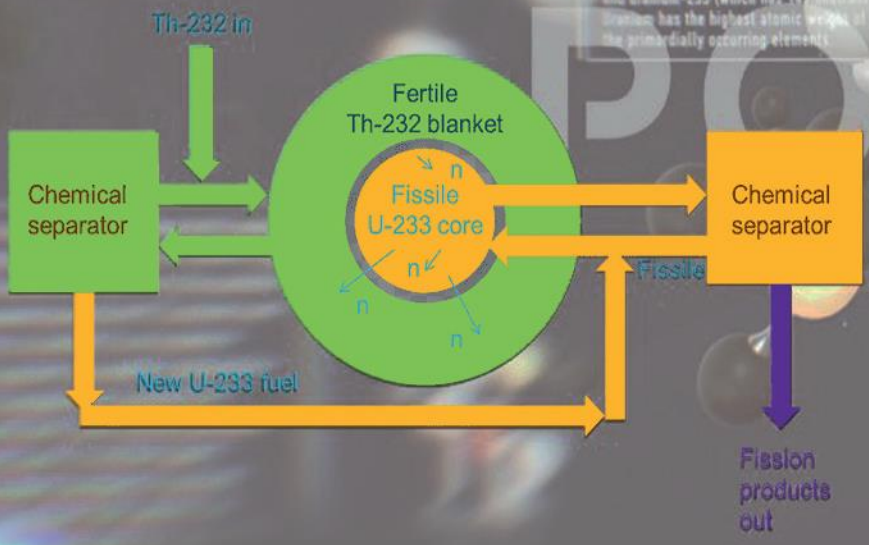
مفاعلات الثوريوم

والبديل النووى الأمثل للدول النامية



دكتور : بدوي محمود الشيخ

مؤسسة طيبة للنشر والتوزيع

مفاعلات الثوريوم والبديل النووي الأمثل للدول النامية
الشيخ , بدوي محمود
Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

مفاعلات الثوريوم

والبديل النووي الأمثل للدول النامية

د /بدوي محمود الشيخ

أستاذ متفرغ بهيئة الطاقة الذرية

بكالوريوس هندسة نووية -جامعة الاسكندرية

ماجستير هندسة قوى ميكانيكية -جامعة عين شمس

دكتوراه هندسة قوى ميكانيكية -جامعة القاهرة

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Taiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

الناشر

مؤسسة طيبة للنشر والتوزيع

7 شارع علام حسين -ميدان الظاهر -القاهرة

ت -0227867198 /0227876470

فاكس/ 0227876471

محمول/ 01112155522 -01091848808

طبعة 2022

فهرسة أثناء النشر من دار الكتب والوثائق القومية المصرية

الشيخ ، بدوي محمود .

مفاعلات الثوريوم والبديل النووي الأمثل للدول النامية / بدوي محمود الشيخ . القاهرة :

مؤسسة طيبة للنشر والتوزيع 2021

300 ص ؛ 24 سم .

تدمك : 5 - 556 - 431 - 977 - 978

1 - الثوريوم

2- الطاقة النووية

أ-العنوان 546,422

رقم الإيداع : 28131/ 2021

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

إهداء

إلى علماء مصر الذين أخلصوا لها -بعد اللـه سبحانه وتعالى - ورفعـوا اسـمها.. وحاولوا تطويرها من أقصر الطرق والسـبل.. وشـاركوا غـيرهم مـن أنحـاء العـالم في تطويع العلم للبناء لا الدمار.. وكابدوا أو ضحَّوا بأنفسهم في سبيل ذلك.

مفاعلات الثوريوم والبديل النووي الأمثل للدول النامية
الشيخ ، بدوي محمود
Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

مقدمة

بدأت قصتي في البحث مع الثوريوم منذ انتهيت من دراستي لرسالة الماجستير، وعند الشروع للبحث عن موضوع جديد ليكون موضع بحثي في الإعداد لرسالة الدكتوراه. ولأسباب كثيرة أبرزها رغبتي الشخصية أو لأحد سماتها منذ صباى في الرغبة في كسر روتين التقليد والبحث الدائم عن مسارات جديدة غير نمطية مختلفة عن مسارات أقراني ومن سبقني في التفكير الحياتي، ومن ثم البحث عن الجديد دائما وغير المعتاد في نمط حياتنا العملية والعلمية، وما يندرج تحت الأفكار وما يشاع من الوسائل وخاصة إذا كان هناك ثمة إجماع أن هناك مشكلة أو العديد من التحديات وما يعيق مسار حياتنا نحو الأفضل. حيث كنت أجدني مدفوعا لذلك مهما كلفني من مشقة السعي والبحث والاغتراب والافتقار إلى المعين أو المرشد والموجه أو في التأخر عن الوصول في جني الثمار والنتائج.

ولأسباب كثيرة أيضا ربما ليس مجال التعرض لها في هذا الموضع، ساقتني الأقدار إلى أهمية الخوض والشروع السريع والضروري في البحث حول وقود الثوريوم ومن ثم المفاعلات النووية القائمة على استخدامه. ولم يمر وقت طويل وربما ساعات أو أيام حتى اكتشفت أهمية ووجوب ذلك التوجه سواء على المستوى الشخصي أو على المستوي المؤسسي البحثي المصري والعربي، مسايرة وتجاوبا مع الاهتمام العالمي الذي ارتأى ضرورة استئناف التطبيقات والاستخدامات التجارية لهذا الوقود وللمفاعلات القائمة عليه، بعد توقفها في السابق، وهو ما عكسته توصيات العديد من المنتديات وورش العمل الدولية فضلا عن الشروع العملي في المشاريع التجريبية وإجراء التطويرات التصميمية في مختلف دولة العالم النووية ومنذ أن تأكدت ضرورة ذلك مع نهاية الألفية الثانية.

والأهم من كل ذلك، وما ساعد في إصراري على السير والسعي في البحث في هذا الطريق بل ومن ضرورة لفت الأنظار والتحريض عليه في مؤسسات البحث والتعليم عندنا في مصر- ما تولد لدي من قناعات بكونه ربما يمثل لنا كدولة من دول العالم النامي أنه الطريق الأمثل وربما الأسهل والأيسر سياسيا واقتصاديا نحو الولوج لامتلاك التكنولوجيا النووية واستثمارها في سد احتياجاتها المتنامية من الطاقة، وهو

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

الاكتشاف -الاستراتيجي تخطيطا وتنفيذا - الذي سبقتنا إليه دولة "الهند" وربما سبقت فيه العالم أجمع، وهي الدولة التي تتشابه معنا في كثير من الظروف الاجتماعية والاقتصادية وفي امتلاك احتياطيات لا بأس منها من خام الثوريوم على أراضيها، ولكنها تميزت حين خططت في الاعتماد التدريجي والمستقبلي على الاستفادة من مخزون الثوريوم على أراضيها، كما استمرت في بحوث استخراجه واستثماره في منشآتها النووية التى شرعت في إنشائها أو تشغيلها، رغم توقف العالم من حولها عن هذا الاهتمام قرابة العقدين من الزمان.

وحيث يدفعنا ذلك إلى أهمية طرح العديد من الأسئلة ومنها على سبيل التحديد: لماذا يجب أن تمتلك رؤيتك الخاصة في التخطيط لحاضرك ومستقبلك وكيف توظف السياقات والمسارات العامة والشائعة في تحديد المناسب لك منها أو من غيرها ولا ترهن مستقبلك بظروف وضغوط الواقع المنتشر والمتفشي؟؟ سؤال نحتاج أن نسأله لأنفسنا على مستوى الأفراد والدول.

وبمعنى آخر كيف نختار خططنا الاقتصادية والعلمية والبحثية و...وعلى الأخص كيف يمكن للدول أن تخطط لمستقبلها وتحديد برامجها النووية وفي قبول أو رفض الاعتماد على هذا البديل أو ذاك؟؟ وفي تحديد الأنسب من بدائل وتفريعات وتطبيقات ومن طرق الحصول عليها؟؟.

ترشدنا إحدى المنشورات الدولية حول ضرورات ومقومات التخطيط للبرامج النووية وجدوي الاعتماد على المحطات النووية كبديل في سد الاحتياجات الوطنية للطاقة وحين أكدت على أهمية التخطيط الاستراتيجي ومتطلباته:

(إن التخطيط الإستراتيجي على المدى الطويل من أجل تطوير نظم الطاقة ودور الطاقة النووية المحتمل في هذا المجال يتطلب فهما سليما للعوامل المحركة للتغيير والإبتكار التكنولوجيين. ومن ثم فإن التدبر الدقيق لكل ما يتصل بالطاقة، من بنى تحتية وأفضليات اجتماعية وتوجهات في التنمية الاقتصادية والقيود البيئية، يجب أن يكون جزءا من مخطط نشر الطاقة النووية على الصعيد الوطنى. ولذا فإن تقييم نظم الطاقة النووية هو جزء لا يتجزأ من تطوير القوى الوطنية على الصعيد الوطني

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

إلى جانب التخطيط المعني بالطاقة وتطوير مرافق البنى التحتية النووية، من خلال إتباع نهج "المعالم المعيارية" الذي استحدثته الوكالة (الوكالة الدولية للطاقة الذرية) بشأن إقامة أولى محطات القوى النووية (المحطات النووية لتوليد الكهرباء). وينبغي الإشارة على وجه الخصوص إلى أن اعتماد برنامج للقوى النووية ينطوى على تبعات والتزامات خاصة بالمراحل بين الأجيال تمتد بنطاقها إلى ما بعد 100 عام.

إن التخطيط للطاقة يهدف إلى ضمان جعل القرارات المتخذة بشأن البنى التحتية اللازمة للطلب والعرض الخاصين بالطاقة تشمل مشاركة أصحاب المصلحة، وتعنى بالنظر في كل الخيارات الممكنة بشأن جانبي العرض والطلب. وتنسق مع الأهداف العامة للتنمية المستدامة على الصعيد الوطنى. والقرار الذي يتخذ بأن تكون الطاقة النووية جزءا من تشكيلة متنوعة من مصادر الطاقة ينبغي له أن يتضمن مسائل انتقاء تكنولوجيا المفاعلات، وتطوير البنى التحتية اللازمة للمحطات الأولى، وفهما لمجموع المؤثرات والاعتبارات المتنوعة ذات الصلة بنشر نظام للطاقة النووية المستدامة. ويجب أن يشمل هذا أيضا ابتكارات في التكنولوجيا النووية وترتيبات مؤسسية تسهم كلها في التطور العالمى النطاق وتكون ناتجة عنه في آن واحد)[1]

أما السؤال الآخر والأكثر إلحاحا كما أنه السؤال المعاد طرحه مرارا وتكرارا وفي محاولة للبحث عن إجابات علمية شافية في الكتاب: لماذا كان "الثوريوم.. ومفاعلاته" هو الأولي والأجدر اهتماما ونفعا للبشرية، ولماذا تأخر استخدامه، وتم استغناء دول العالم المتقدم باليورانيوم عنه هذه العقود؟

أما الإجابة التمهيدية والمختصرة لهذا السؤال فقد اخترناها من مقال للكاتب الكندي "نيل رينولدز" والذي رأس تحرير أكثر من جريدة كندية آخرها "فانكوفر صن"، حيث جاء مقاله والذي خصه لموقع "جلوب اند ميل" في 23 مايو 2011 تحت عنوان: "مع الثوريوم، يمكننا الحصول على طاقة نووية آمنة": في البداية، حدد العلماء النوويون مصدري وقود للعمر الذري: اليورانيوم والثوريوم. ذهبوا مع اليورانيوم. لماذا؟ لم يكن ذلك لأن اليورانيوم كان أفضل وقودا. الثوريوم أكثر وفرة. إنه أبسط، وهو أكثر أمانا.

(1) الطاقة النووية المستدامة بقلم: يوري سوكولوف وراندي بيتي: مجلة الوكالة الدولية للطاقة الذرية 1-51 : سبتمبر 2009.

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

لكن الثوريوم له عائق استراتيجي واحد: لا يمكنك صنع البلوتونيوم منه. يمكنك صنع البلوتونيوم من اليورانيوم. وكان البلوتونيوم فائق القوة ومدمر للغاية. لقد صنع الإنسان المصدر الأكثر دموية للطاقة النووية المشعة، البلوتونيوم هي في أساس التدمير إلى الأبد.

في الحرب الباردة، كان الهدف العلمي مرادفًا للهدف العسكري: الأسلحة النووية. ألقى البلوتونيوم سحابة الفطر الأكثر دموية. لا تزال أطنانها تحوم حولها في المحيط الحيوي، وهو إرث من التجارب النووية في الغلاف الجوي في الستينيات. الثوريوم لايستطيع التنافس. فيما يتعلق بعدم جدوى ذلك، دفنت الولايات المتحدة آلاف الأطنان منه في صحراء نيفادا.

لقد اكتشف كيميائي سويدي يدعى جونز جاكوب برزيليوس الثوريوم في عام 1828 وأطلق عليه اسم ثور، إله الرعد في الأساطير الإسكندنافية - وبالمناسبة، لأغراضنا (كما هو مقترح في فيلم سير كينيث براناغ ثلاثي الأبعاد، ثور)، حارس الجنس البشري.

لقد اكتشف الفيزيائيان الأمريكيان إدوين ماكميلان وجلين سيبورج، اللذان يعملان في جامعة كاليفورنيا في بيركلي، البلوتونيوم ("المخلق") في 1940-1941 وأطلق عليه اسم بلوتو، إله الجحيم في الميثولوجيا الإغريقية. ووجد البلوتونيوم 239 طريقه إلى القنبلة الذرية التي سقطت على ناغازاكي في عام 1945، مما أسفر عن مقتل 70.000 شخص. وكاستعارة للاختيار الأخلاقي في بزوغ العصر الذري ، لم يكن بالإمكان بشكل رائع تسمية (الاعتماد على) أنواع الوقود المتضاربة - ثور مقابل بلوتو -.

وماذا كان عن الموقف الكندى؟ تابع قائلا: ومن الغريب أن أوتاوا اتخذت نفس الخيار مثل الدول النووية الأخرى في الخمسينيات والستينيات. لم تكن كندا بحاجة إلى قنابل نووية. لمدة 20 سنة، أكثر أو أقل، كان هذا هو الهدف الوحيد للطاقة النووية. في الواقع، قامت شركة الطاقة الذرية الكندية المحدودة AECL، التي تحتكرها الحكومة، بدراسة الثوريوم كوقود نووي بديل لعدة عقود. جعلت AECL هدف كندا

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

واضحا في عام 1977 عندما عقدت اجتماعا استراتيجيا مغلقا في أوتاوا مع صانعي القرار الحكوميين المعنيين. وقال روس كامبل رئيس شركة AECL أن كندا لديها موارد مائية وفيرة. كان لديها رواسب الفحم الضخمة. كان لديها رمال القطران. وكان لديها مفاعلات نووية خاصة بها - بما يكفي من اليورانيوم لتستمر إلى ما بعد نهاية القرن. ولكن عاجلاً أم آجلاً، تحتاج كندا إلى الثوريوم: "هذه مهمة يجب أن تبدأ قريبًا".

في هذه الأثناء، يظل البلوتونيوم في مقدمة أولويات شركة AECL ولم يستطع البلد أن يتحمل تكاليف التحول إلى الثوريوم في وقت سابق، كما قال - لا يمكن أن يتحمل "التخلص" من عائد البلوتونيوم الذي يحدثه الانشطار عندما يحترق اليورانيوم المخصب داخل المفاعل النووي. إلا أن السيد كامبل قد بالغ في وصفه لمزايا الثوريوم. كان أكثر وفرة بثلاثة أو أربعة أضعاف من اليورانيوم. لم يتطلب الأمر بالوزن سوى 2 في المائة من الوقود (مقارنة باليورانيوم) لإنتاج نفس الطاقة. ويتطلب فقط تعديلا طفيفا لمفاعلات كاندو.

ثم كشف السيد كامبل عن أعلى هدف استراتيجي لشركة AECL: فعندما تتحول كندا أخيرا إلى الثوريوم، يمكن بيع كامل إمدادات اليورانيوم في كندا إلى الخارج "يتم تصديره بالكامل". وأضاف: "هذه هي الجائزة التي نعمل من أجلها". وأكد هاتشر، نائب رئيس شركة AECL: "انه مع دورة الثوريوم سوف يحقق مفاعل كاندو كامل إمكاناته".

إذا كان الأمر كذلك للأسف، فإن مفاعلات كاندو سوف تدرك إمكاناتها الكاملة في الصين أولاً، التي أعلنت قبل 18 شهراً أن مفاعلات كندا توفر التكنولوجيا المثالية للاستخدام الصيني الشامل للثوريوم كوقود نووي بديل. لاحظت الصين بشكل خاص "السلامة المعززة" و"الاقتصاد الجيد" للثوريوم على اليورانيوم. كما يحدث - تمتلك الصين احتياطيات وفيرة - وكما تفعل الهند والعديد من الدول الأخرى. تتوقع الصين بدء تشغيل أول مفاعلات تعمل بالثوريوم في عام 2015)[1].

(1) https://www.theglobeandmail.com/opinion/with-thorium-we-could-have-safe-nuclear-power/article625549/

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

إن الإبداع في التخطيط واختيار المفاهيم والأساليب الأنسب للحياة الإنسانية والبشرية، وإجراء التغيير في الوقت المناسب يوفر عليها الكثير والكثير. ولقد آن الآوان لكسر التفكير النمطي في استخدام المحطات النووية. وكما قال البروفيسور جان-لاين كلوسترمان: (لسوء الحظ، كما نعلم، تمتلك محطات الطاقة النووية الحالية عيوبًا كبيرة أيضًا، خاصة فيما يتعلق بالنفايات والسلامة النووية. ولهذا السبب، يجب علينا، في رأيي، أن نختار نهجا نوويا مختلفا اختلافا جذريا: وبعبارة أخرى، مفاعلا نوويا لاينتج عنه نفايات يجب تنظيفها فيما بعد، ولكنها نفايات تنتج نفايات طويلة الأجل أقل بكثير. ومثل هذا المفاعل ممكن!).

ثم أتبع كلامه بالقول: (المفاعل النووي الذي يعمل بالملح المصهور والثوريوم هو تحسين على المفاعلات النووية الحالية في جميع النواحي تقريبا. مفاعل الثوريوم آمن بطبيعته وينتج عنه نفايات مشعة أقل بكثير وأقل خطورة. وهذا يجعلها تقنية ممتازة للحد من انبعاثات الكربون العالمية، على سبيل المثال، عندما تستخدم في منظومة مع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح).

وفي النهاية لا يسعنا إلا أن نقدم تحية الإجلال والتقدير لكل صاحب فكر رائد نحو فتح آفاق أرحب في تنوير العقول والقلوب وأبواب الخير والأمن وعمارة الأرض والسلام للبشرية، ولكل صاحب فضل في شق طرق جديدة لتحقيق الرفاة والتقدم للبشرية.

كما نسجل تلك التحية للقادة والعلماء الأوائل في مسار الاستفادة من الطاقة النووية وخاصة في المجال السلمي. وكما قال روبرت هارجريفز[1]: أن القادة الأفراد هم المفتاح لتقدم البشرية: ريكوفر Rickover قاد تطوير الطاقة النووية. ايزنهاور قاد ذرات من أجل للسلام. والفين وينبرج Weinberg قاد تطوير مفاعل الوقود المصهور من أجل "مستقبل البشرية بأسرها". الرئيس كينيدي قاد مهمة أبولو. بيل غيتس يقود الجهود الخيرية لإنهاء فقر الطاقة. جيانج مينهنج Jiang Mianheng تقود تطوير مفاعل الوقود المصهور للصين. المغامرة كيرك سورنسن هي رائدة الدعم المالي لمفاعل فلوريد الثوريوم السائل لفتر LFTR في شركة فلايب اينرجي Flibe Energy التي أسسها

(1) روبرت هارغريفز: الثوريوم: الطاقة أرخص من الفحم (2012).

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

رجل أعمال دولي يسعى بهدوء لاستخدام مفاعل فلوريد الثوريوم السائل لإنهاء فقر الطاقة في أفريقيا وخارجها.

كما أقدم شكري الخاص لكل من دعمني في الثبات والاستمرار في هذا الفرع من بحوث وتطبيقات ومفاعلات الثوريوم من البداية وأخص منهم الراحل الأستاذ الدكتور فوزى حماد رئيس هيئة الطاقة الذرية الأسبق، والأستاذ الدكتور فاطمة جابر رئيس المركز القومى للأمان النووي والرقابة الإشعاعية الأسبق، وفي مراجعة وإخراج هذا الكتاب وأخص منهم الأستاذ الدكتور كريم الدين الأدهم رئيس المركز القومي للأمان النووي والرقابة الإشعاعية الأسبق، متمنيا من الله العلى القدير أن يكون هذا الكتاب فتحا جديدا في نشر وتنشيط الاهتمام والبحث في هذا الباب بمؤسسات البحث والدراسة والتطبيقات العملية في بلدى الحبيبة مصر.

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

الباب الأول

حاجة البشرية إلى الطاقة

مفاعلات الثوريوم والبديل النووي الأمثل للدول النامية
الشيخ ، بدوي محمود
Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

الطاقة وبدائلها

الطاقة وتحولاتها

الطاقة **Energy**

تعرف الطاقة بأنّها القُدرة التي تملكها المادّة لإعطاء قوىً قادرة على إنجاز عمل مُعيّن كما أنّها المَقدرة التي يمتلكها نظامٌ ما لإنتاج الفاعليّة أو النّشاط الخارجيّ، وهي الكيان المُجرّد الذي لا يُعرَف إلا من خلال تحوّلاته. وتُعرّف بأنّها كمية فيزيائيّة يتم التّعبير عنها بوحدة الجول في النّظام العالميّ للوحدات [1]

كمية الطاقة الموجودة في الكون ثابتة على الدوام، فالطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم (قانون حفظ الطاقة)، وإنما تتحول من شكل إلى آخر. وعندما يبدو أن الطاقة قد استنفذت، فإنها في حقيقة الأمر تكون قد تحولت إلى صورة أخرى، لهذا نجد أن الطاقة هي قدرة للقيام بالشغل تكون نتيجته مثلا طاقة حركية أو طاقة إشعاعية.

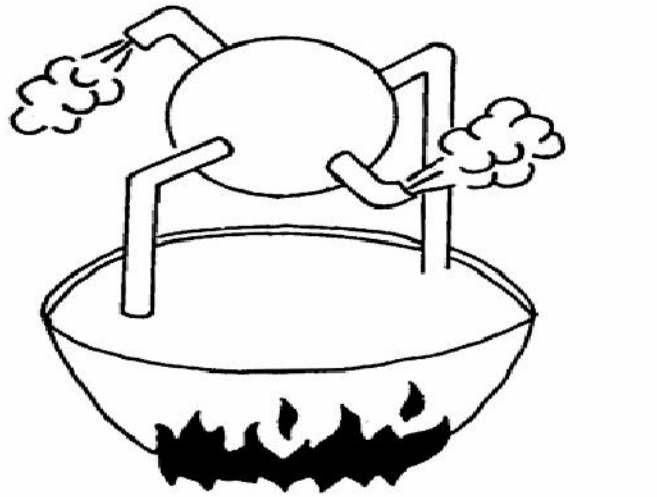
فالطاقة التي يصاحبها حركة يطلق عليها طاقة حركة. الطاقة التي لها صلة بالموضع (الجاذبية) يطلق عليها طاقة الوضع (جهدية)، فالبندول المتأرجح تختزن به طاقة وضع عند نقطتي النهائية (أعلى نقطتين أثناء حركة البندول، يمينا ويسارا) وعند كل نقطة نهائية لاهتزاز البندول تتحول طاقة الوضع إلى طاقة حركية لذلك يعود في اتجاه وضع التوازن (أسفل) ومنه إلى النقطة النهائية الثانية، وهكذا [2]

ومن هنا يمكن للطاقة أن تأخذ أشكالاً متنوعة منها طاقة حرارية كيميائية، كهربائية، إشعاعية ، نووية، طاقة كهرومغناطيسية، وطاقة حركية. هذه الأنواع من الطاقة يمكن تصنيفها بكونها طاقة حركية أو طاقة كامنة، في حين أن بعضها يمكن أن يكون مزيجًا من الطاقتين الكامنة والحركية معًا.

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

تحولات الطاقة **Energy transformations**

بدأت محاولات تسخير الطاقة المتاحة منذ فجر التاريخ، حيث بدأ القدماء في استغلال حرق خشب الأشجار للحصول على التدفئة، ثم بدأ صانعوا المعادن في استخدام الحرارة في صهر المعادن وتشكيلها. وفي فترة متأخرة من تاريخ البشرية بدأ استغلال الحرارة في توليد البخار وإنتاج الحركة. وفي عام 130 قبل الميلاد قام "هيرو" العالم الرياضي والكاتب بمدينة الإسكندرية باليونان في تصميم وتنفيذ أول آلة حرارية تقوم بتحويل الطاقة الحرارية إلى حركة دورانية، فقد لاحظ أنه عند تسخين المياه يمكن دفعها بالبخار الناتج إلى ما يشبه الآلة البخارية وينتج عن هذا الدفع دوران الآلة (شكل 1).

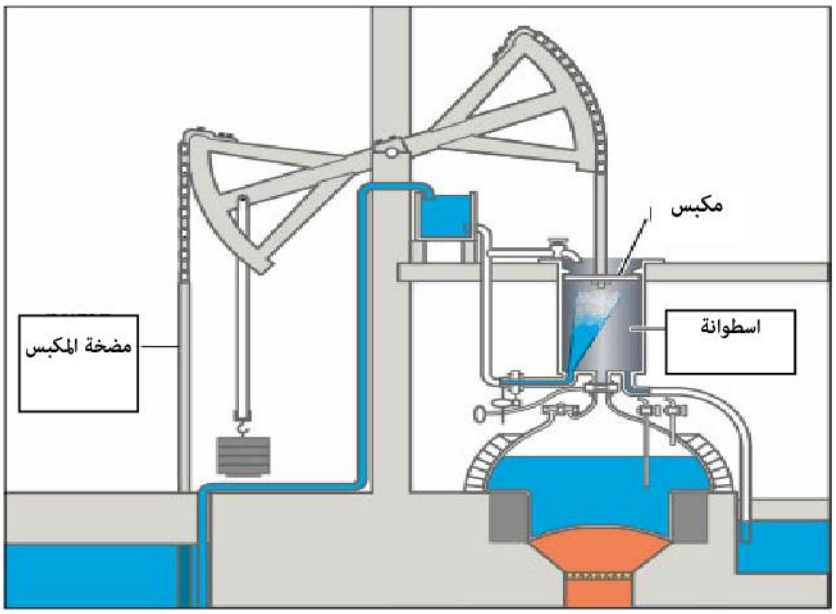


شكل (1) أول آلة حرارية صممها "هيرو" (130 ق. م)

وذلك يشبه إلى حد كبير اندفاع البخار من غلاية المياه المنزلية المعروفة حيث تدفع قوة البخار المنطلق أي سطح أمامها للأمام مسببة حركته.

ونفذ العالم العربي "تقي الدين الراصد" في حوالي 1580م آلة بخارية مماثلة وفي عام 1698م قام العالم البريطاني "تومس سافري" بتصميم وتنفيذ آلة حرارية تعمل بالبخار عند ضغط 10 جوي، ويوضح الشكل (2) رسما تخطيطيا لهذه الآلة بعد تعديلها على يد "توماس نيوكمن".

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378



شكل (2) ألة "توماس سافري" 1698 المطورة بواسطة "توماس نيوكمن"

ومع استمرار محاولات تطويع الطاقة الحرارية الموجودة في الوقود الحفري لخدمة أغراض التنمية الصناعية، قام "جيمس وات" بتصميم وتنفيذ أول آلة بخارية ترددية [2] تعتمد في نظرية عملها على الضغط المرتفع للبخار، الذي يتم دفعه داخل غرفة اسطوانية بها مكبس متحرك، ويؤدي هذا الضغط الهائل إلى حركة هذا المكبس داخل الغرفة الاسطوانية - حيث تم توصيل المكبس إلى عمود المرفق المتصل مع عمود طويل لإدارة عمود الكرنك، وهكذا تم تحويل الحركة الترددية إلى حركة دورانية، واستغلت هذه الحركة الدورانية في إدارة المعدات المختلفة. ومع تطور الزمن أمكن للعلماء إنتاج المزيد من الآلات الحرارية البخارية وتطويرها إلى أن تمكن العلماء من تصميم وإنتاج التوربينات البخارية لتحول الطاقة الحرارية إلى طاقة حركية.

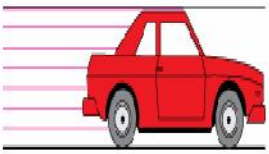
ومع مرور الزمن أصبح بالإمكان تحويل جميع أنواع الطاقة مِن شكل لآخر بمساعدة أدوات بسيطة أو أحياناً تستلزم تقنيات معقدة مثلاً من الطاقة الكيميائية إلى الكهربائية عن طريق الأداة الشائعة البطاريات أو المركمات، أو تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية وهذا نجده في محرك احتراق داخلي، أو تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية، وهكذا.

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

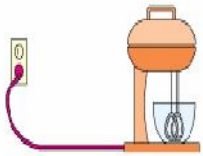
وهكذا يؤدي تشغيل محرك السيارة إلى تحول الطاقة الكيميائية في البنزين إلى الطاقة الميكانيكية التي تعمل على تشغيل المحرك، مع إطلاق الطاقة الحرارية كمنتج ثانوي. كما تحول الأشجار طاقة المشعة من ضوء الشمس إلى طاقة كيميائية في السكريات البسيطة من خلال عملية التمثيل الضوئي.

شكل (3)

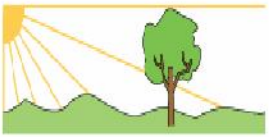
تفاعل حراري نووي يغير الطاقة النووية إلى طاقة إشعاعية وحرارة



محرك أوتوموبيل يغير الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية وحرارة



الخلاط الكهربائي يغير الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية وحرارة



لأشجار تغير الطاقة المشعة إلى طاقة كيميائية

المصباح يغير الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية وحرارة

المسمار يغير الطاقة الميكانيكية لطاقة التشكل وحرارة

شكل (3) النماذج المختلفة لتحويل أشكال الطاقة من صورة لأخرى

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

قوانين الطاقة

أشار العالم الفيزيائي الشهير آينشتاين إلى مبدأ فيزيائي مهم تقوم على أساسه العديد من التطورات التكنولوجية، ألا وهو مبدأ حفظ الطاقة الذي ينص على أن: "كمية الطاقة الكلية في نظام مغلق لا تتغير". وانبثق عن هذا المبدأ العديد من المبادىء والقوانين المتفرعة مثل: قانون حفظ الكتلة، قانون الطاقة الميكانيكية وغيرها.

قانون حفظ الكتلة

قانون حفظ الكتلة، هو قانون فيزيائي يبيِّن أن المادة لا تخلق ولا تفنى في أثناء التفاعل الكيمياوي، وبعبارة أخرى لا تحدث للكتلة خسارة ولا اكتساب وإنما يمكن تحويل المادة من شكل إلى آخر، وقد استنتج هذا القانون العالم الروسي ميخائيل لومونوسوف.M.V Lomonosov عام 1756 بعد إجراء الآلاف من التجارب المضنية[2].

إلا أن الكيميائي الفرنسي أنطوان لاڤوازييه Antoine Lavoisier، هو الذي أقنع المجتمع العلمي عام 1783 بقبول مفهوم حفظ الكتلة الذي استنتجه، منفرداً من تجاربه المتعلقة بالعلاقات الكمية بين الأكسجين والزئبق من جهة وبين الأكسيد الناتج من اتحادهما من جهة أخرى. فعند تسخين 100 جرام مثلاً من أكسيد الزئبق كمادة متفاعلة، ينتج 92.6 جرام من الزئبق و7.4 جرام من الأكسجين، أي إن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة. إلا أن أوزان المتفاعلات والمنتجات غير متساوية بصورة مطلقة. ففي التفاعل الكيمياوي المطلق للحرارة يتحول قسم ضئيل جداً من المادة إلى طاقة، ويحدث العكس في التفاعل الماص للحرارة إذ ان الكتلة تتحول إلى طاقة وفق لعلاقة أينشتاين المشهورة (ط= ك * ع^2) حيث ط هي الطاقة المنتشرة وك نقصان الكتلة وع سرعة الضوء. وفي الواقع فإن التغير الموافق في الكتلة في أمثال هذه التفاعلات غير النووية، وهو من رتبة 10^{-8}غرام، لا يمكن كشفه بأشد الموازين حساسية، وتفسِّر هذه المعادلة الطاقة الهائلة الناتجة عن نقصان المادة في التفاعلات النووية، فالطاقة الناتجة عن تحوّل ميكروجرام (10^{-6}جرام) من المادة إلى طاقة هي 2.5×10^9 سعر حراري (كالوري).

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

قانون بقاء الطاقة الميكانيكية

إن الطاقة مرتبطة بالمقدرة على بذل الشغل، سيتضح لنا أن هناك صوراً عديدة أخرى للطاقة. فالفحم وزيت البترول والبنزين وغير ذلك من أنواع الوقود يحتوون على طاقة لأنها يمكن أن تحترق احتراقاً كيميائياً تتحول فيه بعض الطاقة المختزنة إلى شغل ميكانيكي. وتعرف هذه الطاقة المختزنة بالطاقة الكيميائية. كذلك فأن بعض الأنوية الذرية يمكنها أن تنشق أو تنشطر في المفاعلات النووية محررة كمية كبيرة من الطاقة التي يمكن استغلالها في تشغيل التوربينات المولدة للكهرباء. وعليه فإن الأنوية تحتوي على طاقة تسمى الطاقة النووية. علاوة على ذلك فإن الشحنات الكهربائية يمكنها أن تبذل شغلاً، أي أن الشحنات الكهربائية لها طاقة كهربائية. وأخيراً وليس آخراً يمكن أن تخزن الطاقة في الأجهزة المرنة. فالزنبرك الممتد ووتر قوس الرماية لها طاقة جهد مرن يمكن أن تتحول إلى طاقة حركة للكتلة المتصلة بالزنبرك أو السهم المنطلق من القوس.

تعتبر الطاقة المرتبطة بحركة ذرات وجزيئات المادة واحدة من أهم صور الطاقة. وبالرغم من أن حركة هذه الجزئيات تتضمن طاقة حركة الذرات المنفردة، فإن الذرات تتحرك في اتجاهات عشوائية بسرعات مختلفة المقدار. هذا السلوك يختلف بالطبع عن حركة الجسم بأكمله حيث تتحرك جميع ذراته معاً بنفس سرعة الجسم، ولهذا أمكن وصف طاقة حركة الجسم بدلالة كتلته ومقدار سرعته ($2/1$ ك* ع^2). هذه الحركات العشوائية للذرات والجزيئات هي إحدى صور الطاقة التي تمثل خاصية داخلية للمادة تعرف باسم الطاقة الحرارية (TE). هذا وترتبط كمية الطاقة الحرارية للجسم بدرجة حرارته. ويمكن أن نتحقق من أن بذل الشغل على الجسم يؤدي إلى تغيير طاقته الحرارية[3].

فمثلاً، إذا دفعت كتابك لينزلق على الأرضية سوف تختفي طاقة الحركة التي أمددت بها الكتاب عندما يصل الكتاب إلى السكون. ومع ذلك فإن الكتاب لم يكتسب طاقة وضع أو طاقة جهد تثاقلي (GPE) لأن الأرضية مستوية. ماذا حدث للطاقة الأصلية للكتاب عندما تركته يدك؟ إن القوة الوحيدة المؤثرة على الكتاب في اتجاه الإزاحة هي

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

قوة الاحتكاك الحركي، وهي تبذل شغلاً. وقد علمتنا الخبرة أن الكتاب و(الأرضية) "يسخنان" قليلاً عند وجود الاحتكاك. وهذه عادة هي الطريقة المعتادة للاستدلال على زيادة الطاقة الحرارية لهذه المواد. بناء على ذلك يمكننا الإجابة عن السؤال: المتعلق بما حدث لطاقة الحركة (KE) الأصلية، لقد تحولت عن طريق الشغل المبذول بواسطة قوى الاحتكاك إلى طاقة حرارية (TE) للكتاب والمنضدة. ويمكن التعبير عن هذه الحقيقة بأسلوب آخر هو أن الشغل المبذول بالاحتكاك يظهر في صورة زيادة الطاقة الحرارية للجسم. ومنه يستخلص القانون التالي:

الشغل المبذول (W)= التغير في طاقة الجسم

$$-W = \Delta TE$$

والإشارة السالبة ضرورية هنا لأن W سالب دائماً، أي أنه حصل فقد لطاقة حركة الجسم بينما تزداد طاقته الحرارية (TE).

في أي عملية فيزيائية توجد دائماً تحويلات لبعض صور الطاقة إلى صور أخرى وتخضع مثل هذه التحولات للقيد الآتي: الطاقة لا تفنى ولا تستحدث. فإذا حدث فقد في إحدى صور الطاقة تحدث زيادة مساوية في صور أخرى. هذه العبارة تسمى قانون بقاء الطاقة، والذي يعد من القوانين الأساسية في علم الفيزياء. وأيضاً، حيث أن الطاقة في أي صورة من الصور توجد في كل فروع الفيزياء، فإن قانون البقاء هذا يعتبر واحداً من أعم مبادئ التوحيد في الفيزياء كلها.

مصادر وبدائل الطاقة

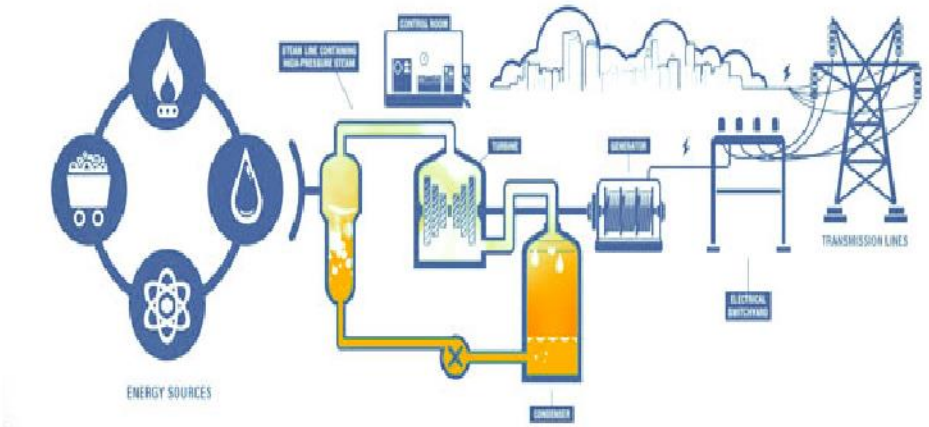
تصنف مصادر الطاقة بشكل رئيس إلى قسمين: مستنفدة أو متجدّدة، رئيسة أو ثانويّة، ملوّثة أو صديقة للبيئة. كما يمكن تصنيفها كمصادر تقليديّة أو غير تقليديّة. فوفق إدارة معلومات الطاقة الأميركية EIA، تصنّف المصادر التي يتم استخراجها بتقنيات الحفر حيث يتمّ ضخ النفط أو الغاز، ضمن المصادر التقليدية. أمّا المصادر التي يتطلّب استخراجها تقنيات أكثر تعقيدًا لم تكن متوافرة سابقًا ولافتقادها للجدوى الاقتصادية، إلاّ خلال العقدين الأخيرين، ممّا سمح بتأمين مصادر إضافية للطاقة، فتصنّف بين المصادر الجديدة أو غير التقليديّة، ويوضح شكل (4) نموذجا لمخطط محطة توليد طاقة من مصادرها المختلفة.

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Toba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

أولا: الطاقة غير المتجددة Non-renewable energy

(الطاقة التقليدية أو المستنفدة)

وهي الطاقة التي تنفذ مع الوقت، وتعتبر بشكل عام ملوثة للبيئة، وينتج عن استخدامها عدة مخلفات تعتبر ضارة للإنسان، ومنها:



مصادر الطاقة المختلفة

شكل (4) نموذج لمكونات محطات توليد الطاقة الكهربائية من مصادرها المختلفة

الفحم الحجري Coal

وهو عبارة عن كتل سوداء تتكون بشكل أساسي من عنصر الكربون، ويتواجد في طبقات الأرض السفلى، وهو قابل للاشتعال وقد استخدم في تحريك القطارات في العصور الوسطى، ولكنه يسبب تلوثا للبيئة بسبب الغازات المنبعثة الناتجة عن عملية الاحتراق.

تشكّل الاحتياطات العالميّة المكتشفة من الفحم الحجري ما يزيد عن حاجة العالم خلال السنوات المائة القادمة [4][5]. ويعتبر الفحم الحجري من أوائل مصادر الوقود الأحفوري التي تمّ استغلالها بشكل واسع، وما زال يشكّل لغاية تاريخه أحد أهمّ مصادر الطاقة. تتواجد أكبر الاحتياطات المكتشفة في كلٍّ من الولايات المتّحدة الأمريكيّة روسيا، الصين والهند... يستعمل حول العالم في إنتاج الكهرباء، صناعات التعدين صناعة الإسمنت وبعض أنواع الوقود السائل. تحتلّ الصين، الولايات المتّحدة الأمريكيّة

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

الهند، روسيا واليابان ما يعادل 76% من سوق استهلاك الفحم حول العالم[6]. كما تحتلّ الأخيرة مساحة مهمّة من مساحة إنتاج الطاقة الكهربائيّة العالميّة. تشير بعض الإحصاءات، إلى بلوغ نسبة الطاقة الكهربائيّة المنتجة من الفحم عتبة الـ41%. تصل هذه النسبة إلى 98% في مونغوليا، 94% في جنوب أفريقيا، 86% في بولندا، 81% في الصين[4] [5].

تقوم بعض الدول بإصدار تشريعاتٍ ووضع قيودٍ على انبعاثات الغازات الدفيئة التي تفاقم تأثيرات الاحتباس الحراري. كما يعتبر الفحم الحجري، على الرغم من ايجابياته العديدة، إلاّ أنّه من أكثر مصادر الطاقة تلويثًا للبيئة، أرضًا وجوًا. على الرغم من الجهود المبذولة لتطوير تقنيّات جديدة تتيح استخدام الفحم الحجري بطريقة أقلّ تلويثًا، فمن المتوقّع أن يؤدّي ذلك إلى وضع قيود على استعمال الفحم الحجري، ممّا سيؤثّر على سوق الطاقة بشكل عام وسوق الفحم بشكل خاص.

النفط Oil

ترتبط كلمة النفط بكلمة الطاقة ارتباطًا وثيقًا للغاية، حيث لا يمكن الاستغناء عنه بأيّ شكل من الأشكال في عالمنا المعاصر. ونتيجة لغنى البلدان المنتجة للنفط، وارتفاع مستوى الدخل لدى مواطنيها، سمّي النفط بالذهب الأسود. وهو خليط أسود يتكون من مواد عضوية ناتجة عن اتحاد عنصري الكربون والهيدروجين تحت درجة حرارة وضغط عاليين، ويمكن إنتاج الكثير من مصادر الطاقة من النفط مثل البنزين والجاز والسولار، والتي تتميّز بأنّها سريعة الاشتعال مما ينتج عنها طاقة حرارية عالية.

للنفط استعمالات صناعيّة كثيرة، وتتواجد منتجاته في مختلف الاستعمالات اليوميّة للبشر. أمّا أهمّ المجالات الصناعية التي يستخدم فيها النفط، فتقع ضمن إطار بناء الطرقات، الصناعات العسكريّة، الأسمدة الكيميائيّة، الصناعات البتروكيميائيّة على أنواعها، الصناعات البلاستيكيّة، الدهانات والمذيبات، إلخ.

وتتمتّع بلدان منظّمة الدول المصدّرة للنفط -أوبك OPEC بـ81% من الاحتياطات المؤكّدة من النفط السائل. أمّا على المستوى الإقليمي، فيتواجد 54% من الاحتياطات المؤكدة في منطقة الشرق الأوسط، 22% في أمريكا اللاتينيّة، 8.5% في أفريقيا و3%

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Toba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

في أميركا الشماليّة [4] [7]. وكان من المسلّم به أنّ هذه الاحتياطات تشكّل عماد احتياطات العالم من الوقود الأحفوري، لكنّ الأمر تبدّل مع صعود نجم النفط الصخري في الولايات المتّحدة الأمريكيّة، بالإضافة إلى بروز عدّة اكتشافات جديدة في المياه العميقة في المحيطين الأطلسي والهادئ.

الطاقة النووية Nuclear Energy

هي الطاقة التي يتم توليدها من خلال انشطار أو اندماج الأنوية النووية، ويتم ذلك في المفاعِل النووي الذي يكون ذا مواصفاتٍ خاصةٍ للتحكّم بالتفاعلات حتى لا تخرج عن السيطرة، وتسبب الكوارث والآثار غير المرغوب بها. وتستخدم المفاعلات النووية التى تدار في العالم وقود اليورانيوم، حيث يعتبر اليورانيوم عنصرا نادر الوجود في الطبيعة وربما يعتبر اليورانيوم العنصر الأندر والأغلى ثمناً في العالم، ويعتبر تواجده محدودا في مناطق معدودة حول العالم.

ويميل البعض لاعتبار الطاقة النووية أحد مصادر الطاقة المتجددة بسبب انخفاض انبعاثات الكربون الناتج عن عمل المحطات النووية. ويرى هؤلاء أنه إذا كان الهدف من استخدام الطاقة المتجددة هو خفض انبعاثات الكربون فإنه لا يوجد سبب يدعو لعدم اعتبار الطاقة النووية من مصادر الطاقة المتجددة.

ويرد هؤلاء على مسألة كون احتياطيات اليورانيوم المتوفرة على الأرض حاليا محدودة وقد تكون كافية لإنتاج الطاقة النووية لنحو 1000 سنة فقط بأن الاحتياطيات الفعلية لليورانيوم يمكن اعتبارها أكثر بكثير مما هو متاح حاليا إذا ما أخذنا في الإعتبار كميات اليورانيوم التي يمكن استخراجها بتكلفة أعلى من مياه البحار، وكذلك اليورانيوم الناتج من تآكل القشرة الأرضية (فضلا عن الثوريوم). وفي كل الأحوال، فاستمرار التخوف من مسألة النفايات النووية ومخاطر الحوادث النووية الناتجة من المفاعلات النووية ربما يتعارض مع فرضية اعتبار الطاقة النووية كمصدر من مصادر الطاقة المتجددة، وخاصة في الوقت الحالي وقبل أن تدخل مفاعلات الجيل الرابع القائمة على استخدام الثوريوم والثوريوم المصهور خاصة في التشغيل الميداني /التجاري..

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

ومن المتوقع أنّ مستوى إنتاج الطاقة الكهربائيّة من الطاقة النوويّة، سيتزايد من معدّلٍ يبلغ حاليًا حوالى 15%، إلى 35% تقريبًا بحلول عام 2050. وترتبط خريطة الطريق الطموحة هذه بتطوير الجهاز البشريّ اللازم في كلٍّ من الدول المعنيّة بتطوير برامجها الحاليّة أو بإطلاق برامجٍ جديدة بالتوازي مع تحسين التكنولوجيا اللازمة التي بلغت درجة عالية من النضوج، وتطوير المنشآت الضروريّة وتأمين التمويل اللازم والظروف الجيوسياسيّة الملائمة [8]

وتعتبر الولايات المتّحدة الأميركيّة أكبر منتج حالي للكهرباء من الطاقة النوويّة يليها منظّمة التنمية والتعاون الاقتصادي -أوروبا، فمنظّمة التنمية والتعاون الاقتصادي -الباسيفيك، وبعدها دول الاقتصاديات الناشئة وبقيّة الدول. وتشير التوقّعات إلى عدم حصول تغييراتٍ كبيرة في مستوى الإنتاج في الكيانات الثلاثة الأولى المذكورة أعلاه. لكنّ التغييرات الأكبر ستكون في الصين التي سينتقل مستوى إنتاجها من الطاقة النوويّة من حوالى 1% من إنتاج الطاقة الإجمالي خلال العام 2013 إلى حوالى 10% العام 2050، ممّا يشكّل 30% من الإنتاج العالمي للطاقة النوويّة. كما سيتزايد الإنتاج في كلٍّ من الهند، أميركا اللاتينيّة وبعض الاقتصادات النامية[8]. ولنا عودة بالتفصيل عن الكثير مما يتعلق بالطاقة النووية في ثنايا هذا الكتاب.

الغاز الطبيعي Natural gas

يتكون من تحلل المخلفات العضوية، ويمكن إنتاجه من ترك المأكولات والمخلفات الطبيعية وبراز الحيوانات في غرفة محكمة الإغلاق لوقت طويل، فيتكون غاز الميثان القابل للاشتعال، ويتمّ إنتاج غاز الطبخ المستخدم في البيوت بعد مرور غاز الميثان بعدة عمليات من التنقية وعمليات الفصل.

لا يعدّ الغاز الطبيعي من الاكتشافات الجديدة، حيث بدأ استعماله منذ بدايات القرن الماضي، ثمّ توسّع بشكل محدود. لكنّ اكتشافات الاحتياطات الكبيرة في الجزيرة العربيّة، شمال أفريقيا، روسيا ومؤخرًا شرق البحر المتوسّط، غيّرت من النظرة إلى الغاز الذي بدأ يتحوّل من مصدرٍ ثانويّ هامشيّ للطاقة إلى أحد المصادر الأساسيّة لها. كما أنّ تزايد الحديث عن ظاهرة الاحتباس الحراري والتلوّث الناتج عن الغازات الدفيئة

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Taiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

وأثرهما الكبير على مناخ الكرة الأرضيّة، زاد من أهمّية الغاز، الذي يعتبر الوقود الأحفوري الأنظف والأقل تلويثًا للبيئة أرضًا، جوًا وبحرًا.

يتّجه إنتاج الغاز إلى التزايد المستمرّ لتلبية الطلب المتزايد، كونه من أهمّ أنواع الوقود النظيف. على سبيل المثال، يبين موقع البنك الدولي أنّ حصّة إنتاج الكهرباء من الغاز الطبيعي تزايدت من 19.92% العام 2004 إلى 21.7% العام 2013 [4] [9]. كما تضافرت الجهود في صناعتي الغاز والسيارات، لتوسيع نطاق استعماله في قطاع النقل، سواء في النقل العام أو الشحن لمسافاتٍ قصيرة، بهدف تخفيض انبعاثات الغازات الدفيئة المسبّبة لظاهرة الاحتباس الحراري. وقد تزايدت احتياطات الغاز المؤكّدة عالميًا ممّا يقارب 20 تريليون متر مكعّب عام 1960 إلى ما يزيد عن 200 تريليون متر مكعّب عام 2013 [4] [10]. بالإضافة إلى كميّات ضخمة يحتمل وجودها في مكامنٍ غازيّةٍ لم تستثمر حتى الآن.

ثانيا: الطاقة المتجددة Sustainable energy وهي الطاقة التي لا تنفذ مع الوقت، وتمتاز بوفرتها وعدم تلويثها للبيئة، ويمكن استغلالها بعدة أشكال ومنها:

الطاقة المائيّة Hydropower

طاقة المياه: هي الطاقة الحركية الناتجة من تحرّك المياه من مكان إلى آخر مثل الأنهار والسدود وأمواج البحار، حيث توضع توربينات خاصّة تولد طاقة حركية لإنتاج الطاقة الكهربائية، أو تستخدم الطاقة الحركية التي تسبّبها المياه للانتقال من مكان إلى آخر باستخدام السفن والقوارب الشراعية.

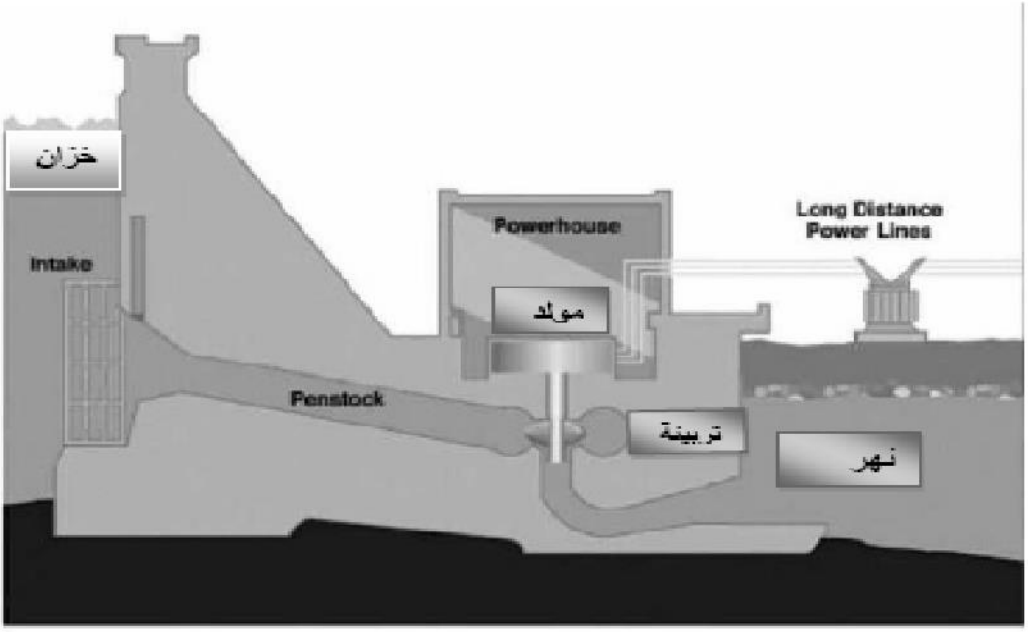
تعتبر الطاقة المائيّة، إلى حدّ بعيد، أكثر مصادر الطاقة المتجدّدة المستثمرة ومنتشرة الاستعمال عالميًا. ترتبط إنتاجيّتها بمعدّل تساقط الأمطار والطبيعة الجغرافيّة للأرض. وينطوي الاستثمار فيها على آثار اجتماعيّة وبيئيّة سلبية (مثل غرق بعض المناطق القريبة من السدود وحدوث هزات أرضية)، لكنّه يتمتّع بمميّزات مهمّة منها عمرها التشغيلي الكبير وكلفة الاستثمار المتدنّية قياسًا على العمر الافتراضي

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

للمعامل. لكن يبقى على الجهة التي ترغب الاستثمار في هذا المجال، تأمين التمويل الضروري للأشغال الهندسيّة التي تشغل الحيّز الأكبر من الاستثمار.

وفق إحصاءات البنك الدولي ومنظّمة الطاقة العالميّة، يبلغ إنتاج الكهرباء العالمي من المياه 3288 تيراوات/ساعة، أي ما يوازي حولى 16% من إنتاج الكهرباء العالمي و19% فقط من الطاقة الممكن إنتاجها من هذا المصدر، مع معدّل استثمار في البلدان العشرة الأولى بنسبة 60% من إمكاناتها الإجماليّة [11]. وبسبب سهولة استغلال معظم المواقع ذات الإنتاج المميز، مازالت النسبة المذكورة أعلاه آخذه في التزايد ولو على وتيرة متباطئة، ويبقى استغلال المواقع الأخرى ذات الكلفة الأعلى أو زيادة إنتاجيّة المواقع الحاليّة.

ووفق "السيناريو الأزرق"، الذي تروّج له منظّمة الطاقة العالميّة لخفض انبعاثات الغازات الدفيئة بمعدّل50% بحلول العام 2050، فإنّه يمكن رفع الكمّية المنتجة إلى حوالى 6000 تيراوات/ساعة بحلول التاريخ المذكور[11].



شكل (5) محطة توليد الطاقة الكهرمائية

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

تتربّع الصين على عرش إنتاج الطاقة الكهربائيّة من المياه عالميًا، بنسبة 18%، تليها كندا بنسبة 12%، البرازيل بنسبة 11%، الولايات المتّحدة الأميركيّة بنسبة 9%، روسيا بنسبة 5%، النروج بنسبة 4%، وكلّ من الهند، فنزويلا واليابان بنسبة 3%، السويد بنسبة 2% وباقي دول العالم مجتمعة بنسبة 30%. يشكّل مجموع ما تنتجه البلدان العشرة المذكورة أعلاه ما يساوي ثلثي إنتاج العالم من الطاقة الكهربائيّة المنتجة بواسطة المياه[12]. شكل (5) مخطط لمحطة طاقة كهرومائية.

الطاقة الشمسية solar power:

وهي الطاقة القادمة من أشعة الشمس، ويمكن استخدامها في إنتاج الكهرباء عن طريق الخلايا الشمسية وتخزينها في بطاريات خاصّة، أو تسخين المياه واستخدام الطاقة الشمسية في عملية الطهي باستخدام الأفران الشمسية.

تعتبر الطاقة الشمسيّة من أهمّ مصادر الطاقة البديلة التي تؤمّن قسمًا من حاجات الاستهلاك المنزلي أو الصناعي بطريقة رخيصة ونظيفة، كما توفّر كثيرًا من كلفة النقل والمواصلات. ويشهد هذا القطاع حاليًا تطوّرًا مُتناميًا، إما من جهة التكنولوجيات المُستخدمة في عمليّة استغلالها، أو من جهة انتشار استعمالها على الصعيد العالمي. وتتميّز الطاقة الشمسيّة، مقارنة مع مصادر الطاقة التقليديّة، بكونها تصبح مصدرًا مجانيًا للطاقة بعد عمليّة استغلالها بقدر كلفة الإنشاءات الأوليّة المستخدمة، قصر فترة تعويض كلفة الإنشاءات بالمقارنة مع كلفة مصادر الطاقة التقليديّة المستعملة توافرها بكميات غير محدودة من الطاقة المُتجددة والمُستدامة والتي لا تحتاج إلى أي مصدر آخر من الطاقة لإنتاجها، كما أنّ استعمالها يسمح بتخفيض كمّية انبعاث الغازات المُسبّبة للاحتباس الحراري الناتجة عن استعمال المصادر التقليدية.

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Tiba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378

شكل (6) مشروع محطة بنبان للطاقة الشمسية بأسوان/مصر (1650 ميجا وات) مقامة على مساحة 250 فدان

شهد العالم، منذ الستّينيات في القرن الماضي، نموًا سريعًا في استخدام الطاقة الشمسيّة. لكنّ المشكلة الأساس في هذه العمليّة، تكمن في عدم استمراريّة هذا المصدر الطبيعي وثباته نظرًا لتواتر الليل والنهار. لحلّ هذه المشكلة، شكّل التخزين ضمن بطّاريّات خلال ساعات الذروة حلًا منطقيًا، إلاّ أنّ كلفته من الناحيتين الاقتصاديّة والبيئيّة بقيت مرتفعة وتحتاج إلى استثمارات كبيرة. وتشير التقديرات إلى تلقي كوكب الأرض ما يزيد عن 222 مليون تيراوات/ساعة سنويًا [4][13]. لكنّ الطاقة المستثمرة ما زالت متواضعة جدًا، حيث تتصدّر ألمانيا حاليًا قائمة الدول المنتجة للكهرباء من الطاقة الشمسيّة بإنتاج 38 تيراوات/ساعة سنويًا، تليها الصين بإنتاج 28 تيراوات/ساعة، اليابان 24 تيراوات/ساعة، كل من إيطاليا والولايات المتحدة الأميركية 18 تيراوات/ساعة، كل من فرنسا وإسبانيا 5 تيراوات/ساعة [4] [14].

كما تشير التوقّعات إلى أنّ حصة إنتاج الطاقة الشمسية لن تتجاوز 15% من مجموع الطاقة المنتجة من المصادر المتجدّدة عام 2040 رغم تضاعفها أكثر من ثلاث مرات عن النسبة المحققة العام 2013 [4] [15]. وتعود التقديرات المتواضعة إلى عدم توقع اكتشاف طريقة أكثر فعالية لتخزين الطاقة وتحويلها والتي تتلقاها الأرض من الشمس في المدى المنظور.

Al Manhal Platform Collections (https://platform.almanhal.com) - 18/12/2024 User: @ Al Aqsa University
Copyright © Taba Foundation for Publishing and Distribution. All right reserved.
May not be reproduced in any form without permission from the publisher, except fair uses permitted under applicable copyright law. https://platform.almanhal.com/Details/Book/243378