بالطريقة الكهرومغنطيسية .

منشأة الانتاج بطريقة التخصيب بالانتشار الحراري في oak ridge او كرج تحتوي علي 2100 عمود طول كل منهما 15 متر وكل عمود يحتوي ثلاثة انابيب يدور الماء البارد بين الانبوب الخارجي والوسطي والانبوب الوسطي يحتوي البخار الفراغ الخلفي بين الانبوب الداخلي والوسطي يملأ بسائل uf0 كما في الشكل (2-16)



الشكل (2-16أ) التخصيب بالانتشار الحراري



الشكل (2-16ب) التخصيب بالانتشار الحراري

الفصل الثالث

الفصل الثالث

(3-1)مقدمة :

التكنولوجيا النووية اصبحت تكنولوجيا متكاملة لا تتم الا بامتلاك دورة الوقود النووي التي تتضمنت انشاء مفاعلات النووي ان المفاعلات النووية تختلف باختلاف نوع الوقوع ونسبة تخصيبه ونوع المعدي والمبرد والشكل الهندسي للمفاعل كما تختلف ايضا من حيث الغرض الذي انشئت من اجله فمنها ما انشئ لاغراض سليمة كانتاج النظائر المشعة واستخدام الاشعاع الناتج عنها في الطب والزراعة والتغذية ، بالاضافة الي انتاج طاقة حرارية هائلة واستخدامها لتوليد الكهرباء او ازالة الملوحة مياه البحر او تحويل الطاقة الحرارية الي طاقة دفع لتحريك وسائل النقل والمركبات الفضائية والاستعانة في الابحاث العلمية والسبب الاشعاعي الذي ادي الي التطور السريع للمفاعلات النووية هي استخدامها في الاغراض العسكرية حيث تستخدم في انتاج القنابل النووية او التجسس والاعمال الاستراتيجية الاخري .

(3-2)الاستخدامات السلمية والعسكرية للمفاعلات النووية:

(3-2-1) الاستخدام السلمي للمفاعلات النووية:

تستخدم المفالات النووية لتوليد الطاقة في الاغراض السليمة والمفيدة جدا في مختلف المجالات التي نذكر وصفا لبعض منها .

أ-توليد الكهرباء بواسطة الطاقة النووية:

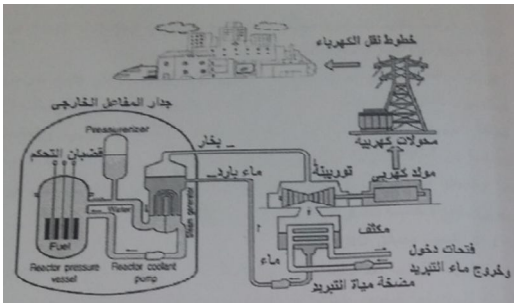
ترجع اهمية استخدام الطاقة الذرية في توليد الكهرباء الا ان احتياجات العالم الى استخدام الطاقة في الصناعة وفي المرافق العامة في زيادة مطرده حتى ان مصادر الوقود المستخدمة الان لتوليد الطاقة مثل الفحم والزيت والغاز الطبيعي ومساقط المياه قد لا تكفي لسد تلك الاحتياجات المتزايدة الا لفترة قصيرة

يستخدم اليورانيوم المخصص الذي وصلت فيه درجة تركيز اليورانيوم 235 القابلة للانشطار من 3 الى 5% في صناعة وقود المفاعل النووي لانتاج الطاقة وتعمل

المفاعلات النووية على مبدأ الانشطار النووي وذلك من خلال انتظار نواة الذرة مما يؤدي الى اطلاق طاقة حرارية وتعتبر مادة اليورانيوم 235 هي الوقود الرئيسي المستخدم في المفاعلات النووية ويحدث الانشطار النووي لذرات اليورانيوم باطلاق النيترونات عليها وعندما تنشطر بعض الذرات فانها تطلق نيوترونات واصطدام تحرير المزيد من النيترونات .

وهكذا يستمر رد الفعل المتسلسل مسببا توليد كمية هائلة من الطاقة الحرارية ويتم التحكم بمعدل الانشطار النووي في المفاعل باستخدام قطبان تحكم من مادة الكادميوم التي تقوم بامتصاص بعض النيوترونات المتحررة فهي تسمح بتنظيم الانتظار النووي والتحكم الامن به كما يتم استخدام نظام تبريد مائي للتخلص من الحرارة المفرطة التي تنتج اثناء العملية ويستخدم البخار الذي تم توليده لتدوير التوربينات التي تولد الطاقة الكهربائية.

يوضح الشكل(3-1) مكونات اخري المحطات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية باستخدام مفاعل الماء المضغوط المقصود هنا عند التحدث عن الطاقة النووية هو الحرارة التي تتوليد عند انقسام ذرات المواد الانشطارية (اليورانيوم u^{235}البلوتونيوم pu^{239} اليورانيوم U^{233} بداخل المفاعل ولذلك فان الطاقة الكهربائية لا تتولد مباشرة من الطاقة الذرية ولكنها لمصدر من مصادر الحرارة كاحتراق الفحم او الزيت مثلاً يمكن استخدامها للحصول على الطاقة الكهربائية .



شكل (3-1) مكونات اخري المحطات النووية لتوليد الطاقة الكهربائية

فوظيفة المفاعل (الفرن الذري) يحتوي الطاقة الكامنة في ذرات المادة الانشاطرية الي طاقة حرارية تستخدم في توليد البخار في درجات حرارة وضغط مرتفع لادارة التوربينات البخارية والمولدات الكهربائية بالطريقة العادية المتبعة في محطات توليط الكهرباء البخارية .

فالاختلاف الرئيسي اذ هو الاستعاضه عن الفرن ومولد البخار في المحطات العادية بالمفاعل والمبادل الحراري في المحطات الذرية ولاستخلاص الحرارة المتولده بداخل المفاعل نستخدم مواد مبرده في دوائر مقفلة بوساطة انابيب ملائمة او بداخل وحدات الوقود وتختلف المادة المستخدمة في التبريد باختلاف تصميم المفاعل فبعضها يستخدم مبردات غازية مثل ثاني اكسيد الكربون او الميليوم او الهواء وبعضها يستخدم مبردات سائلة مثل الماء العادي او الماء الثقيل والبعض الاخر يستخدم المعادن السائلة مثل الصوديوم او البوتاسيوم

نجد ان أحد العوامل الرئيسية التي تؤثر في الناحية الاقتصادية المحطات الذرية هو الحصول على درجات حرارية عالية من المفاعل ولما ينشأ عنها من تغيرات شكلية او كيميائية كالتأكل والصدأ في وحدات الوقود ففي المفاعلات المائية مثلاً لا يمكن زيادة درجة الحرارة عن 300 درجة مئوية للصدأ الذي ينشأ في طبقة الالمونيوم يالدقيقية المغلقة لوحدات الوقود لذلك نجد ان الجودة الحرارية للمحطات الذرية تتراوح بين 20-25% {9}

ب- انتاج الوقود واعادة المعالجة

هناك المفاعلات المولدة او المنتجة والتي صممت خصيصاً لانتاج الوقود النووي وهي تنتج من الوقود اكثر مما تستهلك وهناك ايضاً مفاعلات تستخدم الطاقة النووية بغرض اعادة معالجة الوقود وهذا له فائدتان الاولي انتاج وقود نووي يكفي لعشرات السنين لسد النقص في اليورانيوم والغرض الثاني تقليل حجم النفايات النووية

ج- ازالة الملوحة بالاساليب النووية

كان كل الاهتمام في استخدام الطاقة لنووية قاصراً على توليد الكهرباء وبدرجة اقل على تدفئة المناطق السكنية وتوفير الحرارة للعمليات الصناعية ولكن نسبة لازدياد حاجة العالم باسرة للمياه العذبه والتنافس عليها وعدم توفير المياه العذبة في الكثير من بلدان العالم بناء على ذلك فان الوكالة الدولية للطاقة الذرية قامت في العام 1989م باجراء دراسة لتقييم الامكانات الفنية والاقتصادية لاستخدام المفعلات النووية في ازالة ملوحة مياه البحر واستخدامها في الشرب والزراعة وغيرها وقد اثبتت الدراسات التي اجريت في هذا المجال عام 1991م والتي عانت بغرض امداد دول شمال افريقيا بالمياه العذبة من التفاعلات النووية وغيرها من الدراسات ان الطاقة النووية يمكن ان تلعب

دوراً هاماً في تلبية الاحتياجاتالاقيمية والعالمية المتنامية من الطاقة اللازمة لازالة الملوحة من مياه البحر

كما اوضحت هذه الدراسات ان الوقود النووي اكثر اقتصادية في هذا المجال من غيره وبفوارق كبيرة خاصه بعد ارتفاع اسعار الوقود الاحفدري

د- تسيير وسائل النقل :

ظهرت الحاجة منذ بداية عصر الطاقة الذرية الي تطوير انواع من النووية لاستعمالها كمصدر للطاقة في الطائرات والسفن والغواصات والسبب ان السفينة او الغوامات مثلاً تحمل نسبة عالية من حمولتها كوقود لتشغيلها فباستخدام المحركات النووية اصبح استهلاك الوقود لها اقل بكثير من الذي تستهلكه المحركات الاخري مم ساعد في استخدام هذه الغواصات في البحث العملي لاكتشاف الاعماق السحيقة للبحار والمحيطات حيث يكمن للغواصة المصممة خصيصاً لهذا الغرض الوصول حتي عمق 900 متر كما ساعد استخدام المركبات الفضائية التي تسير بالطاقة النووية ايضاً في اكتشاف اغوار الفضاء {11،12} كما نجد ان هناك مفاعلات تستخدم في وسائل النقل للاغراض العسكرية التي سنتطرق لذكرها لاحقاً

هـ-انتاج النظائر

تستخدم المعجلات والمفاعلات لانتاج النظائر النادرة ذات الخواص المميزة لبعض العناصر وهذه النظائر يتم الحصول عليها باسراع النيوترونات بطاقات كبيرة لتتمكن من دخول نواة العنصر المعين لانتاج النظير المطلوب والمرغوب فيه {13}.

(3-2-2) الاستخدام العسكري للمفاعلات النووية

يستخدم اليورانيوم الناضب الناتج من نفايات الوقود النووي وما ينبقي بعد تخصيبه اليورانيوم بسبب كثافته العالية التي تزيد على كثافة الرصاص مرتين في الاسلحة المصنعة لاختراق المدرعات ولهذه الاسلحة اضرار صحية في حال استئناف دقائق اليورانيوم التي تحتجز داخل الرئة لتسبب سرطان الرئة لكي يستخدم اليورانيوم المخصب في انتاج الاسلحة النووية يجب ان تصل نسبة اليورانيوم 235 من 20 الي 90%اعتماداً على نوع السلام النووي

أ-صناعة القنابل النووية

نجمع اكبر كمية ممكنة من قضبان الوقود الناضب (1.5 الي 3 امتار) المحتويه علي البلوتونبوم المشع واليورانيوم والمنتوجات الثانوية من المفاعلات الذرية لصناعة القنبلة النووية حيث يتم تصنيع القنبلة في خمس خطوات بسيطة

i-تقطع القضبان الي اجزاء صغيرة

ii- توضع القطع في حامض النيتريك لفصل اليورانيوم والبلوتونيوم والمنتوجات الثانوية عن القضبات التي يتم التخلص منها

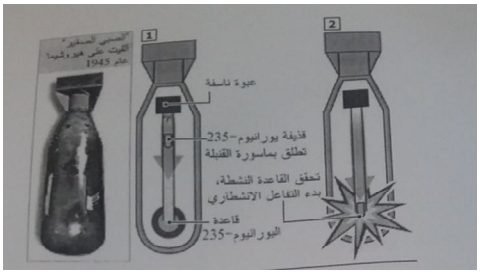
iii-يضاف مزيب عضوي لفصل اليورانيوم والبلوتنيوم عن المنتوجات الثانوية .

iv- يفصل اليورانيوم عن البلوتنيوم ويخضعان للمعالجة كل على حده ليستخلص منها مسحوق اوكيد اليورانيوم و معدن البلوتونيوم

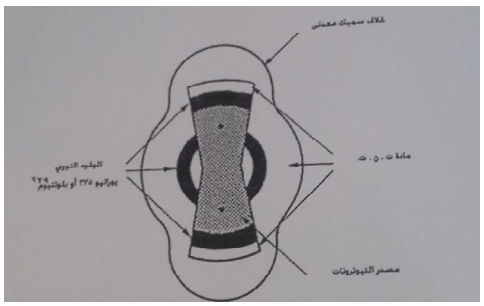
v-في مصنع لتشكيل المعادن يحول البلوتونيوم الي كرات بحجم برتقالة كبيرة ولصنع راس حربي تجاهل الكره بمنفجرات تصقعها في لحظة الارتطام فينتج عنها انفجار يعادل ذلك الناتج عن الالف الاطنان من اصابع الديناميت وانواع القانبلة ثلاثة نووية او ذرية والمهيدروجينية والنيوترونية

ب-القنبلة النووية

تعمل وقف مبدأ فلق الذرة او ما يعرف بـ الانشطار النوي وتصدر اشاعات سامة قاتلة للكائنات الحية والمباني ويوضح الشكل (3-2) نمط بدائي لقنبلة انشطارية الغيت على مدينة هيروشيا عام 1945 الشكل (3-3) يوضح مقطع عرضي للنقبلة الذرية .



الشكل (3-2) نمط بدائي لقنبلة انشطارية



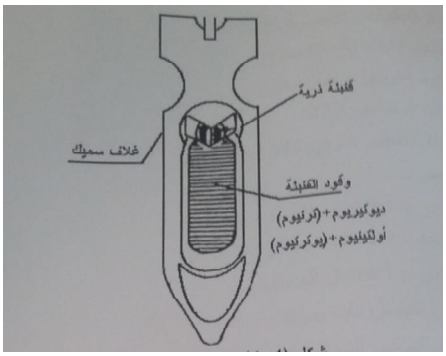
الشكل (3-3) مقطع عرضي للقنبلة الذرية

ج- القنبلة الهيدروجينية

تعمل على العكر بدمج ذرتين او اكثر ويؤدي هذا الاندماج النووي لتوليد طاقة حرارية هائلة تفوق بمئات المرات الطاقة الناتجة عن القنبلة النووية والتفاعلات التي تصاحب انفجارها شبيهة بتلك التي تحدث على الشمب وعلى عكس النووي ايضاً فلا تصور عنها أي اشاعات ضارة والواقع ان تفوق الهيدروجينية الحراري الكبير على النووية يتيح استخدام هذه الاخيرة مجرد صاعق للاولي

د-القنبلة النيوترونية

تعمل وفق مبدأ تفاعل النيوترونات – وهي مع الالكترونات – جزء من تكيب الذره ووتتميز هذه القنبلة عن سابقيها بانها تحدث خسائر في الارواح وليس في الممتكلات أي انها تقتل الكائنات الحية بدون اضرار في المباني والشكل (3-4){4}



الشكل (3-4) يوضح القنبلة النيوترونية

الفصل الرابع

4-1 النتائج:

من خلال هذه الدراسة تم التوصل الي :

1- النشاط الاشعاعي لا يتاثر باي عميات فيزيائية او كيميائية يضمنها التسخين او التبريد الشديدين أو تاثير المواد الكيميائية
2- اليورانيوم هو المادة الاساسية لخام المفاعلات النووية .
3- انتاج الطاقة الكهربائية بالمفاعلات النووية
4- للمفاعلات النووية دور كبير في تنمية الاقتصاد
5- للبحوث العلمية الاثر الكبير في النهضة والتعمير
6- الطاقة النووية تعلب دوراً مهم في تلبية الاحتياجات الاقليمية والعالمية المتنامية من الطاقة اللازمة لازالة الملوحة من مياه البحر.

2-4 المناقشة :

من خلال تناولنا لموضوع المفاعلات النووية توجد بعد النقاط التي يمكن مناقشتها ومنها وجدنا ان النشاط الاشعاعي لا يتاثر بالظروف الخارجية من ضغط ودرجة حرارة لكنه يتوقف فقط على نسبة العنصر المشع في العينة وان اليورانيوم يدخل في صناعة الوقود النووي ووجدنا انه عند انقسام ذرات المواد الانشطارية مثل اليورانيوم u^{235} وu^{233} والبلوتونيوم pu^{239} داخل المفاعل فانه تتولد طاقة كهربائية لكنها غير مباشرة في الطاقة الذرية وتتولد من مصادر الحرارة كاحتراق الفحم او الزئبق مثلاً يمكن استخدامها للحصول على الطاقة الكهربائية .

وجدنا انه يلعب دوراً مهما في ازالة ملوحة مياه البحار واستخدامها في الشرب والزراعة وغيرها.

3-4 التوصيات والمقترحات :

توصي الدراسة بالاتي:

1- الاهتمام بالدراسات التي تساهم في مجال المفاعلات النووية .
2- استخراج وتخصيب اليورانيوم حيث تتوفر كميات كبيرة من اليورانيوم بالبلاد .
3- ان تسعي الدولة لانشاء مفاعلات نووية لما فيها من فوائد من ناحية انتاج الطاقة وفوائد اقتصادية وغيرها .

المصادر والمراجع:

1. القرآن الكريم
2. أ.د.عذاب طاهر الكناني ، الفيزئاء الاشعاعية (الاشعة السينية التشخيصية) ، بغداد العراق ، دار الفجر ، ط1، 2008م .
3. د. محمد عبد الرحمن الشيخ ، هندسة الاشعاعي النووي ، 2004م، ط1 ، السعودية ، الرياض ، جامعة الملك سعود ، المكتبة الوطنية.
4. د. احمد الناغي واخرون، الفيزياء النووية ، 2005م.
5. ا. د. عذاب طاهر الكناني ، الفيزئاء النووية والطبية ، العراق ، دار الفجر ، 2009م .
6. انعام ادم محمد سراج الدين ، الاستخدامات السلمية والعسكرية للمفاعلات النووية واثرها على البيئة ، رسالة ماجستير ، 2010م
7. ويكبيديا الموسوعة الحرة ، منشورات للفيزياء النووية .