الفصل الأول

خطة البحث

1.1المقدمة

إن الطاقة تعد المصدر الرئيسي في بناء الإنسان والمجتمعات الإنسانية ، فكلما ذاد استهلاكها للطاقة إزدادت رفاهية هذه الشعوب وتتعدد الطاقة في مصادرها منها الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ومساقط المياه وطاقة الوقود الإحفوري والطاقة النووية[1].

للطاقة النووية وجهان ، وجه حسن يتمثل في الإستخدامات السلمية المعاصرة لهذه الطاقة فمثلاً يمكن استخدام المفاعلات النووية ومحطات نووية لتوليد الطاقة الكهربائية ، ووجه آخر شرير لم ير الإنسان أكثر منه شراً عبر التاريخ إلا وهو الأسلحة لنووية (القنبلة النووية) والتي يطلق عليها أحياناً القنبلة الذرية[2].

تولد الطاقة النووية في محطة نووية تحتوي علي مفاعل نووي وهو جهاز الغرض منة السيطرة علي عملية الإنشطار النووي المتسلسل والناتج عن وضع كمية من الوقود النووي ثم تعريضها علي مصدر نيوتروني عند تعرض ذرة الوقود الي نيوترونات يحتمل أن تمتص أحد النيوترونات المصطدمة بها ، ونتيجة الإمتصاص نحصل علي نيوترونين أو أكثر لليورانيوم – 235،الغرض من المفاعل هو السيطرة علي هذا التفاعل ومنعة من أن يصبح ذو طاقات عالية تصهر المواد التي حولة[3].

2.1 مشكلة البحث

إن الطاقة النووية المنتجه هي طاقة هائلة جداً ويمكن استخدامها في مجالات كثيرة غير الاستخدامات العسكرية حيث أنها طاقة ذات مصدراً خصباً لا ينتهي وتستخدم في مجالات صناعية وطبية ، وأصبح استخدام الطاقة النووية من أهم أدوات البحث لدي الباحثين .

ونجد أن إنتاج هذه الطاقة يتطلب إنشاء محطات نووية بتقنية متطورة لإجراء الإنشطار والتفاعلات النووية ، وهنا تمكن مشكلة هذا البحث في ماهية تكنولوجيا إنشاء المحطات النووية.

3.1 أهمية البحث

هذا البحث هو دراسة نظرية بحتة لوصف وتوضيح تقنية المفاعلات النووية وتقديم معلومات كافية عنها ، ومعرفة كيفية إنتاج الطاقة الحرارية داخل المفاعل مع بيان أنواع المفاعلات النووية . وكيفية التحكم في المفاعلات النووية .

4.1 أهداف البحث

- التعرف علي مصادر الطاقة النووية .

- التعرف علي مصادر الوقود النووي .
- إلغاء الضوء علي مراحل استكشاف وتخصيب اليورانيوم .
- الوقوف علي إدارة النفايات النووية وتخذينها وكيفية التخلص منها .

5.1 منهج البحث

يعتمد البحث علي المنهج العلمي (الوصفي التحليلي النظري) .

6.1 هيكل البحث

يشتمل هذا البحث علي عدة خمسة فصول، الفصل الأول ويشمل المقدمة، مشكلة البحث، أهمية البحث،منهج البحث،بالإضافة الي هيكل البحث، أما الفصل الثاني فيضم مصادر الطاقة النووية ، أما الفصل الثالث يشمل مفاعلات النووية ،والفصل الرابع يشمل محطات الطاقة النووية، واخيراً الفصل الخامس فيضم الخاتمة والتوصيات والمصادر والمراجع .

الفصل الثاني

مصادر الطاقة النووية

2.1 مقدمة

أتفق كثير من العلماء والباحثين أن المواد الإحفورية ذات عمر نصف قصير وأن الضرورة تحتم تحقيق الاعتماد عليها كمصدر طاقة وادخارها للاستعمال في المجالات الأكثر أهمية ألا وهي الصناعات البتر وكيميائية . ويري هؤلاء الباحثون أن الطاقة المتولدة عن انتشار نواة اليورانيوم أو البلوتونيوم يمكن أن تحل تدريجياً محل النفط .

لكن هناك معارضة كبيرة للتوسع في استخدام الطاقة النووية لما لها من مخاطر تتمثل في تلوث البيئة في حالة حدوث أخطاء تشغيليه .ويسرف عن التلوث الإشعاعي أنه أشد أنواع التلوث البيئي إضراراً بالأنسان ، هذا قد يحدث حتى من غير أن تحدث أخطاء في التشغيل . نزكر هنا الهلع الذي أصاب العالم جراء حادثتي ثري مايلز بالولايات المتحددة وشيرنوبل في الاتحاد السوفيتي السابق . تمتاز الطاقة النووية بأن الطاقة المتحررة من كتلة صغيرة من الوقود تكون عالية جداً . وفي المقابل نجد أن من أكبر عيوبها أنها ليست في

متناول الجميع إذ لا تزال التكنولوجيا النووية هي تقنية غير متاحة بالكامل والولوج فيها من قبل دولة مثل السودان يحتاج إلي تمويل كبير وجهد علمي وبحثي أكبر بالإضافة إلي صبر وإناة كبيرين .

عن إنشطار نواة فإن كمية من الطاقة تتحرر ويمكن حسابها من معرفة النقص الكتلي من الكتل النظائرية بإستخدام علاقة تكافؤ الكتلة والطاقة لأينشتين وبالتقريب نجد :

$$P^{92} + n^{143} \longrightarrow U^{235} + (235 \times 7.6Mev) \qquad (1\text{-}2)$$

حيث n,p هما البروتونات والنيوترونات علي التوالي أما (7.6Mev) هي طاقة ربط النيوكلون في ^{235}U(1).

2.2 مصادر الوقود النووي

اليورانيوم والثوريوم هما العنصران الوحيدان اللذان يمكن تحضير الوقود النووي منهما ، وهذان العنصران من العناصر الفلزية ويمكن الحصول عليهما من مواد الأرض مثل بقية الفلذات كالحديد والذهب والنحاس ، اي أنهما من مكونات الثروة المعدنية لأي دولة ، ولذا فإن مهمة العثور عليهما واستخراجهما هي مسئولية الجيولوجي في المقام الأول ، حيث إنهما لا يختلفان كثيراً في هذا الصدد عن مصادر الثروة المعدنية الأخرى إلا في خاصية الاشعاع التي تعطيهما طبيعة خاصة في استكشافهما .

2.3 اليورانيوم في الطبيعة

ويوجد اليورانيوم في صخور القشرة الأرضية بنسب ضئيلة ، فمتوسط وجوده في الصخور الجرانيتية هو 8 جرامات في الطن ، وفي الصخور البازلتية ، 1 جرام في الطن ، وفي الصخور الرسوبية 2 جرام في الطن ، ولا يوجد اليورانيوم في الطبيعة حراً طليقاً ولكنه يوجد متحداً مع عناصر أخرى علي هيئة معادن أهمها اليورانتيين وهو أكسيد اليورانيوم الطبيعي ويتميز بلونه الأسود وكثافتة ونشاطة الإشعاعي ،وتتراوح نسبة اليورانيوم فيه من حوالي 46%إلي 88% وقد يوجد أكسيد اليورانيوم في صورة أخرى تسمي البتشبلة .

وتأتي في المرتبة الثانية مجموعة من المعادن الثانوية هي مركبات أكثر تعقيداً من الأكسيد وتتميز بألوانها الأصفر و البرتقالي والأخضر الزاحص وتتراوح نسبة اليرورانيوم بها حوالي 55% إلي 60% ولها أيضا نشاط إشعاعي .

2.4 الرواسب المعدنية لليورانيوم

تكون رواسب اليورانيوم في الصخور الرسوبية , حيث توجد معادن اليورانيوم علي هيئة حبيبات دقيقة خاصة الحجر الرملي والرصاص وتتراوح نسبة اليورانيوم في غالبية هذه الرواسب بين 0.025%الي 0.2% ، وعادة ماتكون تلك الرواسب ذات احجام هائلة .

كذلك توجد رواسب اليورانيوم في الصخور النارية والمتحولة ، ومعادن اليورانيوم (اليورانينيت غالبا) توجد فية مختلطة بمواد صخورية أخري علي هيئة عروق واشكال اخري ، وقد تصل نسبة اليورانيوم في هذا النوع من الرواسب الي 8% ، وهي نسبة كبيرة جدا (2).

2.5 الخواص الطبيعية والكيميائية لليورانيوم

لليورانيوم ثلاثة تراكيب تأصيلية : الاولي (الطور α) وتتواجد حتي درجة حرارة $668\ C^{\circ}$ ودرجة الإنصهار $1132\ C^{\circ}$ أقل من درجة إنصهار الكروم والموليبدنيوم والتنجستين ، ودرجة الغليان هي $3818\ C^{\circ}$ ويتواجد اليورانيوم في الطور β بين درجة حرارة $774C^{\circ}$- $688C^{\circ}$ ويتحول الطور بدورة الي الطور γ .

ونصف قطر ذرة اليورانيوم هو $1.54A^{\circ}$. والتوصيل الكهربي لليورانيوم يشابة التوصيل الكهربي للحديد وعند درجة حرارة $1K^{\circ}$ فإن اليورانيوم يكون موصلا أعظم Superconductor ، يشبة اليورانيوم في خواصة الكيميائية عنصر التنجستين ، فأكبر رقم أكسدة لة هو 6 ويكون مركبات يكون أرقام أكسدتة فيها هي 3^{+}،4^{+}،5^{+}، 6^{+} والتركيب الإلكتروني لليورانيوم يمكن تمثيلة كالأتي :

$$5s^2 5p^6 5d^{10} 5f^3 6s^2 6p^2 6d^{10} 7s^2$$

وإلكترونات التكافؤ هي $7s^2, 6d^1, 5f^3$ ويتشابة هذا التركيب الإلكتروني مع نظيره من عناصر اللنثانيدات وهو النيوديميوم اليورانيوم عنصر نشط يتفاعل عملياً مع كل العناصر بإستثناء الغازات الخاملة وفي السلسلة الكهروكيميائية يقع اليورانيوم بالقرب من الألمونيوم والبيرليوم[3].

2.6 الثوريوم في الطبيعة

اكتشف الثوريوم في عام 1828 بواسطة برزيليوس الكيميائي السويدي المشهور في أحد معادنه وهو الثوريت ، ولكنه لم يستخدم إلا في عام 1885 حين اكتشف أن الثوريوم يتوهج بالتسخين وصنعت منه رتاين الكوبالت التي تستخدم الكيوسين ، ومع التوسع في استخدام الكهرباء في الأناره مع تقدم القرن العشرين قلت استخدامات الثوريوم ، وبالرغم من أن الثوريوم يستخرج كناتج ثانوي عند استخلاص العناصر الأرضية النادرة من المونازيت كما سيتضح فيما بعد ، إلا أن استخداماته الحالية قليلة جداً في بعض الحراريات والخزف ، لكن إذا نظر إليه علي أنه وقود نووي بعد تحويله إلي يورانيوم - 233 ، فإن الاحتياطي العالمي المعروف حالياً يحتوي علي مقدار كبير من الطاقة .

يوجد الثوريوم في الطبيعة علي هيئة نظير واحد فقط وزنه الذري 232 ، وتبلغ نسبة شيوعه في القشرة الأرضية ثلاثة أمثال اليروانيوم . ويدخل الثوريوم فيتركيب عدد كبير من المعادن الأولية مصاحباً للعناصر الأرضية النادرة ، وأهم المعادن كمصدر للتوريوم هو المونازيت ، وهو فوسفات العناصر الأرضية النادرة مع الثوريوم وقليل من اليورانيوم ، وتصل نسبة الثوريوم في نوعيات المونازيت المختلفة حتي 30% ويوجد

المونازيت في أنواع متعددة من الصخور ، ولكن أهم رواسب المونازيت من الناحية الاقتصادية هي الرمال السوداء ، وأشهر مناطق وجود هذه الرمال هي البرازيل والهند واستراليا وأمريكا ومصر .

ويتم استخلاص الثوريوم من المونازيت من العناصر الأرضية النادرة بمعالجته بالصودا الكاوية مع التسخين لعدة ساعات حتى تذوب هذه العناصر في المحلول ثم يعاد ترسيبها وتنقيتها بوسائل كيمائية مختلفة[2].

2.7 إستكشاف اليورانيوم

يتم الرصد عادة بالحبث عن أثر لليورانيوم في أحد أبنائه والذي غالباً ما يكون البزموث ، وذلك بقياس إشعاع قاما المنبعث عنه ، ويتم الرصد بعدة طرق نزكر منها دون تفاصيل فنيه:-

2.7.1 الرصد بواسطة المحطات الأرضية

هنا توضع مقاييس أشعة قاما أو ألفا ، ويقاس المستوي الإشعاعي ومن ثم يحدد مستوي الوقود. قد تؤخذ عينات صخرية للتحليل.

2.7.2 الرصد بواسطة الطائرات

يتم مسح مستوي الإشعاع الأرضي علي ارتفاعات منخفضه وذلك بحمل أجهزة في غاية الحساسية علي الطائرات ، ولكن عيب هذه الطريقة أنها باهظة التكاليف .

2.7.3 الرصد في الماء

تؤخذ عينات من المياه الجوفيه أو السطحيه وهي طريقه عالية الكفاءة وتستخدم حالياً علي مدي واسع جداً .

2.8 إستخراج اليورانيوم من المناجم

بعد العثور علي خام اليورانيوم في منطقة ما ، تجري دراسات الجدوي الاقتصادية ، وبعد إتخاذ القرار السياسي بإستخدامه يتم البدء في فتح المنجم المناسب حسب عمق راسب اليورانيوم وبعد استخراج الخام فإنه يقسم إلي أكوام حسب نسبة اليورانيوم . وهذه النسبة تحدد بقياس شدة الإشعاع المنبعثة من الخام . عادة تتروح نسبة اليورانيوم من خامات المناجم بين 0.5% أو 1% وقد تزيد هذه النسبة أو تقل كثيراً في بعض الخامات تكون هذه النسبة بحدود 0.025% ولكن وجود المعادن الثمينة في هذه الخامة يزيد من جدواها الاقتصادية .

2.9 إستخلاص اليورانيوم من خاماته

تقام وحدات إستخلاص اليورانيوم من خاماته دائماً قرب المناجم وذلك لتقليل النقل تبدأ عمليات الإستخلاص بتكسير الخام إلي حبيبات دقيقة بقطر 1mm - ثم يطحن ، ومن ثم تتم معالجته بالمحاليل

الكيميائية المناسبة لتحويل اليورانيوم إلي مركبات ذاتية في هذه المحاليل يفصل بعد ذلك المحلول الذي يحوى اليورانيوم من المواد الصلبة بالترشيح . ويعاد ترسيب اليورانيوم في هذه المحاليل علي هيئة مركبات كميائية يورانيه مع بعض الشوائب . يجفف الناتج النهائي علي هيئة مسحوق أصفر اللون يسمي الكعكه الصفراء،Yellow Cake ويقدم حسب محتواه من ثامن أكسيد اليورانيوم والذي يترواح محتواه ما بين 70% , 90% إن اليورانيوم في هذا المسحوق يتكون من نظيرين U^{235} وU^{238} بنسبة 1:40 ولكنه قد تخلص تماماً من النظائر المشعه المكونه لسلسلتي اليورانيوم والأكتينيوم ، حيث تبقي هذه النظاير مع النفايات الصخريه الصلبه ، هنالك طريقان لإستخراج اليورانيوم من خاماته هما :

1- الطريقة الحمضية ويستخدم فيها حمض الكبريتيك كعامل أساسي في إذابة اليورانيوم .
2- الطريقة القلوية وفيها يستخدم مركب قلوي مثل كربونات الكالسيوم كمذيب لليورانيوم

2.10 تنقية اليورانيوم

يحتاج تصنيع الوقود النووي إلي يورانيوم نقي جداً لأن أية شوائب . موجودة به يمكن أن تكون ماصه للنيوترونات وتقلل من كفاءته كوقود . ولهذا يتعرض الراسب الأصفر إلي اختبارات كيميائية صارمة، وفي هذه المرحلة تعاد إذابة الراسب الأصفر وتستخدم وسائل كيميائية مختلفة لتنقية اليورانيوم من الشوائب .

2.11 تخصيب اليورانيوم

تعتبر مرحلة التخصيب هي أكثر مراحل دورة الوقود تكلفه ، وفيها يتم تحويل اليورانيوم النقي من صورة الأكسيد الثماني إلي سادس فلوريد اليورنيوم، وهو مركب غازي ، وهنالك عدة طرق للتخصيب هي :

2.11.1 طريقة الإنتشار الغازي

يستفاد من الفرق الطفيف بين كثافتي نظيري اليورانيوم U^{238} , U^{235} فيدفع هذا المركبالغازي بواسطة مضخات خاصة خلال أغشية منفذه تحت ضغط معين ، هنا ينفذ النظير الأخف بنسبة أكبر من النظير الآخر. تكون نتيجةهذه العملية أن يتركز U^{235} في اتجاه بينما يتركز U^{238}في الاتجاه الأخر. كلما ذاد عدد الخلايا الغشائية التي يمر خلالها سادس فلوريد اليورانيوم كلما ذادت نسبة U^{235} وبالتالي ذادت نسبة التخصيب [1].

2.11.2 طريقة الطرد المركزي

يتم إدخال غاز سادس فلوريد اليورانيوم UF_6 إلي جهاز طرد مركزي يدور بسرعة 300-500 دورة / ثانية حيث سيقذف النظير الأثقل U_{235} نحو الجدران بينما تتجمع جزئيات النظير الأخف U_{235}في المركز .يرفع تيار الغاز الخفيف إلي جهاز طرد آخر حيث يزداد تركيزه بصوره أكبر ومنه إلي آلاف الآلات الطارده .

2.11.3 طريقة الفصل الليزري

تعتمد هذه الطريقة علي التركيب الجزئي الداخلي للعناصر بدلاً عن الفرق الكتلي ويستخدم الليزر لأحداث تفاعلات ضوئية كيمائية بجزئيات اليورانيوم الطبيعي في صورته الغازيهUF_6 فالترددات الناشئه عن هذه التفاعلات بجزئيات UF_6-235 تختلف قليلاً عن UF_6-238 ، تعمل حزمة الليزر ذات الشده العالية علي تفكيك جزئية UF_6-235 وتحويلها إلي مادة أخرى بحيث يكون من السهل فصلها كيميائياً وسحبها بتسليط مجال كهربائي[1].

2.12 تصنيع وحدات الوقود

يصنع الوقود النووي مباشرة من الفلز المخصب مباشرة او من اكاسيد اليورانيوم $(UO_3\ ,UO_2)$ ويتكون الوقود النووي من وحدات ، كل وحدة تتكون من عدد من قضبان الوقود مجمعة بشكل هندسي معين حسب نوع المفاعل وفي بعض الأحيان يكون الوقود علي شكل ألواح مجمعة علي هيئة طبقات تكون وحدة وقود للمفاعل .

تتكون قضبان الوقود من أنابيب من الصلب غير قابلة للصدأ أو من الزركالوي أو الألمنيوم بأبعاد تعتمد علي نوعية المفاعل الذي سوف تستخدم بة . وبداخل الأنابيب توضع أقراص الوقود سواء من اليورانيوم الفلزي او من أكسيد اليورانيوم الخزفي بنسب تخصيب مختلفة تعتمد علي نوع المفاعل (من 5% الي 90%) وبعد تحضير قضبان الوقود وتجميعها علي هيئة وحدات وقود يجري شحنها الي المفاعلات لفترات متفاوتة حسب نوع المفاعل وقدرتة وبعد إنتهاء فترة عمل وحدات الوقود تستخرج من المفاعل وتحول الي معامل معالجة الوقود المحترق[4].

2.13 المواد النووية الأخري

بالإضافة لعنصري الوقود النووي فهنالك مواد نووية اخري تدخل في تصنيع الوقود النووي ولايمكن الاستغناء عنها في هذا المجال ، وهي المواد التي تستخدم لتغليف الوقود أو في تصنيع قضبان التحكم وقضبان الأمان في المفاعلات، وهنالك أيضاً المواد التي تستخدم في تجهيز مصادر النيوترونات والعاكسات النيوترونية التي تحيط بقلب المفاعل ، وكذلك المواد التي تدخل في الدروع الواقية من الإشعاع[1].

الفصل الثالث

المفاعلات النووية

3.1 مقدمة

المفاعل النووي هو جهاز تبدأ فية سلسة التفاعلات النووية ويتم التحكم فيها وتستمر في حالة إستقرار . الإستخدام الأكثر وضوحا للمفاعلات النووية هو إستخدامها كمصدر طاقة لتوليد القدرة الكهربية . ويشمل المفاعل الوقود (مادة الإنشطار) ، مادة مهدئة لكي تتحكم في معدل الإنشطار .

أما بالنسبة لمحطة قدرة نووية فإن الحرارة التي يعطيها الإنشطار النووي داخل المفاعل النووي ، وذلك عندما تضرب أنوية الذرة المواد القابلة للإنشطار بواسطة نيترون فإنها تنتج نواتين أو أكثر كناتج الإنشطار مطلقة طاقة . والنيترونات المستخدمة في عملية الإنشطار النووي يتم التحكم في سلسلة التفاعل فإن الطاقة الناتجة يمكن إستخدامها في تسخين الماء وإنتاج البخار الذي يدير تربين يتصل بمولد كهربي لإنتاج الكهرباء[5].

3.2 نظرية المفاعلات النووية

عند بناء مفاعل يلزمنا الحصول علي حجم حرج أو كتلة حرجة من المادة الإنشطارية ، وتحديد الحجم الحرج للمفاعل يعتمد علي التوازن النيوتروني داخل المفاعل . فالنيوترونات تنتج من الإنشطار النووي بينما تستهلك في تفاعلات الأسر أو التشتت ، كما ويتمكن البعض منها من الهروب خارج المفاعل ، وبالتالي فإن الصيغة العامة لمعادلة الإتزاني النيتروني في المفاعل تأخذ الصورة التالية :

محصلة معدل توالد النيوترونات يساوي معدل إنتاج النيوترونات بواسطة الإنشطار مطروحا منة معدل فقد النيوترونات عن طريق تفاعلات الإمتصاص والتسرب ، أي أن :

$$\frac{dn}{dt} = \text{معدل الإنتاج} - \text{معدل التسرب} - \text{معدل الإمتصاص} \qquad (1\text{-}3)$$

حيث أن n كثافة النيوترونات (عدد النيوترونات في وحدة الحجوم)

$\frac{dn}{dt}$ معدل التغيير بالنسبة للزمن .

وعندما تكون المنظومة في حالة الإستقرار (الاتزان) أي حالة steady status فإن محصلة معدل التوالد تساوي صفراً ، أي أن $\frac{dn}{dt}$ تساوي صفر وينتج أن :

معدل الإنتاج = معدل الإمتصاص + معدل التسرب

وهذا يعني أنة في حالة الإستقرار او المنظومة الحرجة فإن معدل إنتاج النيوترونات يتزن تماما مع معدل الإمتصاص ومعدل الهرب .

3.3 التحكم في المفاعلات النووية

يعتبر التحكم في المفاعل النووي واحدة من أعقد المشاكل التي تواجه تشغيلة ويعتمد التحكم في المفاعل بصورة عامة علي الإتزان النيوتروني بة فعندما يزداد عدد النيوترونات الناتجة عن الإنشطار (K_{eff}>1) فإن ذلك يعني أن المفاعل أصبح فوق الحرج وسوف يتضاعف عدد النيوترونات ومن ثم يتسارع معدل الإنشطار الي درجة الإنفجار ، مالم يوقف هذا التسارع المجنون ، أما إذا قل معدل النيوترونات الناتجة عن الإنشطار عن معدل الإمتصاص والتشتت وغير ذلك من العمليات في المفاعل فإن الإنشطار المتسلسل سوف يتوقف (K_{eff}<1) ومن ثم سوف يطفئ المفاعل ويتوقف عن العمل . أما في الحالة الحرجة(K_{eff}=1) فإن معدل إنتاج النيوترونات يتزن مع معدل امتصاصها ونحصل علي حالة الاستقرار .

يمكن التحكم في المفاعل ، وذلك بوضع مادة تستطيع إمتصاص النيوترونات الزائدة عن الحاجة ، ويتمثل ذلك في إستخدام قضبان تحكم من مواد قابلة لأمتصاص النيوترونات الحرارية (كما هو الحال في معظم المفاعلات) من هذه المواد الكادميوم والبورون وغيرها . وبالتالي نستطيع أن نقلل من عدد النيوترونات عندما ندخل هذه القضبان الي أعماق كبيرة في المفاعل وذلك عندما تزداد K_{eff} . أما إذا إنخفضت قدرة المفاعل عندما تقل K_{eff} عن الواحد فإننا نقوم بسحب هذه القضبان الي الخارج كي يعود المفاعل الي حالة الإستقرار[6].

3.4 السيطرة علي قدرة المفاعل النووي

تعتمد قدرة المفاعل علي عد نوي اليورانيوم المنشطرة في الثانية الواحدة ، وهي بدورها تتناسب مع عدد النيوترونات المتوافرة في المفاعل ، وإذا إفترضنا أن المفاعل مصمم بحيث يزيد K_{eff} عن الواحد بقليل بحيث يزداد عدد نوي اليورانيوم المنشطرة في الثانية الواحدة بإستمرار وبالتالي تزداد قدرة المفاعل . وعندما تصل قدرة المفاعل الي الحد المطلوب تعدل ظروف عمل المفاعل بحيث تصبح K_{eff} مساوية الي واحد .

هنا يتساوي عدد النيوترونات المتولدة مع عدد النيوترونات المفقودة . وكما أوضحنا سابقاً بأن $kp=K_{eff}$

كما أن تعتمد علي نوع المفاعل و p علي سعتة وكلاهما ثابت في النوع الواحد من المفاعلات . ولغرض تغيير قيمة K_{eff} لابد من التحكم بقيمة p ، وذلك بإستعمال مايعرف بقضبان السيطرة ControlRodsوهي مصنوعة من عناصر ماصة للنيوترونات كالكادميوم والبورون وغيرها . وعند إدخال تلك القضبان الي قلب المفاعل تمتص النيوترونات وتقل نتيجة لذلك K_{eff} و p [7].

3.5 تصنيف المفاعلات النووية

يمكن تصنيف المفاعلات النووية بصورة عامة في مجموعتين رئيسيتين وذلك حسب مبدأين رئيسيين :

أ- نوع النيوترينات التي تسبب الإنشطار .
ب- الغرض الذي من أجلة تبني هذه المفاعلات .

المجوعة الأولي :-

تصنف المفاعلات هنا حسب طيف النيوترينات وتقسم الي عدة أقسام :

1- المفاعلات السريعة Fast Reactors :

حيث يتم الإنشطار هنا عن طريق نيوترينات سريعة بطاقة أكبر من 0.2 M.e.v.

2- المفاعلات المتوسطة Intermediate Reactors :
حيث يتم الإنشطار هنا عن طريق نيوترينات تتراوح طاقتها بين 0.1 e.v و 0.2 m.e.v .
3- المفاعلات الحرارية Thermal Reactors :

حيث يتم الإنشطار هنا عن طريق النيوترينات الحرارية بطاقة أقل من 0.1 e.v .

المجموعة الثانية :

تصنف المفاعلات هنا حسب الغرض الذي يبني من أجلة المفاعل وتقسم الي عدة أقسام:

1- مفاعلات القدرة Power Reactor :

حيث تصمم المفاعلات هنا للحصول علي الطاقة النووية لإستخدامها في الصناعة والحياة العملية .

2- مفاعلات الأبحاث Research Reactors :
حيث تصمم المفاعلات هنا لإجراء التجارب المختلفة التي تساعد علي دراسة الفيزياء النووية والإشعاع وتحضير النظائر المشعة والدراسات المتعلقة بالفيزياء الصحية وغير ذلك .

3- المفاعلات الإنتاجية Breeder Reactors :
حيث تصمم المفاعلات هنا للحصول علي مواد إنشطارية مثل U^{233} وP^{239} وذلك بتحويل مواد مخصبة الي تلك المواد.

4- مفاعلات الأغراض المختلفة :
هنالك العديد من الأغراض التي يمكن أن تستخدم وتبني من أجلها المفاعلات ، فمثلا يمكن إستخدامها لتحضير عناصر فائقة الثقل أو عناصر ما بعد اليورانيوم Transuranium Element مثل F_m, CF, C_m وغيرها[6].

3.6 تحضير النظائر المشعة في المفاعلات

عند تحضير النظائر المشعة بتشعيع الأهداف المناسبة في المفاعلات تلعب درجة نقاوة الهدف دوراً هاماً خاصةً إذا كانت قيمة المقطع العرضي للتفاعل (σ) بين العناصر الموجودة في الهدف كشوائب والنيوترونات ، مرتفعة . وفي بعض الأحيان لايمكن تجنب وجود الشوائب حتي في حالة إستخدام أكثر الأهداف نقاوة .

عند تشعيع مجموعة من العناصر بالنيوترونات البطيئة تتكون نظائر مشعة تتفكك وتطلق إشعاعات بيتا وتتحول الي نظائر مشعة للعناصر التالية لها في الجدول الدوري .

ويتكون النظير المشع لعنصر مختلف من العنصر الهدف وبذلك يمكن الحصول علي النظير المشع المتكون بإشعاعية نوعية مرتفعة وبدون حامل[4].

3.7 المواد المستعملة في بناء المفاعلات النووية

إن المواد الواجبة لبناء المفاعلات النووية يجب ان تؤخذ بعين الإعتبار وتدرس قبل البناء وهذه المواد يجب أن تنتخب خاصة من الوجهة التكنولوجية بل كذلك من الوجهة البيئية ، وكذلك يجب أن يكون عامل الإنشطار النصفي صغيراً جداً حتي يحفظ ضياع النيوترونات من الإمتصاص او الإلتقاط والقسم المهم من هذا المفاعل دراسة وتصميم وحدات مواد الإحتراق ، وهذه المواد عامة موجودة مغلفة بشكل قضبان أو صفائح أو أوعية أسطوانية الشكل أو غيرها ومواد الإحتراق هذه مأخوذة عامة من عنصر اليورانيوم صاحب الجسم المبلور وهذا عن طريق التفاعل ترتفع حرارتة ويتغير شكله في أغلفتة وحتي لا تتمزق هذه الأغلفة وتسبب أضراراً بضياع مواد الاحتراق هذه في المفاعل زيد علية في الأغلفة مادة ال Zircon كمسحوق للتماسك ، ولكن بإرتفاع الحرارة الي 500C يتغير شكل كرستال اليورانيوم ، وتتضخم أو تتمدد الأوعية ومن بعد الخبرة والتجارب وجد بأن تغليف عنصر اليورانيوم ،أي المقصود مواد الإحتراق برقائق مادة الألمنيوم هو الحل الوحيد لهذه القضية الصعبة ،ودود الأغلفة الموافقة من مادة الألمنيوم وكذلك إنزال الحرارة ، والسبب يعود الي أن معدن الألمنيوم ينصر عند درجة حرارة تحت 300C وبعملية إنصهار معدن الألمنيوم يتسرب هذا المعدن الي مابين حبوب بلور عنصر اليورانيوم ويعمل علي تماسكة ويخفف الحرارة المرتفعة ، وكذلك وبمساعدة مسحوق ال Zircon تكاملت عملية الحفظ والتماسك من التآكل وغيره .

أما بما يختص بالمخففات من بعد دراسات وإختبارات أخذت مادة الجرافيت كمخفف . وهذه المادة أظهرت بأن عندها ميزة أنها لا تؤثر عليها النيوترونات وخاصة الحرارية منها ولا تمتص ولا تلتقط النيوترونات بل تعكسها ، وكذلك من ميزات هذه المادة أنها تتحمل تغير الحرارة في المفاعل .

ولبناء المفاعلات يجب في كل الحالات التعمق بأبحاث مواد البناء الموافقة والصالحة وكل ما تتطلبة تكنولوجيا بناء المفاعلات النووية[8].

3.8 تركيب المفاعل النووي

يتركب المفاعل بصوره عامة من عدة أجزاء يمكن تفصيلها فيما يلي :

3.8.1 قلب المفاعل

يسمي الجزء المركزي من المفاعل بالقلب وفي جميع المفاعلات – ماعدا المفاعل المولد – يحتوي قلب المفاعل علي الوقود Fuel والمهدئ النيوتروني Moderator أو المبرد Coolant في حين لا يحتوي المفاعل المولد علي مهدئي .

الوقود في بعض المفاعلات هو يورانيوم طبيعي أو يورانيوم مخصب أو بلوتونيوم أما المهدئ فهو عباره عن مادة تحول النيوترونات السريعة إلي نيوترونات حرارية ، يجب علي المادة المهدئه أن يكون لها مقطع عرضي امتصاص عالي . وأن تكون من المواد الخفيفه .

والتي تحوي عدداً كبيراً من ذرات الهيدروجين وأفضل المهدئات هي الماء العادي والماء الثقيل ، كما تستخدم أيضا بعض المواد مثل الكربون التجاري (الجرافيت) والبولونيوم وبعض الخزفيات .

أما المبرد فهو مادة الغرض الأساسي من وجودها هو إمتصاص الحرارة للاستفاده منها وكذلك لمنع تصاعد حرارة القلب[1].

3.8.2 قضبان الوقود

يتكون الوقود النووي من اليورانيوم -238 ، مع نظير إنشطاري مثل اليورانيوم - 235 في صورة قضبان طول كل منها حوالي أربعة أمتار و قطرها سنتمتر واحد .

تنظم قضبان الوقود في حزم . وتتم عملية إعادة شحن للوقود سنوياً بعد إيقاف عمل المفاعل لتغيير حوالي ثلث شحنة الوقود في المفاعل وتغلف القضبان بسبيكة الزركونيوم .

3.8.3 قضبان التحكم

توجد داخل قلب المفاعل (قضبان التحكم) وهي مواد شديدة القابلية لامتصاص النيوترونات ، مثل البورن والكادميوم ، وهي مغلقة حتى يمكن أن تمر خلال قضبان الوقود النووي للتحكم في عملية الانشطار . وفي بعض المفاعلات تكون قضبان التحكم علي شكل ألواح متقاطعة علي هيئة صلبية ، ويتم إدخالها من أسفل المفاعل .

3.8.4 العواكس

يزود قلب المفاعل من داخله بعواكس من مواد خصبة مثل اليورانيوم -238 ، لتقوم برد بعض النيوترونات وتجعلها تنعكس إلي قلب المفاعل ومنعها من التسرب خارجه وفضلاً عن ذلك فإنها تتحول إلي مواد إنشطارية مثل البلوتونيوم الذي يمكن استخدامه في أغراض أخرى أغلبها عسكريه[9].

3.9 عمليات التبريد في المفاعلات النووية

كل المفاعلات النووية يلزمها طرق تبريد لأنة من عملية إنشطار نوي الذرات أي نوي وقود المفاعل ينتج من هذه التفاعلات حرارة مرتفعة ، وهذه الحرارة تستعمل أولاً لتوليد الطاقة عن طريق المبادلات الحرارية وعن طريق المكثفات تعود لتبريد الحرارة المنتجة من الإنشطارات . ولذلك لإنتاج الطاقة تستعمل المياه العادية الطبيعية وكذلك المياه الثقيلة أو المعادن المائعة السائلة لأن هذا المبرد المعدني يلعب دوراً مهما في عمليات التبريد وكذلك يمكن التبريد بإستعمال الهواء مثل غاز الهليوم[8].

3.10 أنواع المفاعلات النووية

3.10.1 مفاعلات البحوث أو المفاعلات التجربية

تم بناء أو مفاعل نووي في ظروف سريه جداً في الحرب العالميه الثانيه تحت ملعب كر قدم في جامعة شيكاغو في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1942م وتم بناؤه في فترة لم تتجاوز الشهر الواحد وأستعملت في بنائه ماده الجرافيت علي شكل قطع تشابه طوابق النباء. وضعت قطع الجرافيت فوق طبقه علي شكل بناء كروي داخل غلاف خليط من الخشب ووضعت مادة الكادميوم علي شكل الواح داخل الجرافيت لإمتصاص النيوترونات الطارئه لضمان عدم بدايتها للتفاعل المتسلسل .

وقد وضعت أيضاً أجهزة قياس الفيض النيوتروني وتقرأ هذه الأجهزه بين فتره إلي أخرى لمراقبة تطور التفاعل النووي .عندما تم وضع الطبقة 57 من الجرافيت كان من الواضح أن الشئ الوحيد الذي يمنع التفاعل من الوصول إلي الحاله الحرجه هو ألواح الكاديوم داخل الجرافيت ، في هذه الحاله كان إرتفاع مصفوفات الجرافيت أكثر من 6أمتار وكذلك عرضها وطولها وكانت تحتوي علي 36طناً من اليورانيوم وأكثر من 340طناً من الجرافيت. وفي عام 1942م تجمع العلماء والفنيون لملاحظة قراءات الأجهزه بينما أشرف العالم الإيطالي أنريكو فيرمي علي عملية سحب قضبان السيطره ، وفي ذلك اليوم تم تشغيل أول مفاعل نووي وأول تفاعل نووي متسلسل مستمر في التاريخ .لإنعدام أجهزة السلامه في هذا المفاعل ودروع الوقايه من الإشعاع لم يدم تشغيله طويلاً وتم هدمه في ربيع عام 1943م وقد كان نجاح تشغيله هو النتيجه الحتميه لإكتشاف الانشطار النووي من قبل العالمين الألمانيين هان وشتراسمان والعقليه الفذه التي يمتلكها العالم الإيطالي فيرمي الذي كان من الضحايا الأوائل لقلة المعلومات المتوفره عن الأضرار الإحيائيه للإشعاع إذ لم يدم طويلاً بعد ذلك وتوفي في الخمسينيات نتيجة الجرعه الإشعاعيه التي تلقاها .

المفاعلات من النوع أعلاه تسمي بالمفاعلات التجريبيه أومفاعلات البحوث وهي تستخدم لأغراض متعدده كدراسة تفاعلات النيوترونات مع المواد المختلفه. وبعض هذه المفاعلات مصممه لدراسة فيزياء المفاعلات بالذات كدراسة الكشافات النيوترونيه ودرجات الحراره وإنتاج البلوتونيوم - 239 من اليورانيوم - 238 .

من أشهر أنواع مفاعلات البحوث انتشاراً هو مفاعل حوض الماء المكون من قلب من اليورانيوم العالي التخصيب في قعر أو وسط حوض ماء عميق ، للماء في هذا المفاعل أدوار متعدده فهو يعمل كمهدئي ومبرد وعاكس للنيوترونات وكذلك كدرع واقي وعلي عكس الجرافيت فان الماء يسمح للمشاهد بالنظر إلي قلب المفاعل حتى عندما يكون في دور التشغيل وهذا ليس ممكناً في اي نوع آخر من المفاعلات ولأن بعض أنواع الإشعاع تسير داخل الماء أسرع من الضوء (داخل المادة) فإن الماء يتألق بلون أزرق يسمي إشعاع شرنكوف[10].

3.10.2 مفاعلات الماء العادي

وهي المفاعلات التي تستخدم الماء العادي كمهدئ ومبرد وناقل للحراره . ولذلك فوقودها من اليورانيوم المثري إلي حوالي3% من النظير -235 حتى يتغلب علي إقتناص النيوترونات بواسطه النظير - 238 ، وتنقسم هذه المفاعلات إلي نوعين حسب دورة الماء في نقل الحراره إلي التوربينات :

3.10.2.1 مفاعلات الماء المغلي

وفيها يمر الماء خلال دوره واحده من قلب المفاعل إلي التوربينات حيث يغلي الماء داخل المفاعلال ، ويخرج بخاراً إلي التوربينات في درجة حراره تبلغ حوالي 283 درجة مئويه وتحت ضغط يعادل حوالي 70 ضعفاً للضغط الجوي وبعد إدارة التوربينات يتكثف وبعود مرهأخرى إلي قلب المفاعل وهذه الدوره يجب أن تكون مغلقه تماماً بما فيها التوربينات ، حيث إن الماء يلامس الوقود النووي ويتحمل بنواتج الإنشطار المشعه التي يمكن أن تنتقل بدورها إلي التوربينات وكل ما يلامسه الماء

3.10.2.2 مفاعلات الماء المضغوط

وتوجد فيها دورتان للماء ، الأولي مغلقه تماماً لنقل الحراره من قلب المفاعل إلي دورة الماء والثانيه والتي تنقلها بدورها إلي التوربينات ، ففي الدوره الأولي يظل الماء سائلاً خلال الدوره كلها ، ويخرج من قلب المفاعل في درجة حراره تبلغ حوالي 325 درجه مئويه وتحت ضغط يبلغ حوالي 150 ضعف الضغط الجوي ليمر من خلال دوره الماء الثانيه التي يتم فيها توليد البخار وتوجيهه لإداره التوربينات ثم تكثيفه وإعادته مرة أخرى إلي بداية هذه الدوره ، ووجود الدوره الثانيه التي لا يلامس فيها الماء الوقود النووي يدفع من درجة الأمان الإشعاعي ويمنع انتقال أية نظائر مشعه من قلب المفاعل إلي التوربينات ، ولكن من ناحية أخرى يزيد الضغط وتزيد درجة الحراره في قلب المفاعل عن مفاعلات الماء المغلي و تستخدم مفاعلات الماء المضغوط علي نطاق واسع في محطات الكهرباء .

3.10.3 مفاعلات الماء الثقيل

وهي مفاعلات تستخدم الماء الثقيل الذي يحتوي علي الديوتيريوم بدلاً من الهيدروجين ، كمهدئي ومبرد في دورة أوليه وتستخدم الماء العادي كناقل للحراره ولإدارة التوربينات في دورة ثانويه وهي تشبه مفاعلات الماء المضغوط إلي حد كبير فيما عدا استخدم الماء الثقيل الذي يسمح باستخدام اليورانيوم الطبيعي بدون إثراء وقد تم تطوير هذه المفاعلات في كندا وتعرف باسم الكاندو CANDU وتتميز ببساطتها الفائقه .

3.10.4 مفاعلات التبريد الغازي

وهي مفاعلات وقودها من اليورانيوم الطبيعي ، ويستخدم فيها الجرافيت كمهدئي وثاني أكسيد الكربون كمبرد في دورة أوليه لينقل الحراره إلي دورة ثانويه لتويد البخار علي غدار مفاعلات الماء المضغوط ، ويخرج ثاني أكسيد الكربون من قلب المفاعل في درجة حراره 400 درجه مئويه ، وضغط يعادل 70 ضعف الضغط الجوي ، وهذا النوع تم تطويره واستخدامه لأول مره في بريطانيا 1956م وقد تم تطوير نوع آخر من نفس الطراز ولكنه يستخدم يورانيوم مثري إلي 2.3% من النظير - 235 كوقود ويسمي المفاعلات المتقدمه المبرده بالغاز .

3.10.5 مفاعلات الماء والجرافيت

وهي مفاعلات تستخدم الجرافيت كمهدئي والماء العادي كمبرد وناقل للحراره حيث يمر في قلب المفاعل خلال أنابيب تحتوى علي الوقود، ويخرج في درجة حراره 284 درجه مئويه وضغط يعادل 68 ضغف الضغط الجوي ليدير التوربينات ، ثم يتكثف ويعود ثانية إلي قلب المفاعل . وهذه النوعيه من المفاعلات تمثل الصوره المطوره من أول مفاعل أنشئ في الاتحاد السوفييتي السابق في عام 1954م بقدره 5 ميجاوات كهربائي ، وقد طورت هذه المفاعلات في الاتحاد السوفييتي إلي أن وصلت قدرتها إلي 1500 ميجاوات

كهربائي ، وكان مفاعل تشيرنوبيل من هذا الطراز . ولكن بعد الحادث الشهير أوقف إنشاء اي مفاعلات جديده منه .

3.10.6 المفاعلات السريعه المولده أو المنجبه

علم أن جزءاً من اليورانيوم -238 الموجود في الوقود النووي يتحول إلي بلوتونيوم يمكن استخلاصه من الوقود المحترق وإعادة الي وقود جديد فهو أفضل من اليورانيوم في الإنشطار ، ويكنه ذلك بواسطة النيوترونات السريعه .

ستكون المفاعلات السريعة هي مفاعلات المستقبل عندما يبدأ اليورانيوم -235 وكذلك البلوتونيوم في النضوب وذلك لتحويل الاحتياطي الهائل من اليورانيوم -238 إلي بلوتونيوم . والفكره الاساسيه وراء المفاعلات المولده هي استخدام البلوتونيوم بمفرده أو البلوتوينوم مع نسبه من اليورانيوم -235 كوقود وعدم استخدام مهدئي وفي نفس الوقت وضع بطانه من اليورانيوم الطبيعي أو اليورانيوم المستنفد حول قلب المفاعل بدلاً من العاكس النيوتروني حيث يقتنص اليورانيوم -238 هذه النيوترونات الهاربه من قلب المفاعل و يتحول بذلك إلي بلوتونيوم .

وما زالت أبحاث تنمية وتطوير المفاعلات السريعه المولده تعترضها بعض المشاكل العلميه المنتظر حلها ، ولكنها لا تعتبر مشاكل عاجله أو ملحه لوفرة الوقود النووي في الوقت الحاضر[2].

3.11 تشغيل المفاعل النووي وإيقافه

يتضمن تشغيل المفاعل شحنه بالوقود من يقترب من المسرى الحرج ومن ثم إجراء التجارب . وقبل التشغيل يتم فحص نظام السيطره والأمان ، أجهزة مراقبة الإشعاع ، نظام التكييف الهوائي ونظام الإنذار ونظام التبريد . يبدأ التشغيل عند مستوي قدره من مرتبة $10^{-5}P$ والذي يسمي أدني مستوي سيطره (MCL) ثم يتم وضع عناصر الوقود الواحده بعد الأخري متي يصبح المفاعل حرجاً يبدأ إطلاق القدره بالتزايد التدريجي من المستوي الفيزيائي إلي المستوي التجريبي ثم إلي المستوي العملي .

يتوقف المفاعل لعدة أسباب مثل إعادة تحميل عناصر الوقود ، الصيانات والفحوصات الروتينيه أو الأسباب الطارئه يتم أيقاف المفاعل تدريجياً بتقليل الفيض النيوتروني وذلك بإنزال قضبان التحكم[1].

3.12 الوقاية من إشعاعات المفاعلات النووية

في عملية إنشطار نوي ذرات اليورانيوم أو غيرها في المفاعلات النووية ينتج إشعاعات خطرة من كل أنواع الإشعاعات ، ومنها الإشعاعات التالية المعروفة α, β, γ, n وهذه الإشعاعات يجب حجبها للوقاية من أضرارها ومن أهم وسائل الوقاية طرق بناء المفاعلات النووية .

خاصةً أحواض المفاعلات النووية وهي في الحقيقة احواض واقية مبنية من أسمنت مغلف خاص عازل وكذلك كابح الإشعاعات المنبة من التفاعلات والإنشطارات الحاصلة من عمليات الإنشطار المتسلسل بألا تتسرب الي الخارج وتبيد البئية والإنسان والطبيعة ، ولذلك للتغيير وتنقية الهواء بنيت في المفاعل مصاف خاصة Filter وكذلك احتياطات لمنع تسرب مياه تبريد المفاعلات النووية الي المياه الجوفية . ومن المعروف أنة بإنشطار مادة اليورانيوم ينتج تقريباً 300 من النظائر المشعة التي تمتلك إختلافات في اعمارها النصفية وهذه المواد يجب من وقت لآخر إخراجها من المفاعلات النووية ، ولأن هذه البقايا تمتص كثيراً من النيوترونات ، ولهذا تخفف من عمليات الإنشطار .

ولحفظ الإنسان والمادة الطبيعية والوقاية من حثالة وخطر إشعاعاتت هذه المواد النووية فكر علماء الفيزياء والبيئة بتخزينها وحفظها في مناجم الملح الطبيعية للأسباب التالية :

1- لأن أحجار الملح الطبيعية الموجودة في عمق المناجم تبعد هذه المواد المشعة عن الهواء والغاز والتفاغل الخارجي .
2- لأن مناجم الملح العميقة عندها عملية إنتقال الحرارة لإضمحلال المواد المشعة .
3- مناجم الملح هي الوسيلة البسيطة وكذلك الرخيصة لحفظ المواد المشعة ومنع تسرب إشعاعات هذه المواد الي الهواء والمياه وغيرهما[8].

3.13 خصائص المفاعل المثالي

يمكن إجمال أهم العوامل التي تمكن من صناعة مفاعل مثالي في الآتي :

- **السلامه التامه :**

ونعني بها زيادة درجة الأمان لأقصي درجه ممكنه وزيارة سرعة رد الفعل الإيجابي عند الحواث الطارئه .

- **بساطه التصميم :**

حيث يؤدي إلي زيادة ما مش الأمان وسهوله الصيانة و التشغيل والإيقاف .

- **الكفاءة العالية :**

وهي المقصد الأساسي في بناء المفاعل ، ويتم بإختيار أفضل أنواع الوقود ومواد بناء المفاعل .

- **خفض التكاليف :**

يتم ذلك بجعل عمر المفاعل أكبر وبزيادة فترة تواجده ضمن شبكة العمل قبل إعادة شحنه .
ويتم ذلك بجعل تصميمات الأمان جزءاً أساسياً منذ البداية وكذلك اختيار الموقع المناسب[1].

الفصل الرابع

المحطة النووية

4.1 مقدمة

يتم إختيار موقع إنشاء المحطة النووية بناءاً علي دراسات جسولوجية وبيئية مكثفة لتحقيق أقصي قدر من الأمان أثناء التشغيل وتهدف هذه الدراسات الي بيان مدي ملائمة الموقع المقترح للشروط التي تتطلبها

إجراءات الأمان ، لقد وضعت الوكالة الدولية للطاقة الذرية مواصفات محددة وإعتمدتها الدول الأعضاء ومن أمثلة الشروط الهامة الواجب توافرها في الموقع :-

1- بعد المنطقة من احتمال وجود زلازل أو براكين أو أعاصير .
2- بعد المنطقة عن مجاري السيول والفيضانات المفاجئة .
3- بعد الموقع عن المطارات .
4- أن يكون الموقع في منطقة معزولة بعيداً عن المناطق السكنية .
5- أن تكون التكوينات الصخرية والتراكيب الجيولوجية للموقع ملائمة لبناء المحطة النووية .
6- يجب معرفة موقع المياة الجوفية وإتجاه حركتها لتجنب إحتمال تلوث هذه المياه بالمواد مشعة[11].

4.2 إدارة وتنظيم المحطة النووية

لتشغيل المحطة النووية بسلامة وكفاءة يجب تيسير هيئة تشغيل مؤهلة ومتمرسة . فيعتمد عدد افراد الهيئة علي نوع المفاعل الموجود في المحطة ، فمثلاً يتطلب تشغيل محطة بها مفاعل بحوث صغير يعمل علي الأساس اليومي هيئة تشغيل لا يزيد عدد أفرادها علي أربعة أشخاص . أما في حالة مفاعل توليد طاقة كبيرة يشتغل علي أساس المناوبة فيحتاج الي أكثر من مأتي شخص .

تتكون إدارة تشغيل محطة بحوث مثالية من المدير ومشرف مفاعل وهيئة تشغيل وصيانة وفيزياء صحية . ويتحمل المدير مسئولية السلامة والتشغيل والتخطيط لجميع برامج البحوث التجريبية. وتقع علي عاتق مشرف المفاعل مسئولية العمليات الروتينية كالتدوين الروتيني والمصادقة والإهتمام بشؤون الموظفين وواجباتهم .

إن متطلبات مسئولية هيئة الصيانة هي ضمان عمل جميع مركبات المفاعل بكفاءة وسلامة . وعليهم إجراء بعض الأعمال الروتينية خلال التشغيل للتأكد من عدم وجود إخفاق غير متوقع لإحدي مركبات المفاعل والذي قد يعرض سلامة التشغيل الي الخطر .

وتتضمن واجبات أعضاء الفيزياء الصحية قياس كميات الإشعاعات النووية الروتيني لضمان حماية العاملين من ضرر غير متوقع . وتفرض علي جميع العاملين تعليق بادجات علي صدورهم لقياس كميات الإشعاعات التي يتعرضون لها طيلة فترة عملهم في المشروع ، وقد يستخدم جهاز قياس من نوع آخر مشابه . والعناية بالأشخاص الذين يتعرضون الي كميات من الاشعاعات اكثر من المسموح بها . وقد تضطر الي منعهم من دخول المساحات الملوثة بالإشعاعات لفترة زمنية يتوقف طولها علي مقدار زيادة كميات الإشعاعات التي استلمتها أجسامهم عن المسموح بها[12].

4.3 أمان المحطات النووية

يعتمد أمان تشغيل المحطات النووية علي المبادئ التالية :

1- خضوع اختيار مواقع المحطات النووية لأدق الدراسات التي تتضمن أعلي معدلات الأمان للإنسان والبيئة .
2- وجود حواجز متعددة تعمل كخطوط دفاع متتابعة لاحتواء المواد المشعة ومنع تسريبها للبيئة بحيث إذا فشل إحداها يحل محلة الذي يليه .
3- توفير أعلي معدلات الجودة أثناء التصميم والإنشاء والتشغيل .
4- إعداد العاملين والقائمين علي التشغيل والصيانة وفقاً لأعلي وأدق المقاييس الفنية والصحية والنفسية.
5- الكشف المستمر علي أجهزة المحطة واختبارها بواسطة جهاز الرقابة والأمان النووي المستقل تماماً علي عن الجهة المالكة للمحطة او المشغلة لها.
6- تصميم المحطة بحيث توفر أقصي درجات الأمان في التشغيل حتي افتراض حدوث خطأ من القائمين علي التشغيل او خلل فني بأحد اجهزة التشغيل وذلك من خلال ثلاثة مستويات أمان هي :

أ- توافر نظام أمان ذاتي داخل معظم أنواع المفاعلات نفسها عن طريقة الاستخدام الأمثل لطبيعة التفاعل النووي وهذا الأمان الذاتي يمنع المفاعل النووي تحت أي ظروف من الانفجار مثل مفاعل تشرنوبيل .
ب- توافر أجهزة التحكم في تشغيل المفاعل وإيقافه لتلافي أية أضرار نتيجة ظروف تشغيل غير عادية .
ت- وجود أنظمة نووية مستقلة ومترادفة لتوفير أمان المفاعل حتي في حالة الحوادث الافتراضية شبة المستحيلة بما فيها الكوارث الطبيعية كالزلازل والفيضانات والحرائق والأعاصير[11].

4.4 المقومات الضرورية لأنشاء وتشغيل المحطة النووية

من الضروري عند إنشاء أي مشروع كبير سواء في حجم محطات الطاقة النووية او غيرها من المشروعات الصناعية الكبري ، أن يتوفر لهذا المشروع عدد من المقومات الأساسية الضرورية منها توافر العناصر البشرية والكفاءات لتشغيلة ، كما أنه يتطلب توافر الاموال الضرورية لتمويل المشروع وأخيرا ضرورة توافر الإطار التشريعي والقانوني لهذه المشروعات .

4.5 الآثار الإقتصادية لمشروع المحطة النووية

لقد أسهمت محطات الطاقة النووية في الدول المضيفة لها ، في تحقيق دور تنموي في غاية الأهمية علي كافة الأصعدة الإقتصادية والإجتماعية ، فضلا في توفير بيئة سليمة من حيث تحسين الظروف الإقتصادية والإجتماعية والبيئية ، وقد إعترفت بذلك الدول الأعضاء في وكالة الطاقة الدولية عام (1993م) من حيث قدرة الطاقة النووية علي تلبية وتحقيق وإنجاز اهداف التنمية المستدامة علي أبعادها الثلاث البعد الإقتصادي والإجتماعي والبيئي .

ومن الآثار الإقتصادية :

1- مساهمة النووية في تلبية الطلب المتزايد علي الطاقة .
2- مساهمة الطاقة النووية في حل مشكلة أمن إمدادات الطاقة ، في ظل مؤشرات مستقبلية تشير الي إقتراب موعد نضوب المصادر النفطية .

3- يساهم إستخدام الطاقة النووية في زيادة تنوع مصادر الطاقة .
4- إمكانية المساهمة في توليد كهرباء رخيصة وتنافسية مقارنة بتلك الكهرباء المنتجة غير مصادر الطاقة الأخري .
5- يمكن أن تساهم المحطات النووية في توفير مورد مالي هام للخزينة العامة للدولة وذلك من خلال الضريبة المفروضة علي الكهرباء المنتجة عبر هذه المحطات .
6- يساهم إنشاء محطات الطاقة النووية في تحقيق رواج إقتصادي كبير ، خاصة بالنسبة للمناطق المحيطة بهذه المحطات .
7- تساهم المحطات النووية في توفير وظائف وفرص عمل علي مستوي عالٍ .
8- المساهمة في إثراء الحياة العلمية والبحث العلمي .
9- مساهمة الطاقة النووية في الحد من إنبعاثات الغازات الدفيئة والمنبعثة من محطات الطاقة المعتمدة في تشغيلها علي الوقود الإحفوري (النفط والغاز الطبيعي) ، حيث أن الطاقة النووية لا ينبعث عنها أي ملوثات بيئية[13].

4.6 الإستخدامات السلمية

4.6.1 الطاقة الكهرونووية

تقوم محطات الطاقة النووية بنفس عمل محطات توليد الطاقة الكهربائية الحرارية البخارية ، حيث تقوم بتوليد البخار بالحراره التي تتولد في قلب المفاعل .

الفرق في محطات الطاقة النووية أنه بدل إحتراق الوقود الاحفوري يحترق الوقود النووي الذي ينشطر داخل قلب المفاعل والذي يحاط بجدار عازل وواق من الاشعاع المؤين وهو يتكون من طبقة من المياه وطبقة من الحديد الصلب ثم طبقة من الاسمنت تصل الي سمك مترين وذلك لحماية العاملين في المحطة والبيئية المحيطه من التلوث بالاشعاع ، وكانت اول محطة توليد حرارية نووية في العالم لانتاج الطاقة الكهربائية نفذت في عام 1951م وللمرة الاولي من مفاعل في امريكا

وفي عام 1950م أنشأ الاتحلد السوفيتي السابق مفاعل لانتاج الطاقة الكهربائية بقدرة 5 ميجا واط . الطاقة النووية تزود دول العالم باكثر من 16% من الطاقة الكهربائية ، فهي تمد 35% من احتياجات دول الاتحاد الاروبي ، واليابان تحصل علي 30% من احتياجاتها من الكهرباء من الطاقة النووية .

4.6.1.1 عمليات توليد الكهرباء من المفاعل

المفاعل النووي تتولد فية الحرارة نتيجة الطاقة الناتجة عن انتشار اليورانيوم والتي تتحول الي حرارة وتستعمل هذه الطاقة الحرارية الهائلة في غليان الماء في المراجل وتحويلها الي بخار ذات ضغط عال ودرجة حرارة مرتفعة جدا ثم يسلط هذا البخار علي التوربينات فيقوم البخار بتدوير محور التوربينات البخارية فيدور محور المولد الكهربائي ، بنفس السرعة تتولد علي طرفي الجزء الثابت من المواد الطاقة الكهربائية .

وتختلف مواد التبريد لوقود المفاعلات ، حيث تتكون منظومة التبريد الابتدائية من اربعة الي ستة دوائر لمائع التبريد الابتدائي حيث تحتوي كل دائرة علي مضخة التدوير الخاصة بها وعلي مولدها البخاري . يضخ غاز الهيليوم بضغط مقدارة 5 ملي بار خلال القلب ومن ثم يخرج بدرجة حرارة تبلغ حوالي 743 درجة سيليزية ، حيث ان الدرجة الحرارية هي اعلي من درجة حرارة المفاعلات المبردة بالماء . بعدئذ يمر في احد الانابيب المؤدية الي مولد البخار ، سبب اشتعال المفاعل علي درجة حرارة عاليةهونتيجة للمبرد الغازي وللخصائص الجيدة لقلب المفاعل الذي يتحمل درجات الحرارة العالية من الوقود، البخار الحاصل نتيجة لدرجات الحرارة العالية يعطي طاقة كهربائية بكفاءة تعادل 39%.

توجد اثنين او ثلاث دوائر تبريد ففي حالة فشل احدي دوائر التبريد الرئيسية فن المنظومات المساعدة تعمل علي ازالة حرارة الانحلال بعد اطفاء التفاعل .

وتتوفر منظومتان متماثلتان تخدمان غرض تنقية غاز الهيليوم المبرد حيث تتم عملية التنقية بهذه المنظومات علي اساس الصاق جزيئات الغاز بالسطح الصلب ، يستخدم غاز الهيدروجين كمستأصل لإزالة الرقائق والغازات الملوثة ، لقد صممت منظومة عزل المولد البخاري لمنع تسرب الماء او البخار الي المبرد الابتدائي فإذا حصل تسرب للماء فإنة من الممكن في هذه الحالة عزل التبريد المطلوب عند اطفاء المفاعل ، بينما تترك بقية دوائر التبريد لتجهيز التبريد اللازم[14].

4.6.2 التقنيات النووية في خدمة صناعة النفط والغاز

تقوم صناعة النفط والغاز بالدرجة الأولي علي عمليات الحفر والتنقيب ، ولذا فهي تستخرج النفط والغاز من باطن الأرض الي السطح ، وهذه العملية لا يمكن ان تمر بدون ان تلجلب معها مواد غير مرغوب فيها كانت كامنة في باطن الأرض ومن هذه الملوثات مايعرف في الأوساط العلمية بالنورم (Naturally Occurring Radioactive Material , NORM) وهي مواد مشعة طبيعية موجودة في القشرة الأرضية منذ نشأتها ولعل أشهر هذه العناصر ، غاز البورون ، وهذه العناصر المشعة عندما تتراكم داخل المعدات في البيئة المحيطة بالحقول النفطية تصبح عملية تقييم خطورتها والتخلص منها عملية ملحة ، وهنا يأتي دور التقنيات النووية لرصد وقياس وتحديد مدي الخطورة وكيفية التعامل والتخلص من هذه المواد . يمكن للتقنيات النووية أن تساهم بشكل فعالفي عمليات التنقيب وتقليل من تكلفة عمليات الحفر والإنتاج وذلك بإستخدام مايعرف بمقتفيات الأثر الإشعاعي (Radiotracers) وهي عبارة عن مركبات كيميائية يتم إقحام ذرات نظائر مشعة في بنيتها الجزيئية حتي يتم تتبعة ورصده عن طريق بصمته الإشعاعية

تستعمل مقتفيات الأثر الإشعاعية للمساعدة في تحسين إنتاج النفط عن طريق رسم خرائط لمكان ومستودعات النفطفمثلاً تستعمل مقتفيات الأثر الإشعاعية مثل الترتيوم ^{3}H واليود ^{131}I والكربون ^{14}C في حقول النفط المنتجة لقياس معدلات التدفق في آبار الحقن والإنتاج وتحسين عملية استخراج النفط[15].

4.6.3 استخدام التكنولوجيا النووية في الطب

للتكنولوجيا النووية إسهامات عظيمة في المجالات الطبية حيث تستخدم تكنولوجيا النووية من خلال مايعرف (النظائر المشعة) في تشخيص وعلاج الأمراض وإجراء البحوث والتحاليل الطبية المختلفة ، وكذلك في دراسة عامل البيئة الخارجية التي قد تسبب أمراض للإنسان ، كما تستخدم النظائر المشعة في تحديد الجرعات الصحية من الادوية لعلاج الامراض وتتبع توزيعها داخل الجسم ، وكذلك أيضا تستخدم في دراسة العمليات الكيميائية الحيوية داخل جسم الإنسان .

كما تتدخل التكنولوجيا النووية من خلال استخدام تكنولوجيا الإشعاع النووي المعروفة (بالاشعة المؤينة) في اكتشاف الامراض بدقة عالية وفي مراحلها الاولي بما يسمح بالعلاج المبكر لهذه الأمراض ، كما أن لها دوراً فريدا في تشخيص وعلاج الأمراض السرطانية المختلفة . وكذلك تستخدم في تشخيص وعلاج امراض الغدة الدرقية وعلاج سرطان الدم ودراسة امراض العظام ودراسة الرئتين وحركة الدم فيها ، وفي تحديد مواقع الأورام بالمخ ، بالإضافة الي معالجة سرطان الثدي والكبد .

ويستخدم أيضاً في الجرعات الإشاعية التي يجب أن يتعرض لها الإنسان مع دراسة الآثار الداخيلة والخارجية للإشاع علي الإنسان والبيئة المحيطة بة . وبالإضافة الي ذلك يمكن استخدام التقنيات الإشعاعية في اجراء التحاليل الدقيقة للدم لتعيين كثير من المواد التي لا يمكن تعيينها بالوسائل العادية مثل الأجسام المضادة والهرمونات والفيتامينات وغيرها .والعلاج بالإشعاع يتميز بفوائد كبري عن العلاج الكيماوي ، حيث أنة يؤدي الي القضاء علي الخلايا السرطانية ، كما يعتبر أقل إضراراً للأنسجة الصحية الأخري داخل جسم الإنسان ، حيث أنة يوجة وبصورة مباشرة نحو الورم أو السرطان ، بعكس الحال بالنسبة للعلاج الكيماوي .

4.6.4 استخدام التكنولوجيا النووية في الصناعة

استخدام تكنولوجيا الإشعاع النووي للحصول علي القياسات يعتبر من أهم الإضافات التي طرأت علي عمليات التصنيع المختلفة في عالمنا المعاصر .فإستخدام تكنولوجيا الإشعاع يوفر آلاف القياسات التي يمكن الإستفادة منها في الصناعات المختلفة كصناعة الورق وصناعة الصلب بغرض تحسين نوعية المنتجات وكفاءة الإنتاج وإجراء فحص جودة المنتجات دون الحاجة الي إتلافها أو تحطيمها او سمك الصلب الناتج .

كما تلعب تكنولوجيا الإشعاع دوراً هاماً في صناعة النفط ، من خلال إختفاء الأثر أو تتبع سريان المواد النفطية في باطن الأرض ، ومن ثم فإنها تساهم في إكتشاف حقول النفط والغاز . كما يمكن الإستفادة من التكنولوجيا في الكشف عن حدوث أي تسرب من أنابيب النفط . أو إكتشاف حدوث أي تسرب من آبار البترول في باطن الأرض .

4.6.5 استخدام التكنولوجيا النووية في الزراعة

تستخدم تكنولوجيا الإشعاع النووي في تحسين إنتاجية المحاصيل الزراعية عن طريق إحداث طفرات جديدة ، وتستخدم في تحديد الاستغلال الأمثل للأسمدة الزراعية وتحسين أساليب المقاومة للحشرات الضارة وقياس درجة رطوبة التربة ،وفيما يلي اهم إستخدامات تكنولوجيا الإشعاع في الزراعة :

1- تستخدم تكنولوجيا الإشعاع في تحسين إنتاجية المحاصيل الزراعية . وقد وجد أن تعريض البذور لجرعات معينة من الإشعاع النووي (إشعاعات قاما أو الأشعة السينية) يؤدي الي التأثير علي الصفات الوراثية للنبات أو إحداث تغيير في تركيب العوامل الوراثية ، وهو مايتسبب في حدوث ما يسميه العلماء والمختصون بهذا المجال (بإحداث الطفرات) .
2- استخدام تكنولوجيا الإشعاع النووي في تحديد الاستغلال الأمثل للأسمدة الزراعية : حيث تساهم في تقدير الكميات التي يمتصها النبات من عنصر سمادي معين ، وتساعد أيضا في تحديد كمية تثبيت عنصر النتروجين في التربة .
3- استخدام تكنولوجيا الإشعاع النووي في القضاء علي الآفات الحشائش الزراعية : حيث تستخدم مايعرف بالحشرة المعقمة ، حيث يمكن تربية أعداد كبيرة من ذكور الحشرات الضارة ثم تعريضها الي جرعات محددة من الإشعاع ،ثم إطلاقها الي المناطق المصابة بهذه الحشرات .للتنافس مع الذكور غير المعقمة علي إيناث الحشرات ، فيقل بذلك فرص تخصيب بيض إناث الحشرات وبالتالي يقل عدد الحشرات .وإذا كررت العملية عدة مرات فسيتم القضاء علي هذه الحشرات نهائياً دون أدني تأثير علي الحشرات الآخري النافعة .

4.6.6 استخدام التكنولوجيا النووية في حفظ الأغذية

لقد إتجه تفكير العديد من الباحثين الي محاولة حفظ الأغذية بإستخدام الإشعاع النووي بعد أن ثبت للجميع أن طرق الحفظ التقليدية تشوبها بعض العيوب مثل تغيير الطعم والشكل الطازج بعد إجراء عملية التعليب ، حيث هذه الطريقة لا ينتج عنها اية اضرار للمستهلك وتعد الأرخص من حيث التكلفة .

وتتعدد استخدامات الاشعاع في هذا الشأن لمنع توريق (تزريع) البطاطس والبصل والثوم وإطالة فترة التخزين خارج الثلاجة للمنتجات الطازجة مثل الأسماء واللحوم والخضروات والفواكه . ومما يزيد في أفضلية طرق الحفظ بالإشعاع عن طرق الحفظ الأخري أنة يمكن إجراؤها بعد تغليف المواد الغذائية او تغليفها دون أن تمسها الأيدي ، حيث أن هذه العملية تجري كلياً بصورة ألية أو أوتوماتيكية .

علي الرغم من المميزات العديده التي تتميز بها طرق الحفظ بالإشعاع ، إلا أنه يعيبها أن بعض المستهلكين يعرضون عنها خوفاً من كلمة إشعاع ، رغم ان الأغذية المحفوظة بالإشعاع لايوجد بها أي إشعاع زائد عن النسب المسموح بها[13].

4.6.7 تحلية مياه البحر

إن تحلية مياه البحار أصبحت ضرورية لحياة الإنسان وقد أتخذت عدة وسائل لتحقيق هذا الغرض تتعلق أساسا بتسخين مياه البحر وتحويلها الي بخار والذي يعاد تكثيفة للحصول علي الماء العذب الخالي من الاملاح ، وقد استخدم لهذا الغرض طاقة الوقود الحفري في المحطات الحرارية لتوليد الكهرباء .وكذلك استخدمت الطاقة الشمسية لهذا الغرض ، وهنالك ايضاً محاولات لاستغلال الجبال الجليدية التي تحتوي علي الماء العذب وهي متوفرة في المناطق القطبية[11].

تستخدم مفاعلات ثنائية الغرض لإنتاج الكهرباء وإزالة الملوحة في محطة واحدة الأمر الذي يعمل علي خفض تكاليف إنتاج كل من الطاقة الكهربائية والمياه العذبة المزالة الملوحة[16].

4.6.8 البواخر النووية

كانت اول باخرة نووية أنزلت الي الماء هي محطمة الجلية السوفيتية التي أطلق عليها اسم لينين وهي تزن 16000 طن وسرعتها 16 عقدة ويمكنها تحطيم طبقة من الجليد يبلغ سمكها 108 مترا وتبعتها اول باخرة تجارية صنعتها أمريكا واطلق عليها إسم سافانا ، ولقد وضعت تحت الإختبار والدراسة بهدف التوصل الي افضل التصاميم لبناء وتشغيل بواخر المستقبل .

يبلغ طول السافانا 183متراً وتقدر قدرتها الحصانية بحدود 22000 وسرعتها 21 عقدة وحمولتها 60 مسافراً بالإضافة الي ملاحيها الذي يبلغ عددهم 195 شخصاً . ومفاعلها هو من النوع الذي يستخدم فية الماء العادي المضغوط ووقوده مخصب بثاني أكسيد اليورانيوم بنسبة 4% مع تعبئة إبتدائية من اليورانيوم ــ235 ومقدارها 300 كيلوجرام، يحترق 20% منة خلال السنوات الثلاث الأولي من عمر القلب .

يقع المفاعل في مركز الباخرة ويحتوية إناء من الحديد الصلب يبلغ عرضة تقريباً 10 أمتار وطوله 15 متراً ويغطي هذا الإناء درع واق من الماء والحديد والبولي إيثلين . وكما هو متوقع فإن السيطرة علي المفاعل كاملة وتتم عن بعد .

4.6.9 الطائرات النووية

إن استخدام اليورانيوم في الطائرات كوقود بدلاً من البنزين له فوائد كثيرة فمن حيث المبدأ ، استخدام مفاعل يتناسب حجمة مع حجم الطائرات النفاثة يمكنها من الطيران بسرعة تزيد عن بسرعة الصوت ولمسافات طويلة جدا من غير حاجة الي تزويدها بالوقود[12].

4.7 النفايات النووية

يشكل التخلص من النفايات النووية اكبر معضلة تواجة تشغيل المفاعلات النووية . إذ ينتج عن تشغيل هذه المفاعلات تولد مواد إشعاعية ذات مستوي إشعاعي عالي ، وعندما يتم توقف المفاعل أو معالجة الوقود المستخدم تهبط فاعلية المواد المشعة بسرعة . وعلي كل حال تشكل نواتج الإنشطار وعناصر الأكتينيدات المصدر الرئيسي للتلوث الإشعاعي السام الذي يستمر لآلاف السنين .

وحتي الآن ليست هنالك إلتزامات معينة نحو التخلص الدائم من النفايات النووية . فهنالك اتجاه لتعليق التعامل مع النفايات في الوقت الراهن ويتم تخبئة منظومات الوقود المستهلك في أماكن محددة يمكن استردادها والتعامل معها بعد ذلك .

ومن المقترحات التي تنال استحساناً للتعامل مع النفايات عالية الإشعاع ، مقترح يتعلق بتحويلها الي أشكال ثابتة كزجاج او أسمنت توضع في كبسولات داخل حافظات الصلب ، ثم تشحن هذه علي ظهور السفن

أو القطارات الي مخازن التخلص الدائمة حيث يمكن دفنها غالباً عند أعماق كبيرة تحت سطح الأرض في صخور تتمتع بإستقرار جيولوجي مميز .

يشكل الوقود المستخدم وإعادة المعالجة المصدر الأساسي للنفايات النووية . ففي حالة دورة وقود اليورانيوم / بلوتونيوم المستخدم في مفاعلات الماء الخفيف هنالك عدة خيارات :

1- دورة الإلقاء بعيداً حيث يعتبر هنا الوقود المستخدم نفاية يتم التخلص منها بشكل دائم مباشرةً .
2- دورة الإخفاء حيث يتم هنا تخزين الوقود المستخدم في أماكن من السهل الحصول علية بعد ذلك منها حيث يعاد إستخدامه بعد معالجتة في المفاعل .
3- إعادة المعالجة للحصول علي اليورانيوم فقط .
4- إعادة المعالجة للحصول علي اليورانيوم والبلوتونيوم .

4.8 التعامل مع النفايات

بعد إزالة قضبان الوقود من المفاعل بعد استخدامها يتم نقلها الي مخازن عبارة عن برك مائية ضخمة حيث تخزن هنالك لبضعة شهور حيث يتم تحلل نواتج الإنشطار قصيرة العمر ، وهنا يتم الإستفادة من المياه حيث تعتبر :

أ- درع واق من الإشعاع .
ب- حمام مائي للتخلص من الحرارة الناتجة عن التحلل الإشعاعي للمواد المشعة .

ويتم التعامل مع النفايات بصورة عامة علي خطوتين :

1- تقليل كمية النفاية عن المصدر الي أقل ما يمكن .
2- تقليل النشاط الإشعاعي للنفاية الي أقل ما يمكن .

ويجب هنا أن يتم تكييف النفايات بحيث يمكننا التعامل معها وتخزينها بسهولة وأمان . ويتم ذلك بتقليل حجمها وتحويلها الي حالة صلبة بحيث يكون الناتج مستقراً ميكانيكيا وكيميائيا إشعاعياً وقابلاً لأمتصاص الحرارة الناتجة عنة .

4.9 التخلص من النفايات عن طريق الانفاق العميقة

يتم دفن النفايات النووية داخل تراكيب جيولوجية مناسبة تحت حزام القارات . هذه التراكيب ينبغي أن تكون خالية من دورات المياه الجوفية وغير قابلة للاختراق وتتمتع بتوصيلة حرارية عالية لتتمكن من تسريب الحرارة الناتجة عن المواد المشعة .

كما ويمكن تخزين النفايات في صخور الجرانيت والصوان والبازلت والصلصال عند أعماق تصل الي بضع مئات من الأمتار . كما وتغري الصخور المتحولة الكثيفة تحت المحيطين الهادئ والأطلنطي بأن تكون مواضع لدفن النفايات النووية . وهنالك الكثير من الخيارات المفتوحة والتي لا تزال قيد البحث والتجربة للتخلص من النفايات وهي :

1- مستودعات الانفاق تحت الارض عند عمق يصل الي 600 متراً .
2- استخدام آبار عميقة يصل عمقها الي 10000 متراً حيث توضع علب النفايات عند آخر 1500 متراً فيها .
3- وضع النفايات في كهوف صخرية حيث يسمح للحرارة المتسربة منها بإذابة الصخور حولها .
4- وضع علب النفايات في الصخور المستقرة تحت قيعان المحيطات او تحت القطبين .
5- وضع النفايات في سفن فضائية تنطلق خارج مجموعتنا الشمسية وهذه تقنية خطرة وباهظة التكاليف.
6- تحويل النفايات المشعة ذات الأعمار الطويلة الي نفايات ذات أعمار قصيرة أو مواد مستقرة وذلك بإستخدام التنشيط النيوتروني بتعريضها لفيض عال من النيوترونات الناتجة من المفاعلات النووية .

4.10 التخلص المباشر من عناصر الوقود المستخدم

بعد استخراج عناصر الوقود المستخدم من المفاعل النووي تخزن لمدة سنتين علي الاقل قبل أن تعامل وتعد للتخزين الدائم . ويمكن لهذه العناصر أن تغلف بنفس حجمها الذي خزنت به وبجميع المواد المحتوية عليها كنواتج الأنشطار والمواد الإنشائية وغيرها . أو يمكن أن تفكك وتؤخذ قضبان الوقود فقط ويتم تقصيرها بليها علي بعضها بعضاً ثم تغلف في كبسولات التخزين ثم توضع في مستودعات التخزين الدائمة[6].

4.11 تخزين النفايات المشعة

عند تخزين النفايات المشعة ذات الأعمار النصفية القصيرة لعدة سنوات تنخفض شدتها الإشعاعية بشكل ملحوظ ، ويمكن بعد ذلك التخلص منها بإحدي الطرق دون أن تشكل خطورة كبيرة علي البيئة المحيطة .

ولقد إنتشر استخدام طريقة تخزين النفايات خاصة مع النفايات السائلة حيث تخزن في خزانات فلزية أو بلاستيكية محكمة القفل ومعزولة ، الي أن يتم تفككها الإشعاعي للدرجة التي يمكن بعدها التخلص منها في البيئة المحيطة .

أما بالنسبة للنفايات ذات العمر النصفي الكبير فيعتبر التخزين بالنسبة لها من الحلول المؤقتة . فإذا كانت هذه النفايات في حالة سائلة فإنة يتم تركزها عن طريق تبخير السوائل غير المشعة وتخزينها بعد ذلك في خزانات محكمة القفل ، توضع داخل مباني مبردة وسميكة من الخرسانة المسلحة الثقيلة .

وتجري الآن في العديد من الدول الدراسات والبحوث حول التخلص من هذه النفايات وضمان عدم وصولها للبيئة . وقد تم الاتفاق في هذا الشأن علي أحد الحلول ـ كخطوة أولية ـ وهو تحويل هذه النفايات المشعة الي

مواد صلبة وتغليفها بطبقة سميكة من الزجاج الذي يغلف بدورة من اسطوانة رقيقة من الصلب غير قابل للصدأ ، ونخزن هذه الاسطوانات بأمان في أماكن خاصة معزولة ومبردة الي أن يتم إيجاد الطرق والأماكن اللازمة للتخلص منها . ويحوم التفكير الآن حول إمكانية التخلص من هذه الاسطوانات ، وذلك بدفنها عميقا في طبقات الأرض المكونة من الصخور الجرانيتية التي لا تحتوي ضمن تكوينها علي المياه (سواء الجوفية أو مياه الأمطار) .

4.12 النفايات الصلبة

يمكن التخلص من النفايات الصلبة بدفنها عميقاً تحت سطح الأرض ، إلا أن هذه الطريقة يجب أن تخضع لرقابة صارمة . وتتمثل خطورة هذه العملية في إمكانية وصول هذه النفايات بعد دفنها الي المياه الجوفية ، وبالتالي الي مصادر مياه الشرب . لذلك يجب إختيار مدافن هذه النفيات بحيث يكون احتمال وصولها الي المياه الجوفية شبه معدوم .

عموما فإنه للتخلص من النفايات المشعة الصلبة فإنه يجب تخفيض حجمها إما عن طريق كبسها أو بحرقها في مواقه خاصة . وعند الحرق يجب ترشيح النواتج الغازية خلال مرشحات خاصة حتي لا تصل الأبخرة التي تتضمن عوالق جسيمية مع الهواء الي البيئة المجاورة.

4.13 النفايات السائلة

يتم التخلص من النفايات ذات المستويات الإشعاعية العالية وذلك بتركيزها بإحدي الطرق المعروفة كالتبادل الأيوني أو التبخير او المعالجة الكيميائية . أما السوائل ذات المستويات الإشعاعية المنخفضة فيمكن التخلص منها بإحدي الطرق الثلاثة التالية .

1- تصريفها مع وسائل الصرف الصحي وفق معايير محددة ، ويجب أن تخضع لرقابة صارمة من الجهة المسؤولة عن الوقاية من الإشعاعات المؤينة .
2- تصريف النفايات الي الأنهار والبحيرات وفق معايير محددة ، ويجب ان تخضع لرقابة صارمة من السلطة المسؤولة عن الوقاية .ويجب ألا يتجاوز التخلص السنوي للنهر الواحد عن كمية معينة في حدود 10^6 ميغا بكرل/سنة .
3- تصريف النفايات الي البحار والمحيطات وفق معايير محددة ، ويسمح بتصريف كميات اكبر من النفايات الي البحار قد تصل الي حوالي 10^{10}ميغا بكرل في السنة ، مع ضمان عدم تعرض الأحياء البحرية والأسماك للتلوث بدرجة عالية بهذه المواد .

4.14 النفايات الغازية

يمكن التخلص من النفايات المشعة الغازية وذلك بتصريفها الي الهواء الجوي . ولكن يجب الإشارة الي ان هذا الأسلوب يعتبر من أخطر الأساليب ، حيث أن التعرض الإشعاعي الناتج من النفايات الغازية الي الهواء الجوي يعتبر تعرضا مباشراً .

وتتمثل الخطورة في هذه الحالة في الاخطار الخارجية للإشعاعات ، وكذلك الأخطار الداخلية نتيجة تنفس الهواء الجوي وإبتلاع المواد المشعة بعد تساقطها علي المأكولات والأرض .

وقبل تصريف المواد المشعة الغازية الي الهواء الجوي يجب تنفيذ عدة عمليات هي :

1- ترشيح النفايات بمرشحات خاصة لفصل العوالق الجسيمية عن الغازية .
2- تخفيض النشاط الإشعاعي للنفايات الغازية بوضع مواد ماصة لهذه الغازات .
3- ضمان إنتشار النفايات الغازية في منطقة واسعة بإستخدام المداخن العالية ، بحيث لا يقل ارتفاع المدخنة عن حد معين يمكن تحديده وفقا للظروف البيئية والسكانية السائدة .

وعموما تعتمد كفاءة الترشيح علي نوع النفايات الغازية وعلي نوع المرشح ، وتصل هذه الكفاءة في الظروف الجيدة الي حوالي 95 – 90 % .

وعند التخلص من النفايات الغازية الي الهواء الجوي يجب استخدام مداخن عالية ، ويفضل أن يكون ارتفاع المدخنة في حدود ضعفي أو ثلاث أضعاف ارتفاع المباني المجاورة لضمان انتشار النفايات الغازية وعدم دخولها الي المباني المحيطة ، وتركيز تساقطها في البقعة الصغيرة المحيطة بالمدخنة[17].

4.15 الصحة العامة والسلامة وعلاقتيهما بالتخلص من النفايات

يتعلق التلوث البيئي بمرور الزمن والمخاطر التي يمكن أن تنشأ عن الحوادث الجيولوجية . وتمكن المخاطر في إمكانية تسرب المواد المشعة الناتجة عن النفايات من المستودعات أو الحواجز المحيطة بها . ويمكن أن تعمل حركة المياه الجوفية علي إنتقال المواد المشعة من مكان التخزين الي مواضع أخري ومن ثم تسرب الإشعاع الي الجو . أما احتمالات التسرب بصورة عامة فتمكن في تحطيم التراكيب الجيولوجية نتيجة لما يلي :

1- تشوه القشرة الأرضية نتيجة لحركات سطح الأرض والزلازل .
2- النشاط البركاني والتعرية .
3- الرجم النيزكي من الفضاء الخارجي .
4- التجارب علي الأنفجارات النووية السطحية .
5- تسرب المادة المشعة من مستودعات النفايات بفعل عمليات تخزينية متعددة أو نتيجة لعمليات الحفر بالخطأ حول المكان .

إن التشققات التي يمكن أن تنتج في الصخور المحيطة بالمستودعات يمكن ان تتسرب عن طريقها المياه الجوفية الي المواد المشعة ، فإذا ما وصلت هذا المياه الي السطح وإمتصتها النباتات أو الحيوانات فإنها يمكن أن تنتقل الي الإنسان عن طريق الغذاء[6].

الفصل الخامس

5.1 النتائج والمناقشة

سوف تزداد إحتياجات العالم من الطاقة وبشكل كبير خلال السنوات القادمة نتيجة الزيادة السكانية والتنمية الإقتصادية وستقوم الطاقة النووية بدور رئيسي في تلبية تلك الإحتياجات وخاصة في الدول النامية .

تتميز الطاقة المولدة من المحطات النووية عن الطاقة المولدة من المحطات التقليدية التي تحترق الوقود الإحفوري ، حيث أن الطاقة النووية لاينبعث منها غاز ثاني أكسيد الكربون وبالتالي لا تساهم في ظاهرة الإحتباس الحراري لجو الارض ولا يصدر عنها غازات ثاني أكسيد الكربون أو أكاسيد النتروجين ، كما لا يصدر منها كذلك أي مواد معدنية سامة مثل الرصاص والزئبق أو الغازات السامة.

يمكن ان تساهم المحطة النووية في توفير مورد مالي هام للخزينة العامة للدولة وذلك من خلال الضريبة المفروضة علي الكهرباء المنتجة عبر هذه المحطات .

تساهم المحطات النووية في إثراء الحياة العلمية والبحث العلمي ، وتوفير وظائف وفرص عمل ، وتسهام أيضاً في حل مشكلة إمدادات الطاقة حيث تولد كهرباء رخيصة وتنافسية مقارنة بالكهرباء المنتجة من مصادر الطاقة الأخري .

يمكن إستخدامها سلمياً في التطبيقات الطبية والحيوية والزراعية والصناعية وتحلية مياه البحر وغيرها من المجالات التي تدخل التكنولوجيا النووية فيها .

عند إنشاء محطة الطاقة النووية او غيرها تتوفر مقومات ضرورية ، منها توافر العناصر البشرية والكفاءات لتشغيلة ، كما أنه يتطلب توافر الاموال الضرورية لتمويل مشروع المحطة وأخيرا ضرورة توافر الإطار التشريعي والقانوني لهذا المشروع.

تسهم محطات الطاقة النووية في تحقيق دور تنموي في غاية الأهمية من حيث تحسين الظروف الإقتصادية والإجتماعية والبيئية حيث تساهم في تلبية الطلب المتزايد علي الطاقة وحل مشكلة أمن إمدادات الطاقة ، مع إقتراب موعد نضوب المصادر الإحفورية .

5.2 الخاتمة

سوف تزداد احتياجات العالم من الطاقة النووية وبشكل كبير خلال السنوات القادمة نتيجة للزيادة السكانية والتنمية الإقتصادية والطلب المتزايد علي الطاقة، وستقوم الطاقة النووية بدور أساسي في تلبية تلك الإحتياجات وخاصة في الدول النامية.وتنتج الطاقة النووية عبر تقنية خاصة وذلك في المحطات النووية التي تتكون من المفاعلات النووية التي يتم فيها عمليات الإنشطار والتفاعل النووي وتنتج من ذلك طاقة حرارية هائلة يستفاد منها في تطبيقات كثيرة منها تدوير محور التوربينات لإنتاج الكهرباء وتحلية مياه البحر،وتنتج ايضاً في المفاعل نظائر مشعة تستخدم في تطبيقات شتي من ضمنها النظائر المشعة المستخدمة في العلاج والتصوير الطبي والتشخيصي.ولإنشاء محطة نووية لابد من تحديد موقع المحطة النووية وفق شروط وضوابط محددة منها لعد المحطة عن المناطق السكنية ومجاري المياه ومناطق الزلازل والبراكين .وتخلف الطاقة النووية نفايات نووية مشعه صلبة وسائلة وغازية ويجب التخلص حتي لا تسبب الضرر للإنسان والبيئة المحيطة بالمحطة ،ويتم التخلص منها بعدة طرق منها الدفن في انفاق عميقة قد تصل الي 10000الف متر وكذلك يتم تصريف النفايات السائلة الي الانهار والبحار والمحيطات وفق رقابلة صارمة وكذلك تفرغ في الجو بالنسبة للنفايات الغازية .

5.3 التوصيات

إنشاء المحطات النووية هو عملية يتم بمقتضاها تصنيع وتجميع مكونات المنشأة النووية أو الإشعاعية وتنفيذ الأعمال والإنشاءات المدنية وتركيب المكونات والمولدات ، وإجراء الإختبارات ذات الصلة . وللقيام بإنشاء محطة يجب مراعاة التوصيات الاتية والأخذ بها :

1- إنشاء هيئة رقابية مستقلة .
2- المؤسسة المسؤولة عن تشغيل محطة القوي النووية تتكون من كوادر بشرية مؤهلة في مختلف التخصصات التي تحتاجها المحطة للتشغيل والصيانة بشكل آمن وفعال .
3- خلق نظام أكاديمي وطني لتأهيل العلميين والمهندسيين الفنيين لدعم البرنامج النووي وهذا جزء من الإلتزام بنتيجة القدرات الوطنية المطلوبة .

4- يجب توفير الظروف التشغيلية ومنع وقوع الحوادث والتخفيف من أثارها علي نحو يحقق وقاية العاملين والجمهور من المخاطر الإشعاعية غير المبررة أي ما يعرف بالأمان النووي .
5- تحديد الحد الأقصي لحجم الجرعات والكميات من الإشعاعات الم}ينة لمختلف طوائف العاملين ، ولهذا الغرض يجب القيام برقابة من أجل قياس تعرض العمال للإشعاعات المؤينة وللمواد الإشعاعية حتي يمكن التأكد من مراعاة المستويات المحددة .
6- لإختيار موقع المحطة يجب إجراء تقويم سليم للعناصر التي تؤثر علي أمان المنشأت مثل الفيضان والزلازل والبراكين والتصريف في البيئة ، وأن يكون الموقع في منطقة معزولة بعيداً عن المناطق السكنية .

5.4 المصادر والمراجع

[1] علاء هاشم مناف،نسبية الزمكان في هندسة الفيزياء النووية ،دار صفاء للنشر والتوزيع 2011م

[2] محمد قاسم ، فوزي عبدالكريم ،الفيزياء النووية والإشعاعية ،

[3] خضر عبد العباس حمزة ،غسان هاشم الخطيب،منشورات الطاقة الذرية العراقية ،1989م

[4]عوض وداعة موسي ، رسالة ماجستير في الفيزياء ، مكتبة كلية العلوم ، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا،الخرطوم، 2000م .

[5] ممدوح عبدالغفور حسن،الثقافة النووية للقرن 21 ،الطبعة الأولي، دار الفكر العربي،القاهرة، 2002م

[6] عبد الحليم طة قنديل، كيمياء عناصر الوقود النووي ،الطبعة ، دار الفكر العربي ،القاهرة،2002م.

[7] محمود بركات فؤاد بركات، الكيمياء النووية الإشعاعية في خدمة البشرية ، دار الفكر العربي،القاهرة،2010م.

[8] حمدي السيد،الامان النووي ، الطبعة الأولي ، دار الكتب العلمية ،القاهرة، 2014م.

[9] محمد شحادة الدغمه ،علي جمعة،الفيزياء النووية ،الجزء الثاني ،الطبعة الأولي، مكتبة الفلاح للنشر والتوزيع ،بيروت2000م.

[10] عبد الحكيم طة قنديل،مبادئ الكيمياء النووية ،دار الفكر العربي،القاهرة.

[11] سليم يوسف مراد،نهج العلوم الطبيعية في الفيزياء النووية،دار النشر للجامعات ،القاهرة،2010م.

[12] سعد شعبان ،الاشعاع من الذرة الي المجرة،مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب،2002م.

[13] أحمد الحسن الفكي ،رسالة ماجستير في الفيزياء،مكتبة كلية العلوم،جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا ،الخرطوم، 1999م.

[14] محمد مصطفي عبدالباقي،أفاق الطاقة النووية،هيئة الطاقة الذرية ،الناشر،محمد مصطفي عبد الباقي ،الأستاذ بهيئة الطاقة الذرية ،مصر،2008م.

[15] عبد الحكيم طة قنديل ،النواة والانشطار النووي ،الطبعة الأولي،دار الفكر العربي،القاهرة، 2003م.

[16] ايمن عبدالسلام ابراهيم ،جدوي ومقومات استخدام المصدر النووي في توليد الطاقة،الطبعة الأولي،المكتبة العصرية للنشر والتوزيع،المنصورة،2015م.

[17]عزاب طاهر الكناني ،الفيزياء النووية والطبية ،الطبعة الأولي،دار الفجر للنشر والتوزيع،القاهرة2009م.

[18] نشرة الذرة والتنمية،الهيئة العربية للطاقة الذرية،المجلد الثامن والعشرون،العدد الثاني،تونس 2016م.

[19] ممدوح فتحي عبد الصبور،مجلة اسيوط البيئية ،العدد الثاني والعشرون ،يناير 2002م.

[20] محمد فاروق أحمد،أحمد محمد السريع،أسس الفيزياء الإشعاعية ،الطبعة الثالثة،النشر العلمي والمطابع،جامعة الملك سعود،الرياض،1426ه.