الفصل الرابع

1 ـ فيزياء المفاعل النووي:

إن المفاعل النووي هو جهاز تكنولوجي معقد تجري داخله عملية انشطار نواة الذرّة في تفاعل متسلسل يؤدي إلى توليد كمية كبيرة من الطاقة.

إن أهم عمليتين تجريان في المفاعل النووي هما عملية انشطار النواة للحصول على الطاقة، وعملية ضبط النيوترونات لغايات التحكم في عملية الإنشطار. فكما أسلفنا، فعند قذف نوى اليورانيوم أو البلوتونيوم بالنيوترونات فإن النواة تنشطر. ويصاحب كل عملية انشطار إطلاق متوسط نيوترونات مقدراً بـ 2,5 نيوترون سريعة، وهذه النيوترونات تصطدم بنوى أخرى، فيحدث بعضها انشطارات أخرى وهلمّ جرّا، وهذا ما يسمى بالتفاعل المتسلسل (Nuclear Fission Chain Reaction)، وأحد شروط التفاعل المتسلسل هو أن يشارك نيوترون واحد على الأقل من النيوترونات المنطلقة في عملية الانشطار النووي. ويساوي متوسط طاقة النيوترونات (2,1) ميجا إلكترون ڤولت، أما الكمية الأساسية التي تؤخذ بعين الاعتبار في الحسابات الهندسية فهي (2) ميجا إلكترون ڤولت. كما أن النيوترونات المنطلقة هي في المتوسط نيوترونات سريعة. ومن المعلوم أنه كلما زادت سرعة النيوترونات كلما قلّت فترة بقاءها قرب الهدف، كلما قلّت احتمالات اصطدامه بالنواة. إذن لا بد من إيجاد وسيلة معينة لإبطاء سرعة النيوترونات، أي تحويل

النيوترونات السريعة إلى نيوترونات بطيئة، وتعرف عملية إبطاء النيوترونات بعملية التهدئة (Moderation) ويتم تهدئة النيوترونات بواسطة عمليات البعثرة (Scattering) غير المرنة للنيوترونات.

وتسمّى منطقة قلب المفاعل (Core) والمنطقة النشطة (Active Zone)، فإذا كان شكل هذه المنطقة من الناحية الهندسية بشكل كروي أو أسطواني، فإن أكبر دفق للنيوترونات الحرارية (المهدأة) تكون في هذه المنطقة. ويساوي هذا الدفق في المفاعلات النووية من (10^{13}) إلى إلى (10^{14}) نيوترون لكل (1) سم^2 في الثانية. وكلما ابتعدنا عن هذه المنطقة كلما قلّت عدد النيوترونات نتيجة للتسرب من المنطقة النشطة، ولتقليل هذا التسرب لا بد أن تكون مادة المنطقة النشطة مادة عاكسة للنيوترونات، فوجود المادة العاكسة يزيد من تركيز النيوترونات في المنطقة النشطة.

كما أن الطاقة الحرارية الناتجة تعتمد على عدد عمليات الانشطار التي تحدث، فلذلك من الضروري التحكم في هذا العدد بحيث يتم التمكن بزيادة هذه الطاقة أو تقليلها، أو إيقاف توليدها.

وأخيراً يجب أن تجري جميع العمليات في حيز مغلق ومحمي حفاظاً على سلامة البيئة والإنسان، وخوفاً من التسرب الإشعاعي الخطر. ويتم هذا عن طريق تزويد المفاعل بمناطق حماية كافية، وتسمّى هذه المناطق بدروع المفاعل.

2 ـ مبدأ المفاعلات النووية:

قبل البحث في هذا يجب التذكير بعدد من التعاريف:

(أ) النيوترون:

هو جزء صغير عديم الشحنة تنشره العديد من المواد المشعّة، فينفذ

إلى داخل النواة وبخاصة تلك النوى المتهيجة والغير مستقرة، فيشطرها إلى قسمين أو أكثر (كما تم ذكره في الانشطار النووي) كما ينتج عن ذلك العديد من النيوترونات السريعة جداً والتي تكون طاقتها حوالي (2) مليون إلكترون فولت[64]، فتنتشر بسرعة كبيرة .

ومن الحقائق المعروفة أن احتمال اصطدام النيوترون بنوى اليورانيوم يزداد في العادة كلما قلّت سرعة النيوترون. ذلك أن النيوترون البطيء يقضي وقتاً أطول في جوار النوى مما يقضيه النيوترون السريع، وهكذا تكون سرعة النيوترونات المتولدة من الانشطار النووي تؤدي إلى انعكاس هذه النيوترونات دون أن تنفذ داخل النواة، لذلك كان من الضروري تبطئتها إذا ما أريد لها الاندماج في نواة (اليورانيوم ــ 235)[65]. والنيوترون البطيء هذا يعرف بالنيوترون الحراري، والنيوترون الحراري هو المسؤول عن شطر (اليورانيوم ــ 235) وهو المسؤول عن التفاعل المتسلسل.

(ب) **المعدل أو المهدأ (Moderator):**

وهو عبارة عن مادة ذات وزن جزيئي صغير ليس لها قابلية لامتصاص النيوترونات، كالماء والماء الثقيل والجرافيت والبريليوم أو أحد أكاسيده ومن أهم مواصفات المعدل الجيد هي أن تكون نوى مادته خفيفة، ومقطعه العرضي للامتصاص صغيراً (المقطع العرضي أو مساحة مقطع النواة هو الذي يحدد احتمالات حدوث التداخل بين النواة والنيوترون أي عامل امتصاص النواة للنيوترون)[66] وقدرته على تخفيض سرعة النيوترونات السريعة إلى حد سرعة النيوترونات الحرارية ــ هذا يعني تحويل النيوترونات السريعة الناجمة عند الانشطار إلى نيوترونات بطيئة.

---

(64) Irving Kaplan، ص 626.

(65) استراتيجيا عدد 73 (المفاعلات النووية وعلاقتها بالقنبلة النووية)، ص 73.

(66) نبيل محمود عبد المنعم، ص 24.

وتدخل المعدلات في عمل المفاعلات النووية بنظامين هما:

(ب ـ 1) إما أن تكون متجانسة ففي هذه الحالة يخلط المهدأ مع الوقود بصورة منتظمة ويكون إما على شكل خليط صلب، أو طيني أو محلول.

(ب ـ 2) إما أن تكون غير متجانسة، فيكون الوقود مركّز في صفائح أو قضبان أو أسطوانات مجوفة موزّعة بصورة منتظمة وفق نموذج هندسي محسوب فيه مواقع المهدّىء[67] ويستخدم الوقود في هذه الحالة على هيئة أكسيد اليورانيوم.

وفي الخلط المتجانس يستخدم الوقود النووي مثلاً على هيئة يورانيوم طبيعي يحتوي على (99,3 %) (يورانيوم ـ 238) و (0,7 %) (يورانيوم ـ 235) ويخلط المعدل معه في مخلوط متجانس[68]. وقد تم إثبات أنه بتغير نسبة الخلط يتغير ما يعرف بعامل الضرب (K) — Multiplication factor — والتي تساوي:

$$K = \frac{\text{عدد النيوترونات الناتجة من خلال الانشطار في جيل ما}}{\text{عدد النيوترونات الناتجة في الجيل التالي}}$$

وعامل الضرب هو المسؤول على المحافظة على بناء واستمرار التفاعل المتسلسل وذلك بإيجاد إمكانية تأمين نيوترونات من كل جيل انشطاري تحت تصرف الانشطارات المتعاقبة.

(ج) المبرد (Coolant):

لأجل تخليص المفاعل من الحرارة المتولّدة بسبب الانشطار النووي

---

(67) ألكسندر كيتاجورودسكي، ص 282.

(68) مرجع سابق Ralph E. Lapp. Howard.

تستخدم مواد تسمّى بالمبرّدات تدور في قلب المفاعل لنقل الحرارة خارجه ثم التخلّص منها أو الاستفادة منها لأغراض مختلفة. عادة يدور الماء الخفيف والثقيل وبعض المحاليل الأخرى تحت ضغط ملائم، وفي بعض المفاعلات يدور الهواء تحت ضغط اعتيادي، أو قد تستخدم بعض الغازات مثل الهيليوم أو ثاني أكسيد الكربون أو النايتروجين تحت ضغط عالي، وأحياناً تستخدم المعادن المصهورة كالصوديوم والليثيوم أو مواد عضوية مثل ثلاثي الفنيل (Triphenyl). بعض المفاعلات تستعمل نفس المادة لكل من المعدل والمبرد، كالماء والماء الثقيل. وغالباً ما يستخدم الماء أكثر من الماء الثقيل بسبب صعوبة تحضير الثاني، ويستخدم الماء في مفاعلات الطاقة (Power-reactor) أما في مفاعلات (Fast Breeder) فإن لمادة التبريد تأثير كبير على نقل الحرارة من الوقود إلى المبرد، فلذلك يستخدم لهذا الغرض الصوديوم السائل. أما مفاعلات (Magnox) الموجودة في إنكلترا وفرنسا لتوليد الطاقة فهي تستخدم الغازات كمبرد وتعتمد على الجرافيت كمعدل، والمبرّد هنا هو ثاني أكسيد الكربون. ودرجة الحرارة التي تخرج من غاز التبريد تبلغ (350) إلى (400) درجة مئوية.

وفي حال مفاعلات المتقدمة المبرّدة بالغاز (AGR) تبلغ درجة الحرارة (550) درجة مئوية ويستخدم أيضاً ثاني أكسيد الكربون كمبرّد. أما في مفاعلات الاحرار العالي التي تبرّد بالغاز (HTGR) فيكون الجرافيت ساخناً لدرجة لا تسمح للتبريد بواسطة غاز ثاني أكسيد الكربون خشية تفاعله مع الجرافيت وعلى هذا يستخدم التبريد بواسطة الهيليوم. ونستطيع القول إن تحريك المبرّد باستمرار لاستقبال الحرارة من الوقود النووي يستهلك ما يقرب من (2 %) إلى (5 %) من الطاقة الكهربائية المعطاة للمفاعل النووي.

الخواص الطبيعية للمبرّدات المختلفة

الخاصية تحت الظروف العادية	الماء	الماء الثقيل	ثاني أكسيد الكربون	الهيليوم	الصوديوم
الكثافة (جرام/لتر)	1000	1100	1,97	0,0177	930
درجة الغليان (درجة مئوية)	100	100	57,00	235,00	884
درجة الانصهار (درجة مئوية)	5	5	78,00	239,00	98
معامل التوصيل الحراري ($K\ cal/m^3/hr^{\circ}c$)	39500	39500	100	487	11200
التوصيل الحراري ($K\ cal/m/hr$)	0,51	0,5	0,014	0,13	52,4
الحرارة النوعية	1	1	0,2	1,24	33

جدول رقم (3)
الخواص الطبيعية للمبرّدات المختلفة

يتأين الماء عادة المستخدم كمبرّد أو كمعدّل من خلال تأثير الأشعة ذو الطاقة العالية عليه. وتتحكم بدرجة التأيين عدة عوامل أهمها: الضغط ودرجة الحرارة، وشدة الإشعاع، وتواجد الأيونات الغريبة.

وعادة يجب أن يكون الماء المستخدم نقياً (100 %) ويتم ذلك باستخدام الراتنجات لبناء الماء من أيونات الهيدروجين ($H+$) ومجموعات الهيدروكسيد ($OH-$) وإعاقة تَكَوُّنْ أي أيونات غريبة.

(د) تدريع المفاعل (Reactor Shielding):

إن جميع المفاعلات النووية مصادر كثيفة للنيوترونات ولأشعة جاما. وهذه تشكل خطراً على حياة العاملين في تشغيلها وخصوصاً الذين يستخدمونها لإجراء الأبحاث التجريبية، لذلك يجب إحاطة قلب المفاعل ومحتوياته ذات النشاط الإشعاعي بدرع واق من الكونكريت (الإسمنت المسلح) يتراوح سمكه من 1,8 إلى 2,4 متر للحماية الصحية لحياة

العاملين. ولما كان عمل هذا الدرع مخصص للوقاية الصحية فلذلك سمي بالدرع البيولوجي Biological Shield وقد تستخدم مواد أخرى غير الكونكريت لهذا الغرض.

ويسبب امتصاص النيوترونات وأشعة جاما إلى رفع درجة حرارة سطح الدرع الملامس لقلب المفاعل. وهذا ما يجعل الدرع عرضة للتشقق، وقد يتطلب هذا الدرع وسائل تبريد خاصة لحمايته من هذه الأضرار. ولهذا يُبنى الجزء الداخلي للدرع الكونكريتي من الحديد الصلب والذي يعرف باسم الدرع الحراري (Thermal Shield).

(هـ) التحكم في المفاعل:

تدخل وسائل التحكم في تصاميم جميع المفاعلات النووية، ومن أكثرها شيوعاً هي استخدام قضبان السيطرة الماصة للنيوترونات والتي يمكن إدخالها في قلب المفاعل أو العاكس. والتحكم بقضبان السيطرة يكون على ثلاث درجات هي:

1 ـ التحكم الدقيق حيث يتم بواسطة قضبان التنظيم.

2 ـ التحكم الغير دقيق.

3 ـ التحكم للطوارىء والذي يوقف المفاعل في الحال عند الحاجة.

ويوجد طرق أخرى من أجل التحكم في المفاعل عن طريق إضافة أو سحب وقود منه أو بتغيير أجزاء المفاعل المتحركة للسيطرة على خسارة النيوترونات بسبب التسرب.

وقد يكون التحكم في المفاعلات بإدخال أو سحب مواد تمتص النيوترونات مثل البورون والكادميوم والتي تكون أما على شكل قضبان أو شرائح وهذه ملائمة للسيطرة على المفاعلات الحرارية لأن لهذه المواد مقاطع عرضية عالية لامتصاص النيوترونات الحرارية[69].

(69) استراتيجيا عدد 102 سبتمبر ـ أكتوبر 1990، ص 74.

3 ـ أنواع المفاعلات النووية:

أصبح تصميم المفاعلات النووية وبناؤها وتشغيلها جزءاً من علوم الهندسة النووية الذي أخذ يتسع وبسرعة. ويوجد الآن العدد الكبير من المفاعلات النووية العاملة في العالم. هذا وتستخدم بعض المفاعلات لإنتاج الطاقة، والبعض الآخر لإنتاج البلوتونيوم القابل للانشطار بكل من النيوترونات السريعة والنيوترونات البطيئة. كما أن معظم المفاعلات العاملة في الوقت الحاضر تستعمل لأغراض تجريبية ولتدريب العاملين فيها[70].

من الممكن تصنيف المفاعلات النووية طبقاً لعدد كبير من الطرق. فممكن تصنيفها مثلاً حسب الطريقة التي يتم بها خلط الوقود والمعدل. فالمفاعل المتجانس (homogeneous reactor) هو المفاعل الذي يكون فيه الوقود والمعدل خليطاً مُطرد التكوين. ويكون اليورانيوم مخصب إلى درجة قد تبلغ جزء من (اليورانيوم ـ 235) إلى ستة أجزاء من (اليورانيوم ـ 238).

إن معظم المفاعلات النووية، وخاصة الكبيرة منها، هي من النوع الغير متجانس (heterogeneous reactor) أي إن المادة القابلة للانشطار مركزة في أوانٍ مناسبة. موزّعة داخل المعدل. وفي حالات كثيرة توزع المواد القابلة للانشطار، وهي على شكل أسطوانات من اليورانيوم أو أكسيد اليورانيوم الموضوعة في أنابيب من الالمنيوم في ترتيب مشبك (Lattice) داخل المعدل الذي يكون من الجرافيت أو من الماء الثقيل.

إن بناء المفاعلات المتجانسة، أبسط من بناء المفاعلات الغير متجانسة، ولكن معظم المفاعلات التي أقيمت حتى الآن هي من نوع المفاعلات الغير متجانسة. وذلك لاستحالة بناء مفاعل متجانس يستخدم

(70) الفيزياء النووية والذرّية ـ هنري سيمان ـ مترجم، مطبعة الرابطة ـ بغداد، 1962، ص 481.

اليورانيوم الطبيعي كوقود ما لَمْ يستخدم الماء الثقيل كمهدىء. بينما يمكن بناء المفاعلات الغير متجانسة باستخدام اليورانيوم الطبيعي كوقود والجرافيت والذي يعتبر من المعدلات الاقتصادية[71].

كما يمكن تصنيف المفاعلات النووية وفقاً للمواصفات الفنية التالية:

1 ــ نوع الوقود المستخدم.
2 ــ طاقة النيوترونات (نيوترونات بطيئة أو سريعة).
3 ــ المعدلات المستخدمة.
4 ــ ترتيب الوقود والمعدل (متجانسة أو غير متجانسة).
5 ــ الغرض من المفاعلات (البحوث، توليد الطاقة، إنتاج المواد المنشطرة، تسيير وسائل النقل).
6 ــ التبريد المستخدم.

وبشكل عام يمكن تصنيف المفاعلات إلى الأقسام الثلاثة التالية:

(أ) مفاعلات تم تجربتها وتم إثبات جدواها وهي:

1 ــ مفاعلات الماء العادي المضغوط واليورانيوم المخصب بنسبة صغيرة (PWR) تبلغ 3 %.
2 ــ مفاعلات اليورانيوم الطبيعي المبرّدة بالغاز والمعدّلة بالجرافيت.
3 ــ مفاعلات اليورانيوم الطبيعي والمبرّدةوالمعدّلة بالماء الثقيل (PHWR).
4 ــ مفاعلات الماء المغلي واليورانيوم المخصب بدرجة قليلة.

وسنكتفي بشرح مفاعل الماء الثقيل (PHWR) من هذه المجموعة.

---

(71) فيزياء المفاعلات النووية ــ دكتور طالب ناهي الخفاجي ــ مطبعة جامعة بغداد ــ 1980 ــ ص 147.

مفاعل الماء الثقيل (PHWR):

يفضل العلماء استخدام المياه الثقيلة لأنها تحتوي على ذرّات الديتريوم المبطئة للنترونات، ولأنها قادرة على تبريد المفاعل. ومن المعروف أن الماء الثقيل أفضل من الجرافيت كمعدل (مهدأ). بدأ العمل بهذه المفاعلات سنة1962 في كندا وقد طوّر هذا النظام في السويد وألمانيا. هذا وتم تطوير هذا النظام من المفاعلات لمحطات الطاقة بصفة أساسية في كندا وأطلق عليه اسم «كاندو» (CANDN). وقد قامت الهند باستيراد مفاعلين من هذا النوع قدرة كل منها 200 ميجاواط[72].

تتكون مفاعلات الماء الثقيل من مجموعة من أنابيب الضغط، حيث يمر بها الماء الثقيل خلال قلب المفاعل في دائرة مغلقة، حيث يتولد البخار في دائرة أخرى خلال مبادل حراري، ويستخدم البخار في إدارة وحدة التوربين، والمولّد لتوليد الكهرباء.

إن وقود هذا المفاعل هو اليورانيوم الطبيعي على شكل أكسيد اليورانيوم. ويتميز هذا النظام بصغر الحجم وارتفاع الناتج الحراري عن المفاعلات المبرّدة بالغاز. ويمكن أيضاً في هذه المفاعلات تغيير الوقود أثناء العمل دون توقف، وهذا يعني أن المفاعل يمكن أن يعمل دون انقطاع.

إن هذا النظام آمن ويُعَوَّلْ عليه، ولا يهدد بأي مشاكل رئيسية.

ويمكن تصميم المفاعل كالآتي:

برميل يحتوي على المياه الثقيلة يبلغ قطره مترين وارتفاعه مترين ونصف، يتسع لكمية من المياه تبلغ الستة أطنان تقريباً يوضع هذا البرميل في بئر من الجرافيت تعمل كعاكسة للنيوترونات وتبلغ سماكة جدارها (60) سم تقريباً. يغلّف هذا البئر من الخارج بطبقتين من الكادميوم

(72) الطاقة النووية والمفاعلات النووية ـ كمال عفت، ص 76.

والرصاص بسماكة (10) سم لكل طبقة. وتقوم هذه الطبقات بامتصاص النيوترونات التي قد تنفذ (هذا الاحتمال ضعيف جداً) من جدار بئر الجرافيت العاكس. ويقفل أعلى البرميل بغطاء ثقيل من الألمنيوم. يحتوي على عدد كبير من الفتحات التي يناهز قطر الواحدة منها ثلاثة سنتيمترات وتستعمل كل فتحة لتمرير أنبوب من الألمنيوم طوله (185) سم وتوضع فيه سبيكة أو أكثر من اليورانيوم وزنها (2) كلغ ونصف. ويمكن أن تبلغ كمية اليورانيوم الغارقة بهذه الطريقة (2) طن إلى (3) طن. ويستعمل أيضاً عدد آخر من الفتحات التي في الغطاء لتمرير قضبان من مادة الكادميوم الشرهة لامتصاص النيوترونات لتتحكم بسرعة التفاعل المتسلسل، ويحاط كل هذا بقفص من الإسمنت المسلّح[73] تعتبر شركة الطاقة الذرّية الكندية المحدودة المورد الرئيسي لهذا النوع من المحطات في الوقت الحاضر.

(ب) مفاعلات **تم تجربتها وثبتت صلاحيتها** جزئياً **وهي**:

1 ــ مفاعلات المتقدمة المبرّدة بالغاز (AGR).

2 ــ مفاعلات مرتفعة الحرارة مبرّدة بالغاز ومعدّلة بالجرافيت (HTGR).

3 ــ مفاعلات سريعة متوالدة (FBR).

4 ــ مفاعلات مبرّدة بالماء العادي ومُهَدَّأة بالجرافيت (HTGR).

وسنكتفي بشرح المفاعلات التوليد السريع (Fast Breeder (FBR) Reactor).

تم تشغيل المفاعلات التي تعمل بهذا النظام بشكل أولي تجريبي في إنجلترا والولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفياتي وألمانيا وفرنسا.

لا يحتاج هذا النوع من المفاعلات إلى معدل، لأن الحاجة فيه هي

(73) الطاقة والذرّة ــ د. حافظ قبيسي، ص 71 ــ 72.

إلى نيوترونات سريعة ذات طاقة عالية اللازمة لتحويل (اليورانيوم ـ 238) غير القابل للانشطار إلى (بلوتونيوم ـ 239) القابل للانشطار[74].

يعتمد تصميم المفاعلات التوليد السريعة على استمرار التفاعل المتسلسل الناتج عن النيوترونات السريعة الناتجة في عملية انشطار (يورانيوم ـ 235) أو (بلوتونيوم ـ 239). وفكرة التوالد تنطوي على إنتاج كميات للمواد الانشطارية أكبر من الكمية المستهلكة أثناء التشغيل. ولتحقيق ذلك تستخدم النيوترونات الزائدة التي تنطلق مصاحبة لعملية الانشطار في تحويل (اليورانيوم ـ 238) إلى (بلوتونيوم ـ 239) عن طريق التفاعلات النووية المعروفة.

إن جميع المفاعلات السريعة التي تم إنشاؤها حتى الآن تستخدم دورة البلوتونيوم للوقود، وتستخدم أيضاً اليورانيوم أو البلوتونيوم المخصّب بنسبة كبيرة. ونظراً لعدم الحاجة إلى مهدىء في هذه المفاعلات فإن ذلك يستلزم استخدام المبرّدات مثل الهيليوم أو المعادن السائلة مثل الصوديوم أو البوتاسيوم. إن درجة الإشعاع شديدة في هذه المفاعلات، مما يؤدي إلى تقصير المدة التي تمكن بقاء الوقود بالمناطق ذات الإشعاع العالي بقلب المفاعل حتى يتم إخراجه لإعادة معالجته.

كما أن ظروف التغيير المتكررة للوقود من قلب المفاعل تتطلب تطوير لمعدات بالغة التعقيد لإعادة معالجته، وإعادة تصنيع المواد الانشطارية المفصولة في شكل وقود جديد.

كما أنه يستخدم في هذه المفاعلات معدن سبيكة أسطوانة الوقود ليس

(74) مرجع سابق ـ كمال عفت ـ ص 92.

الزركانيوم كما سبق الحديث، بل الصلب غير القابل للصدأ، لأنه يفضل بالنسبة إلى وجود الصوديوم السائل (ثابت حتى درجة حرارة (700) درجة مئوية) وتكون حرارة الصوديوم السائل حوالي (600) درجة مئوية.

(ج) مفاعلات أنشئت كمحطات تجريبية كنماذج أولية وهذه المفاعلات هي:

1 ــ مفاعلات مهدأة بالماء الثقيل ومبرّدة بالماء العادي المغلي (HWLWR).
2 ــ مفاعلات مهدّأة بالماء الثقيل ومبرّدة غازياً (HWGCR).
3 ــ مفاعلات مبرّدة بالصوديوم ومهدّأة بالجرافيت (SGR).
4 ــ مفاعلات مبرّدة ومهدأة بمواد عضوية (OMR).
5 ــ مفاعل التحكم بإزاحة الطيف النيوتروني.

سنكتفي من هذه المجموعة بشرح المفاعلات المهدّأة والمبرّدة بالمواد العضوية (OMR).

مفاعلات OMR

بدأ تطوير هذه المفاعلات في الولايات المتحدة الأمريكية سنة 1957 بشكل مفاعل تجارب صغير الحجم. يستخدم في هذا المفاعل اليورانيوم المخصب بنسبة (1,94 %) كوقود، ويستخدم كمعدل مركب عضوي سائل في دائرة مضغوطة بقلب المفاعل مثل البولي ڤينيل الذي له درجة غليان مرتفعة وبالتالي فإنه يمكن توليد البخار في درجات حرارية عالية تحت ضغط تشغيل منخفض، كما أن هذا السائل العضوي غير سام، ويستخدم الصلب العادي في إنشاء أجزاء المفاعل. تتطلب هذه المفاعلات تعويض السائل

العضوي لأن جزءاً منه يتحلل تحت تأثير التعرّض للتشعيع مكوّنة بعض الغازات والبوليميرات التي تشكل مادة سميكة داخل الأجهزة تشبه القطران، وهذه تؤدي إلى ظهور صعوبات فنية في التشغيل.

obeikandl.com