

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل -
كلية العلوم الإقتصادية والتجارية وعلوم التسيير



محاضرات في مقياس إقتصاديات الطاقة
السنة أولى ماستر إقتصاد دولي

قسم العلوم الإقتصادية
السنة الجامعية 2023/2022

المحاضرة الخامسة

رابعاً: الطاقة النووية

تعد الطاقة النووية من الطاقات الحديثة النشأة مقارنة مع الطاقات الأخرى على غرار الفحم، البترول والغاز الطبيعي، وتتقاسم مع هذه المصادر صفة النضوب فهي قابلة للاستنزاف ذلك أن مصدرها موجود في الطبيعة بكميات محدودة ويتحدد زمن استنزافها بمعدلات استهلاك العالم منها.

1. لمحة عامة حول تطور الطاقة النووية: لقد لفت أنشطتين الأنظار إلى ما يسمى بالطاقة النووية سنة 1905 أين قام بوضع النظرية النسبية الشهيرة حيث وضح أن المادة من الممكن أن تتحول إلى طاقة، إلا أن فكرته ظلت حبيسة النظرية إلى أن تمكن العالمان "أتوهان" و"فريتز شتراسمان" سنة 1939 من اكتشاف انشطار ذرة اليورانيوم الثقيلة إلى نصفين عند قذفها ببعض النيوترونات عالية الطاقة، وفي سنة 1942 نجح العالم "فاري" من الوصول إلى أول سلسلة تفاعلات نووية متواصلة وذلك في جامعة "شيكاغو"، حيث تم التركيز بعد ذلك في استخدام الطاقة النووية لأغراض الحرب العالمية الأولى والثانية والتي أدت إلى تفجير قنبليتي "هيروشيما وناكازاكي" في اليابان أين أودت بحياة أكثر من 130 ألف شخص ودمار 90% من المدينتين، ليعقبه سباق تسلح نووي بين روسيا والولايات المتحدة. أما فيما يخص توليد الطاقة من عملية الاندماج النووي فلم يتمكن العلماء من تحقيق ذلك إلا أواخر القرن العشرين وبالضبط سنة 1995.

2. أساسيات حول الطاقة النووية: الطاقة النووية هي إحدى أنواع الطاقة الكامنة التي تظهر في شكل طاقة حرارية وطاقة محركة، وهي أشد أنواع الطاقة المعروفة فاعلية، وتعرف بأنها الطاقة التي تربط بين مكونات النواة أي (بروتونات أو النيوترونات) حيث تتولد نتيجة تكسير تلك الرابطة مما يؤدي للحصول على طاقة حرارية هائلة. وقد اختلف الفقهاء في استخدام مصطلح الطاقة النووية أو الذرية، فبينما استخدم بعضهم عبارة القانون النووي للتعبير عن القواعد القانونية المنظمة للإنتاج واستخدام الطاقة النووية فضل البعض الآخر عبارة قانون الطاقة الذرية على اعتبار أن مصدر الطاقة الذرية هو الذرة وليس نواة الذرة.

وتتمثل المواد الرئيسية التي يكن إستغلالها لإنتاج هذه الطاقة حسب ما يعرف اليوم في بعض المعادن أهمها اليورانيوم والراديوم والثوريوم والليثيوم بالإضافة إلى معدن واحد ينتج صناعياً هو البلوتونيوم، ويعتبر اليورانيوم المادة الخام الأولى والأساسية للمشروعات النووية المدنية والعسكرية وأكثرها شهرة.



- اليورانيوم: يعتبر اليورانيوم أثقل العناصر الطبيعية الموجودة والمتعارف عليها إلى يومنا الحالي، وقد تم إكتشافه في أوائل القرن الثامن عشر، واستعملت مركباته أول الأمر كصبغ في صناعة السيراميك (الخزف) بسبب لونه الأصفر البراق عندما يكون على شكل مسحوق، ولكن إكتشاف "بكرل" للنشاط الإشعاعي عام 1896 وإكتشاف "كوري" للراديو عام 1898 قد مهد الطريق أمام إمكانية توليد شكل جديد من الطاقة اعتمادا على أنوية هذه العناصر، هذه الطاقة التي لا يمكن إنكار أهميتها بالنسبة لنشاطات العالم في المستقبل.

ويوجد هذا المعدن في الطبيعة متحدا مع عدد لا بأس به من العناصر الأخرى وهذا يفسر وجود عدد كبير من المعادن الحاملة لليورانيوم، التي عرف منها أكثر من مئة حتى اليوم. يتألف عادة اليورانيوم الطبيعي، كما هو موجود في الطبيعة من حوالي 99.3% يورانيوم ^{238}U والباقي 0.7% مكون من اليورانيوم النظير ^{235}U القابل للإنشطار محمرا طاقة هائلة، كما أنه يمكن تحويل نظيره الرئيسي ^{238}U إلى عنصر آخر هو البلوتونيوم ^{239}P القابل للإنشطار أيضا.

ومن أبرز المنشآت النووية التي تستخدم لتوليد الطاقة النووية نذكر ما يلي:

أ. المفاعل النووي: عبارة عن منشأة ضخمة تتضمن جهاز عالي الدقة يستخدم لبدء تفاعل نووي متسلسل مستدام والتحكم فيه، أو بتعبير أدق للتحكم في معدل سير التفاعل النووي لإنتاج كميات ضخمة من الطاقة النووية باستخدام كمية قليلة من الوقود، بحيث يمكن السيطرة عليه والاستفادة من طاقته لفترة طويلة، حيث تـ ، قذف نواة ذرة اليورانيوم 235 المستخدم وقودا في المفاعل بنيوترون حر مما يؤدي إلى إنشطار النواة وإطلاقها كمية هائلة من الطاقة الحرارية وتحريرها في نفس الوقت لعدد من النيوترونات التي تصطدم مجددا بذرات يورانيوم أخرى، ولإستخدام هذه الطاقة الناشئة في الأغراض السلمية تـ ، جرى عملية الانشطار داخل مفاعلات نووية، مع التحكم في سرعة التفاعل ومنع حدوث أي انفجار، بوسائل مختلفة منها إدخال قضبان تحكم سـ م إلى قلب المفاعل لجذب بعض النيوترونات وإخراجها من التفاعل.

يستخدم المفاعل النووي لأغراض عدة منها: إنتاج الكهرباء، تصنيع الأسلحة النووية، إزالة الأملاح والمعادن الأخرى من الماء للحصول على الماء النقي، تحويل عناصر كيميائية معينة إلى عناصر أخرى، وخلق نظائر عناصر كيميائية ذات فعالية إشعاعية، وأغراض أخرى.

ب. محطات الطاقة النووية: تعد محطات التوليد النووية نوعا من محطات التوليد الحرارية، حيث تقوم بتوليد البخار من الحرارة التي تتولد في فرن المفاعل، الفرق بين محطات الطاقة النووية والمفاعلات النووية أنه بدل الفرن الذي يحترق فيه الوقود يوجد في محطات الفرن الذي يحتاج إلى جدار عازل وواق من الإشعاع، وهو يتكون من طبقة من الآجر الناري وطبقة من المياه وطبقة من الحديد الصلب، ثم طبقة من الإسمنت تصل إلى سماكة مترين، وذلك لحماية العاملين في المحطة والبيئة المحيطة من التلوث بالإشعاعات الذرية.

3. تقنيات تحصيل الطاقة النووية: يتم توليد الطاقة النووية عن طريق التحكم في تفاعلات إنشطار أو اندماج الأنوية الذرية، وكلا الطريقتين تعتمد على الفكرة السائدة أن أنوية الذرة المتوسطة الحجم أكثر إستقرارا من الأنوية الكبيرة جدا أو الصغيرة جدا، وفي كلا الحالتين يكون وزن المواد الناتجة عن التفاعل أقل من المواد الداخلة فيه ويتحول الفرق إلى طاقة حسب النظرية النسبية لألبرت أنشطاين ومن خلال معادلته المشهورة (ط=ك س²). حيث ط: الطاقة ، ك: الكتلة، س: سرعة الضوء.

أ. الانشطار النووي: يحدث عند إنقسام بعض الذرات الكبيرة، لتكوين ذرتين أو أكثر متوسطة الحجم، مولدة بذلك طاقة هائلة لفرق الكتلة بين مجموع الكتل المتولدة والكتلة الأصلية، ويشير أيضا إلى إنقسام المواد الثقيلة عند قذفها بالنيوترونات ما يولد هذا الأمر سلسلة من التفاعلات تنتج عنها طاقة هائلة، ويستخدم عادة لإنتاج الطاقة النووية مادة "اليورانيوم" الذي يعتبر من أثقل المواد وأكثرها كثافة حيث يحتوي على 92 بروتون ويختلف عدد النيوترونات من بديل لآخر حيث نجد "اليورانيوم 238" و"اليورانيوم 235" و"اليورانيوم 234" وغيرها، وتشير هذه الأرقام إلى عدد النيوترونات حيث لكل نوع من اليورانيوم استخدامات خاصة به، ويتم إنتاج الطاقة النووية في المحطات النووية أين تتم السيطرة على عملية "الانشطار النووي المتسلسل"، وفكرة عمل المحطات النووية لا تختلف كثيرا عن فكرة عمل المحطات التقليدية العاملة على الوقود الأحفوري ، حيث أن عملية الانشطار النووي تقوم بتوليد حرارة عالية جدا أين تستخدم هذه الحرارة في صنع البخار الذي يدير "التوربينات" التي بدورها تنتج الطاقة الكهربائية. للإشارة فمفهوم الطاقة ببطء يدمج من استخدامها في إنتاج الكهرباء، أما خروجها بسرعة فيسبب انفجار مدمر وتسرب إشعاعي خطير.

ب. الإندماج النووي: يتم عن طريق الانصهار النووي وذلك بدمج بعض النوى الخفيفة لتكوين نواة أثقل، وهذا يشبه ما يحدث للشمس حيث تندمج نواتي هيدروجين لتكوين نواة هليوم، الذي تقل كتلته عن مجموع كتلتي الهيدروجين، والفرق بين الكتلتين يتحول إلى طاقة.

وينتج عن عملية الإندماج النووي طاقة هائلة تعادل أضعاف المرات الطاقة الناتجة عن عملية الانشطار النووي، كما أن الإشعاعات الناتجة عنه تكون أقل من تلك الناتجة عن الانشطار النووي.

ونظرا لكون الاندماج النووي لم يتخطى عتبة الجدوى الإقتصادية والعملية، فمن الصعب الاعتماد عليه في إنتاج الطاقة، إلا أنها تبشر بمستقبل واعد لتوفير طاقة هائلة وبتكلفة منخفضة بالاعتماد على مواد متوفرة في الطبيعة، ولو يتم تجسيد هذا المشروع ستصبح الطاقة النووية طاقة متجددة ونظيفة لاعتمادها على مصدر الهيدروجين المتجدد.

4. مميزات وعيوب الطاقة النووية:

- أ. مميزات الطاقة النووية: هناك العديد من المميزات والإيجابيات للطاقة النووية منها:
 - إن كمية الوقود النووي المطلوبة لتوليد كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية هي أقل من كمية الفحم أو البترول اللازمة لتوليد نفس الكمية، فمثلا طن واحد من اليورانيوم يقوم بتوليد طاقة كهربائية أكبر من تلك التي يولدها ملايين البراميل من البترول، إضافة إلى أن تكلفة الكيلوواط من الكهرباء المنتجة من الطاقة النووية أقل بـ 30% من تكلفة الكيلوواط المولد من الطاقات الأحفورية؛
 - تنتج الطاقة النووية الجيدة التشغيل أقل كمية من النفايات بالمقارنة مع أي طريقة أخرى لتوليد الطاقة، فهي لا تطلق غازات ضارة في الهواء والمسببة للاحتباس الحراري على غرار الوقود الأحفوري؛
 - المادة الأولية المتمثلة في اليورانيوم متوفرة في أغلب مناطق العالم، إضافة إلى سهولة استخراجها ونقله مقارنة مع مصادر الوقود الأحفوري الأخرى ذلك من جهة ، و من جهة أخرى الاتفاقات الدولية التي تنظم تجارة اليورانيوم؛
 - حاليا التجارب في الميدان النووي تركز على عملية الانصهار النووي التي تعتمد على عنصر الهيدروجين كوقود لها، و في حالة نجاح التجارب تجاريا و افتتاح المحطات النووية العاملة على الانصهار سوف تصبح الطاقة النووية طاقة مستدامة و تنتج أضعاف الطاقة الكهربائية المولدة من عملية الانشطار.
- ب. عيوب الطاقة النووية: بالرغم من إيجابيات الطاقة النووية إلا أن لها العديد من السلبيات والتي تعد في نفس الوقت صعوبات وعوائق لإستخدامها نذكر منها ما يلي:
 - التكاليف الباهظة التي تتطلبها الاستثمارات لإنشاء محطات توليد الطاقة بالمقارنة مع منشآت توليد الطاقة من مصادر أخرى، حيث مثلا المحطة النووية التي قدرتها 1000 ميغاواط يمكن أن تتراوح تكلفتها الاستثمارية بين 2000 مليون دولار إلى 3000 مليون دولار، وربما أكثر إذا تعرض المشروع لأي تأخر؛
 - طول الفترة الزمنية بين الشروع في بناء المفاعل النووي من مراحل إعداد الدراسة والتصميم ودخوله ميدان الإنتاج الفعلي، حيث تتراوح مدة إنشاء محطة نووية في المتوسط ما بين 6 إلى 7 سنوات في الدول المتقدمة، أما الدول النامية فتكون فترة الإنشاء أعلى في المتوسط من الدول المتقدمة، وهذا بسبب الحاجة لتطوير البنية الأساسية اللازمة لبناء المحطة النووية؛

- ضيق مجال استخدام الطاقة النووية حيث تنحصر أكثر في مجال إنتاج الكهرباء، وهو وإن كان مجالا مهما ولكن تبقى بعيدة عن مجالات لا تقل أهمية كالنقل والصناعة، حيث يظل استخدامها في هذه المجالات محدودا جدا؛

- النفايات النووية: حيث يبلغ متوسط إنتاج المفاعل النووي التجاري حوالي 300 م³ من النفايات الإشعاعية سنويا إضافة إلى 30 طن من المواد الصلبة شديدة الإشعاع سنويا، حيث يتم دفنها في مخازن عميقة تحت الأرض حيث تزيد خطورة ملامسة هذه النفايات للمياه الجوفية مما يشكل خطرا كبيرا على البشرية هذا من جهة ، ومن جهة أخرى يستخدم اليورانيوم المستنفذ في صناعة الأسلحة وهو ما يؤثر على العالم كذلك ، إضافة إلى أخطار أخرى متعلقة بانتشار الإشعاعات النووية عبر الهواء أو الشتاء النووي والأمطار الحمضية؛

- خطر الحوادث والكوارث النووية: هي نادرة الحدوث لكن عند حصولها تسبب خلل كبير في النظام البيئي والبشري ، حيث نجد أن كارثة "تشرنوبيل" بأوكرانيا سنة 1986 التي تعد أكبر كارثة نووية أودت بحياة أكثر من 8000 شخص نتيجة الإشعاعات المباشرة و حوالي 2.3 مليون شخص يعانون من أمراض متفاوتة الخطورة خصوصا سرطان الغدة الدرقية ، كما نجد كارثة أخرى هي كارثة "فوكوشيما" سنة 2011 نتيجة زلزال اليابان الكبير، والتي كانت تعد من أأمن المفاعلات النووية عالميا من حيث الأمن البشري والبيئي والتجربة ثبتت عكس ذلك؛

- التخوف من انتشار مادة البلوتونيوم الناتجة عن تخصيب اليورانيوم عن طريق دورة الوقود مما يسهل الحصول على القنابل الذرية، إضافة إلى التطورات الحاصلة في مجال إنتاج الطاقة النووية التي أصبحت تستخدم لأغراض عديدة، فمثلا تطوير عملية الانصهار النووي أصبح يستخدم لإنتاج "القنبلة الهيدروجينية" والتي تعادل قوتها أضعاف القنبلة الذرية، ومن ثم خطر الانتشار غير المراقب واحتمالات استعمالها للأغراض غير السلمية.