تبسيط العلوم

الطـــاقة

مصـادرها ــ أنواعها ـ استخداماتها

تـــأليف
دكتور مهندس: محمد مصطفي محمد الخياط

القاهرة
يوليو 2006

العنوان:

الطــاقة: مصـادرها – أنواعها - استخداماتها

دكتور مهندس /محمد مصطفى محمد الخياط

دكتوراه في هندسة القوى الميكانيكية
مدير عام التخطيط – هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة
وزارة الكهرباء والطاقة – مصر
بريد إليكتروني: mohamed.elkhayat@yahoo.com
ت: 002012 80 90 810

التصميم الداخلي:
دكتور مهندس /محمد مصطفى محمد الخياط

شكر

اللهم لك الحمد ولك الشكر علي ما أعطيت من نعم وعلي ما هديتنا إليه من خير ومن علم لا نبتغي منه إلا رضــاك والجنة، اللهم اقبل عملي المتواضع، ووفقني دائما إلي أداء خير الأعمال وأطيبها. لا إله إلا الله الحليم العظيم، لا إله إلا الله رب العرش العظيم، لا إله إلا الله رب السماوات ورب الأرض الحليم الكريم.

إهـــداء

إلي كل من يبحث عن المعرفة، وإلي كل من شغل عقله وفكرة وقلبه بتدبر آيات الله في الكون، أهدي هذا الكتــاب

تمهيـــد

إذا تأملنا في ما حولنا، نجد أن مصادر الطاقة تحيط بنا من كل جانب، فالشمس التي تمثل أهم مصادر الطاقة بل وتعتبر المصدر الأساسي لأغلبية المصادر الموجودة على الأرض، نحصل منها على الأشعة التي نستعملها للحصول علي الطاقة الحرارية والكهربية بتكنولوجيات مختلفة. تُسَخِّنُ الشمس سطح الأرض، والأرض بدورها تُسَخِّنُ الطبقة الجوية التي توجد فوقها فتنشأ الرياح. كما تَتَبَخَّرُ مياه البحار والأنهار بفعل حرارة الشمس فتتكون السحب فنحصل على الأمطار والثلوج. إذاً فالشمس هي المصدر الرئيسي لكثير من مصادر الطاقة الموجودة في الطبيعة حتى أن البعض يطلق شعار "الشمس أم الطاقات". ونظرا لكون الرياح والأمطار تتكون في فترات قصيرة ولا يُنتَقَص منها شئ عند استعمالها فقد أطلق عليها المصادر المتجددة.

يمكن للطاقة الشمسية أن تُختَزَن، فالنباتات مثلا تختزن الطاقة الشمسية في شكل مواد عضوية تساعدها علي النمو فتوفر لنا الفواكه والخُضَر والأخشاب، حين تتحول الطاقة الشمسية من خلال التمثيل الضوئي إلى طاقة كيماوية مختزنة بمواد عضوية تسمى هذه المواد وقود، وعندما يمر على هذا الوقود وقت طويل معرضا لظروف معينة يتحول إلى وقود ذو طاقة أشد تركيزا فإننا نسميه وقود إحفوري.

أُكتشِف الوقود الإحفوري على شكل طبقات في باطن الأرض، مر على تكوينها ما بين 50 و350 مليون سنة، حيث دُفنت بفعل الترسبات كميات كبيرة من النباتات وبقايا الحيوانات الميتة وعزلت عن الهواء، وبفعل الحرارة والضغط لملايين السنين، حدث تحول كيميائي لهذه المواد، فتكون الفحم الحجري والبترول والغاز الطبيعي. ونظرا لأن المصادر الإحفوريه تتكون في ملايين السنين، فنحن لا نستطيع تعويض الكميات المستعملة بسرعة، لاسيما إذا قورنت فترة التكوين بفترة الاستهلاك، لذا فهذه المصادر غير متجددة.

قديما تعرف الإنسان على مصادر الطاقة المتجددة كأشعة الشمس والرياح وتعامل معها واستفاد من طاقاتها، وتعددت أساليب استغلاله لهذه المصادر وتطورت كذلك عبر العصور علي التوازي مع تطور نمط عيش الإنسان وتطور حاجاته إلى الطاقة. فإلى حدود اكتشاف الفحم، كان الإنسان لازال يستعمل الخشب كمصدر أساسي للطاقة ويعتمد على قدرته العضلية للقيام بأعمال الفِلاحة ويستعمل الدواب للسفر والحروب وما إلى ذلك، كما استخدم الطاقة الشمسية لتجفيف المواد الغذائية وطاقة الرياح في دفع السفن والإبحار وفي تشغيل طواحين الرياح لطحن الحبوب، هذا إلي جانب بناءه السدود للحصول على استقرار في جريان المياه.

في مطلع القرن التاسع عشر ازداد عدد سكان العالم وازداد الطلب على الغذاء، والسفر السريع والملابس والسكن. وتطورت المعرفة واخترع الإنسان الآلة البخارية واستعملها في البواخر والقطارات. وانتشرت المصانع والسكك الحديدية، وازدادت مع ذلك الحاجة إلى

الوقود، فبدأ الخشب يقل ببعض المناطق، وبدأ الفحم الحجري يأخذ مكان الخشب لإنتاج الطاقة الحرارية. واكتشف الإنسان البترول وأخذ يستعمل مشتقاته شيئا فشيئا في الإنارة وطهي الطعام، ثم اختُرعت السيارة فيما بعد فزادت من يومها الحاجة لمشتقات البترول.

مع بداية القرن العشرين، بدأت تتضح صلاحية وكفاءة استعمال الكهرباء في مجالات واسعة، فلقد استُعمِلت في الإنارة وفي إدارة المحركات الكهربائية، مما ساعد علي تَسهيل سُبل العيش. فَسُخِّر الفحم الحجري والبترول والغاز الطبيعي، والطاقة المائية لإنتاج الكهرباء. واكتشفت فيما بعد الطاقة النووية واستعملت بدورها لإنتاج الطاقة الكهربائية.

لذا يبدو جليا أنه كلما توسع نشاط الإنسان كلما ازداد طلبه على مصادر الطاقة وخاصة مشتقات البترول لسهولة نقلها وتخزينها ولتعدد استخداماتها، فظهرت أزمات أسعار الوقود، وتنبه الإنسان لمحدودية المصادر غير المتجددة، وللمشاكل البيئية التي حلت بالأرض من ارتفاع حرارة سطحها فيما عرف بظاهرة الاحتباس الحراري، وظهور ثقب الأوزون والأمطار الحمضية وتلوث البيئة، وتراجع الغابات. فبدأ الإنسان يفكر في التعامل بعقلانية مع ما تبقى من المصادر الإحفوريه وترشيد استخدامها، وتشجيع الرجوع لاستعمال الطاقات المتجددة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية. ونشهد حاليا تطورا سريعا للتقنيات التي تُستخدم لتحويل مصادر الطاقة المتجددة إلى طاقة كهربائيه كتوربينات الرياح والخلايا الشمسية والمجمعات والأفران الشمسية وما إلى ذلك من التقنيات.

من المعروف أن أي تغير -ولو كان طفيفا- في أسعار الطاقة يؤثر بشكل مباشر علي أسعار المنتجات المستهلكة لها، ويكفي أن نعرف أن أسعار بعض السلع تمثل تكلفة الطاقة المُستَهلَكَة -في إنتاج هذه السلع- نسبة كبيرة، فعلي سبيل المثال تمثل نسبة الطاقة 30% في تكلفة إنتاج الحديد والألومونيوم، أما الأسمنت والثلج فتصل مشاركة الطاقة فيهما إلي 55% و70% علي الترتيب. ولتقريب الأمر لأذهاننا نقول إذا كانت تكلفة إنتاج طن الحديد 2000 جنيه مثلا فإن 600جنية من الألفين تم إنفاقها علي الطاقة اللازمة لإنتاج طن الحديد.

نظرا لهذه الأهمية الكبرى للطاقة وكنتيجة أيضا لعملي بمجال الطاقة لسنوات عديدة واحتكاكي بكثير من مشاكلها عن قرب، فقد وجدت أنه من الضروري أن أقدم عملا يعرف الفتي العربي تفاصيلا تجعله أكثر فهما للطاقة ولما يستخدمه من مواردها بل ويستطيع بقليل من التدبر أن يوفر في استهلاكاته منها والتي تؤثر تكاليفها سلبا علي الإنفاق، فكان أن توكلت علي الله عز وجل وعقدت العزم ثم هاأنذا بعون الله أنتهي منه لأضعه بين يدي أبنائنا، راجيا به رضي الله عز وجل وأن يتقبله قبولا حسنا وأن يجعله في ميزان حسناتنا، وأن ينتفع به أكبر عدد من قراء لغتنا الجميلة.

وسوف نلقي الضوء –إن شاء الله- من خلال هذا الكتاب علي بيان طبيعة الطاقة ومصادرها المختلفة وطرق تحويلها من شكل إلي آخر. أيضا سنتعرف علي الطرق المستخدمة في توليد الطاقة سواء من المصادر التقليدية التي تعتمد علي الوقود الإحفوري مثل الفحم وزيت

البترول أو من الطاقات المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وغيرها من المصادر، كما سنتعرض بشكل مبسط لبعض المعدات المستخدمه في توليد الطاقة مثل التوربينات والمولدات، إلي جانب التعرف علي طرق خفض استهلاك الطاقة أو ما يعرف بترشيد الطاقة، يقينا أن الطاقة هي أحد أهم أسس الحياة علي كوكبنا والتي تُشكل تحديا للإنسان علي مدار العصور.

وقد راعيت -قدر الإمكان- أن أستقي المعلومات من روافد عده حديثة اختلفت لغاتها ومصادرها منها كتاب "قصة الطاقة Energy Story" الذي أعدته وكالة الطاقة بكاليفورنيا والذي مثل لي حجر زاوية في إعداد هذا الكتاب، كما حرصت علي الإكثار من الأمثلة والصور والأشكال التوضيحية بغرض التوضيح، علما بأن معظم الأشكال والصور تم الحصول عليها من شبكة المعلومات العالمية –الإنترنت- عدا بعض منها صممتها بنفسي آملا أن توافق الغرض الذي أُعدت من أجله.

وقد تم إعداد الكتاب ليناسب أبنائنا ابتداء من سن الثانية عشر، لذا فقد صنفت الكتاب في شكل أري فيه بساطة عرض وتتابع فيه منطق، رغبة أن يظل مجال تبسيط العلوم وتفهم أسُسِها ونظرياتها رافدا هاما من روافد المعرفة ينهل منه أبنائنا من محبي العلم ورواده ويتم من خلاله تأصيل علوم يمكن أن تُستَنبت في تربة غير التربة التي نبتت بها.

والله الموفق

محمد مصطفي محمد الخياط

القاهرة – 2006

الفهرس

قائمة بأسماء الصور والرسوم 9
الباب الأول: ما هي الطاقة؟ 11
كيفية قياس الطاقة 12
كفاءة تحويل الطاقة 14
الطاقة الحرارية 14
الباب الثاني: الكهرباء 16
المقاومة 18
الكهرباء الساكنة 18
المغناطيسية 19
المغناطيسية والكهرباء 20
الباب الثالث: الدوائر الكهربية 22
التوصيل علي التوالي والتوازي 24
الموتور الكهربي 24
البطاريات 25

الطاقة المختزنة والبطاريات 25
التفاعلات الكيميائية داخل البطاريات 25
كيفية صنع بطارية 26
الأنواع المختلفة للبطاريات 26
الباب الرابع: تــوليد الكهــرباء 27
محـطات القـوي 27
كيفية عمل المولد 28
نظـــام نقل الكهـــرباء 29
الديـزل 30
الطــاقة الكهربية في مصر 30
الباب الخامس : الوقود الإحفوري 31
الفحم 31
الفحم في مصر 32
البترول 33
التكرير 35
البترول في مصر 36
الغاز الطبيعي 36
الغاز الطبيعي في مصر 36
الغاز الطبيعي ونظام توزيعه 37
الباب السادس: الطاقة الشمسية 38
سخانات المياه الشمسية 38
تحويل الطاقة الشمسية إلي كهرباء 39
استخدام الطــاقة الشمسية في تحلية المياه 41
استخدام الطــاقة الشمسية في الزراعة 41
الخلايا الشمسية 42
الطاقة الشمسية في مصر 43
الباب السابع: طاقة الريــاح 44
أنواع توربينات الرياح 46
توربينات الرياح الأفقية المحور 46
توربينات الرياح الرأسية المحور 47
الطـــاقة المنتجة من الرياح 47
طـــاقة الرياح في مصـــر 48
الباب الثامن: الطاقة المائية 49
توليد الكهرباء بالطاقة المائية 51
الطـــاقة المـائية في مصـــر 52
الباب التاسع : طاقة الكتلة الإحيائية 53
طــاقة الكتلة الإحيائية في مصـر 55
الباب العاشر : الطاقة الجوفية الحرارية 57
استخدامات الطاقة الجوفية الحرارية 58
إنتاج الطاقة الكهربية من الطاقة الجوفية الحرارية 59
الباب الحادي عشر: الطاقة النووية 60
الانشطار النووي 61
الاندماج النووي 63
الباب الثاني عشر: طاقة المحيطــات 63
طاقة الأمــواج 64
طاقة المد والجزر 65
الطاقة الحرارية للمحيطات 66
الباب الثالث عشر: تـرشيـد الطــاقة 67
ترشيد الطاقة في المنزل 67
ترشيد الطاقة في الإضاءة 68

ترشيد الطاقة في المدرسة 68
ترشيد الطاقة في دورات المياه..... 68
ترشيد الطاقة في المواصلات 69
الباب الرابع عشر: مستقبل مصادر الطاقة 70
استخدامات خلايا الوقود 71
المحطات الشمسية علي الأقمار الصناعية..... 71
الخـــاتمة..... 73
المراجع العربية..... 75
المراجع الإنجليزية 77
فهرس الأعــلام 78
قائمة المصطلحات..... 79
جداول التحويلات..... 86
الطــاقة..... 86
القدرة..... 86
درجات الحرارة 86
الكتلة 86
الأطوال..... 87
التحويلات بين مصادر الطاقة المختلفة 87
معامل انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون لبعض أنواع الوقود..... 87

قائمة بأسماء الصور والرسوم

شـكل(1): الطاقة تضئ ليل القاهرة، 13
شـكل (2):توفير الطـاقة لوسائل النقل، 13
شـكل(3): الشمس أم الطـــاقات، 13
شـكل(4): رسم توضيحي لانتقال الحرارة بالحمل، 16
شـكل(5):رسم توضيحي للذرة ومكوناتها، 18
شكل(6): رسم توضيحي لحركة الإليكترونات، 18
شـكل(7): رسم تخطيطي لاكتساب الشحنات الكهربية الساكنة، 20
شـكل(8): رسم تخطيطي للمجالات المغناطيسية، 22
شـكل(9: رسم تخطيطي للمجالات المغناطيسية بين قطبين مختلفين، 22
شـكل (10): دائرة كهربية بها مفتاح للتحكم في عمليتي الإغلاق والفتح، 24
شكل (11): مصباحان كهربيان أحدهما غير صالح للاستخدام (يمين)، والآخر صالح للاستخدام (شمال)، 24
شـكل (12): دائرة كهربية علي التوازي، 25
شـكل (13): رسم تخطيطي لموتور، 26
شـكل (14): شكل مبسط لبطارية زنك – كربون، 27
شـكل (15): بعض مكونات محطات القوي، 30
شـكل (16): صورة لتوربينة من الداخل، 30
شـكل (17): شكل توضيحي للتوربينة والمولد، 30
شـكل (18): صورة لمحطة محولات، 32
شكل (19): رسم توضيحي للغطاء النباتي الذي كان يغطي الأرض في العصر الكربوني، 35
شكل (20): فحم ، 35
شكل (21): صور لعملية استخراج البترول من أحد الآبار البحرية، 38
شكل (22): صورة لأحد مصافي البترول، 38
شكل (23): بيان بما يمكن الحصول عليه من برميل بترول خـام، 39
شكل (24): تركيب الغاز الطبيعي، 40
شكل (25): رسم تخطيطي لقطاع في الشمس، 43
شكل (26): رسم تخطيطي لسـخان شمسي، 44
شكل (27): صورة لقطع مكافئ، 45
شكل (28): رسم تخطيطي مبسط للمقطرات الشمسية الحرارية، 45
شكل (29): رسم تخطيطي لكيفية عمل الخلايا الشمسية، 46
شكل (30): رسم تخطيطي للخلايا الشمسية، 47
شكل (31): توربينة رياح تستخدم في ضخ المياه، 50
شكل (32): رسم تخطيطي لتوربينة رياح أفقية المحور، 50
شكل (33): توربينة رياح تعمل بجوار أحد المدارس، 50
شكل (34): رسم توضيحي لتوربينات الرياح الأفقية المحور، 52

شكل (35: صور لبعض توربينات الرياح الرأسية المحور، 53
شكـل (36): جانب من مزرعة الرياح بالزعفرانة، 54
شكل (37): صورة لشلالات نيـاجرا بأمريكا، 56
شكل (38): رسم توضيحي لطــاحونة ميـــاه، 56
شكل (39): رسم تخطيطي لمحطة طاقة مائية، 57
شكل (40): صورة للسد العالي بأســوان، 58
شكل (41): صورة لبعض أنواع من المخلفات، 60
شكل (42): الغازات الناتجة من عمليات الاحتراق، 60
شكل (43): شكل توضيحي لتكوين الكرة الأرضية، 64
شكل (44): صورة لينبـوع ساخن، 64
شكل (45): صورة لفــوار ساخن، 64
شكل (46): رسم توضيحي لمحطة لإنتاج الكهرباء من الطاقة الجوفية الحرارية، 66
شكل (47): رسم توضيحي لنظام تدفئة يعتمد علي الطاقة الجوفية الحرارية، 66
شكل (48): قضبان اليورانيوم المستخدمة في تشغيل المفاعلات النووية، 68
شكل (49): مفاعل نووي تظهر أعلاه القباب الخرسانية باللون الأبيض، 68
شكل (50): رسم تخطيطي لمفاعل نووي، 69
شكل (51): رسم تخطيطي لعمليات الاندماج، 70
شكل (52): إدارة مولد باستخدام طاقة الأمواج، 72
شكل (53): المـــد والجــزر، 72
شكل(54):إعادة استخدام 700 كيس ورقي يعادل الحفاظ علي شجرة متوسط عمرها 15 عاما، 75
شكل (55): احد أنواع اللمبات المُرشدة للطاقة، 75
شكل (56): دورة الهيدروجين في تشغيل السيارات، 78
شكل (57): رسم توضيحي لتوليد الكهرباء بالطاقة الشمسية من خارج الكرة الأرضية، 79
شكـل (58): وســائل النقل واستهلاكات الطــاقة، 81
شكل (59): ألبرت أينشتين، 82
شكل (60): ماري كوري، 82

الباب الأول: ما هي الطـــاقة؟

تخيل انقطاع التيار الكهربي عن منزلك أو مدرستك لمدة ساعة واحدة، واسأل نفسك هل تستطيع أن تزاول أعمالك علي النحو المعتاد؟، وستكون الإجابة بالقطع لا، فأنت محتاج إلي الإضاءة وإلي تسخين المياه وإلي تدفئة الغرفة وإلي حاسبك الشخصي وإلي الطابعة وغير ذلك كثير مما تحتاجه يعتمد بشكل مباشر علي الكهرباء التي تمثل أحد مصادر الطاقة، فما بالنا إذا امتد هذا التأثير إلي المصادر الأخرى، فإننا بلا شك مهددين بأن نعيش حياة تشبه إلي حد كبير حياة الإنسان الأول علي كوكب الأرض.

إذا فنحن نستخدم الطاقة لأداء أعمالنا سواء كانت هذه الأعمال بسيطة أو معقدة، فالطاقة تضيء لنا المدن وتمد المركبات ووسائل النقل بالقدرة اللازمة لها فأنواع الوقود المستخدمة في تسيير السيارات مثل البنزين والسولار وغيرها ليست سوي صور لاختزان الطاقة، كما أنها تدير الماكينات في المصانع وتلك المستخدمة في المزارع. أما داخل منازلنا فهي تنيرها وتُكَيفها بضبط درجة الحرارة حسب احتياجاتنا، بالإضافة إلي طهي الأطعمة والاستماع إلي الموسيقي المحببة لنا، هذا إلي جانب أنها تعطينا الصور التي نراها علي شاشة التليفزيون.

إذا فالطاقة تدخل في كل مناحي الحياة، إلا أن صور استخدامها تختلف من تطبيق لآخر، فعندما نأكل تقوم أجسامنا بتحويل الطاقة المختزنة في الطعام إلي طاقة تمكننا من أداء أعمالنا، وعندما نجري فإننا نحرق الطاقة المستخلصة من الطعام بواسطة أجسامنا، أيضا عندما نفكر أو نكتب أو نقرأ فإننا نبذل شغلا، أي نستهلك طاقة.

◄ **"الطـــاقة هـــي القـدرة علـي بـذل شغـل"**

كذلك السيارات والطائرات ولمبات الإضاءة والمراكب والماكينات، كل هذه المعدات تقوم بتحويل الطاقة إلي شغل، والشغل يعني تحريك أو رفع شيء ما، وربما كان يعني تدفئة أو شيئا آخر، وكل هذه الأمثلة هي أنواع مختلفة لبذل الشغل، ومن هنا يمكن تعريف الطاقة علي أنها "القدرة علي بذل شغل"

تعتبر الشمس هي المصدر الرئيسي لكل الطاقات الموجودة علي الأرض، فالطاقة الناتجة من الشمس توفر لنا الضوء أثناء النهار، إلي جانب أنها تجفف ملابسنا بعد غسلها ونشرها علي الحبال، وهي المسئولة عن نشوء الرياح، كما أنها تساعد النباتات علي النمو، والحيوانات إما تأكل النباتات أو تتصيد فرائسها حتى تمدها بالطاقة اللازمة لبقائها واستمرارها.

شـكل(1): الطاقة تضئ ليل القاهرة

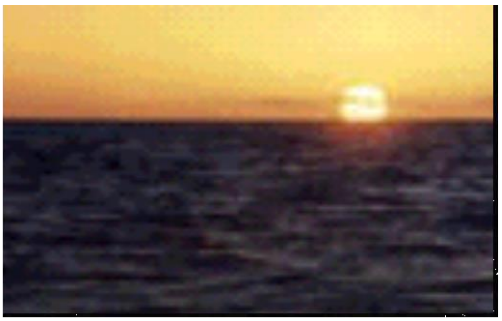
توجد الطاقة في عدة صور مختلفة، ومن هذه الصور الطاقة الكيميائية، والطاقة الكهربية، والطاقة الحرارية، والطاقة الميكانيكية، والطاقة النووية، هذا وتقسم الطاقة إلي نوعين رئيسيين هما:

1. الطاقة المختزنة أو كُمُون الطاقة " Potential Energy"
2. طــاقة الحركة "Kinetic Energy"

شـكل (2):توفير الطـاقة لوسائل

لتفهم كلا النوعين يمكنك إجراء التجربة البسيطة التالية باستخدام القلم الرصاص،

- ضع قلم رصاص علي حافة المنضدة ثم ادفعه بإصبعك نحو الأرض، في هذا المثال يعبر القلم المتحرك عن "طاقة الحركة".
- التقط القلم من علي الأرض ثم ضعة ثانية علي المنضدة، ولتنفيذ هذا الإجراء تجد أنك استخدمت طاقتك في رفع القلم وتحريكه، فرفع القلم ووضعه علي المنضدة أضاف إليه طاقة، وباستقراره علي المنضدة أصبح لدية "كُمُون طاقة".



شـكل(3): الشمس أم الطــاقات

كيفية قياس الطاقة

يقصد بقياس الطاقة التعبير عن الطاقة -المبذولة أو اللازمة لبذل شغل- بقيم نستطيع أن نعرف معها المقدار اللازم لأداء عمل ما. توجد طرق متعددة لقياس الطاقة من أهمها، "الوحدة الحرارية البريطانية British Thermal Unit" ويرمز لها بـ "و ح ب BTU". تعبر الوحدة الحرارية البريطانية عن مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة رطل[1] ماء درجة فهرنهايت[2] واحدة، وهو ما يعني أننا إذا رفعنا درجة حرارة 453 جرام من الماء درجة واحدة علي مقياس الفهرنهايت فإننا نكون قد بذلنا شغلا مقداره 1 وحدة حرارية بريطانية، ولتقريب هذه الوحدات إلي الذهن فإن:-

[1] الرطل هو وحدة بريطانية للتعبير عن الأوزان، ويعادل الرطل الواحد 453 جرام، أنظر جداول التحويلات.

[2] الفهرنهايت Fahrenheit هو وحدة بريطانية للتعبير عن درجات الحرارة، في حين تستخدم الدرجة المئوية في النظام المتري -وهو المطبق في معظم بلدان العالم- ولمعرفة العلاقة بين تدريجي الفهرنهايت والمئوي أنظر جداول التحويلات.

1 و ح ب تعادل الحرارة الناتجة – تقريبا- عن حرق عود كبريت واحد، في حين أن 1000 و ح ب تعادل الطاقة الكامنة في باكو شيكولاتة زنة 100 جرام، أما إذا أردنا صنع فنجان شـاي فإننا نحتاج حوالي 2000 و ح ب.

أيضا يمكننا قياس الطاقة والتعبير عنها بوحدة أخري هي "جـول"، وترجع لفظة "جول" إلي العالم البريطاني "جيمس بريسكوت جول James Prescott Joule"، الذي عاش في الفترة من 1818 حتى 1889، وهو أول من أكتشف أن الحرارة هي أحد صور الطاقة وعبر عنها بوحدة الجول، ولعل أول ما يتبادر إلي الذهن هو العلاقة بين الوحدة الحرارية البريطانية والجول، فنجد أن 1000 جول تعادل 1 و ح ب، وعليه فنحن نحتاج 2 مليون جول لصنع نفس الفنجان السابق من الشاي.

يعرف الجول علي أنه الطاقة اللازمة لرفع ثقل وزنة 453 جرام ارتفاعا قدرة 23 سنتيمتر. وبناء علي ذلك فإن رفع 2 كيلو سكر من الأرض إلي منضدة ارتفاعها حوالي 69 سنتيمتر (69 سم) يحتاج إلي طاقة مقدارها 15 جول. كما أن قطعة خبز (10 سم × 10 سم) مغطاة بالزبد تحتوي قدرا من الطاقة يقدر بحوالى 315.000 جول أي (315 كيلو جول)، وهو ما يكفي لعمل الآتي:-

- الجري لمدة 6 دقائق.
- قيادة دراجة لمدة 10 دقائق.
- الهرولة لمدة 15 دقيقة.
- النوم لمدة ساعة ونصف.
- تسيير سيارة لمدة 7 ثوان بسرعة 80 كيلومتر/ساعة.
- إضاءة مصباح 60 وات لمدة ساعة ونصف.
- رفع ثقل السكر السابق من الأرض للمنضدة 21.000 مرة.

الطاقة لا تفني ولا تخلق من العدم لكننا نستطيع تحويلها من صورة لأخرى، فالطعام يختزن الطاقة في صورة كيميائية وهو ما يجعله كمون طاقة، وعندما يستخدم الجسم هذه الطاقة المختزنة لأداء شغل، فإنها تتحول إلي طاقة حركة. فإذا أكل الشخص زيادة عن حاجته فإن الجسم لا يستطيع حرق هذه الطاقة الزائدة فيحتفظ بها في شكل خلايا دهنية ككُمُون طاقة.

ومن الصور الأخرى لتحول الطاقة، أنه إذا تحدث شخص في التليفون، فإن الصوت يتحول إلي طاقة كهربية تنتقل عبر الأسلاك أو الأثير وعندما تصل إلي الجانب الآخر فإنها تتحول من طاقة كهربية إلي طاقة ضوئية، كما أن التليفزيون يحول الطاقة الكهربية إلي طاقة ضوئية وصوتية. أما السيارة فهي تستخدم الطاقة الكيميائية المختزنة في الوقود (سولار، بنزين،.. الخ) لتسير، فالموتور يحول الطاقة الكيميائية إلي طاقة حرارية وطاقة حركة لتدفع بالسيارة حسب ما يريد قائدها.

كفـاءة تحويل الطـــاقة

عندما يتم تحويل الطاقة من شكل لآخر لسبب ما فإن الطاقة الناتجة بعد التحويل لن تكون مساوية للطاقة المتوفرة قبل التحويل، والنسبة بين الطاقة بعد وقبل التحويل تدعي الكفاءة. وتختلف قيمة الكفاءة بحسب طريقة تحويلها، فقد تصل إلي 90% كما هو الحال في التوربينات المائية أو الموتور الكهربي، أو تكون أقل من ذلك بكثير فتتراوح بين 10 – 20% في معدات الطاقة الشمسية وتحديدا الخلايا الشمسية، أو تتراوح بين 35 –40% في محطات توليد الطاقة الكهربية التي تستخدم الوقود الإحفوري أو طاقة الرياح كمصدر للطاقة.

الطاقة الحرارية

كان "جيمس جول" هو أول من عرّف الحرارة علي أنها أحد صور الطاقة فنحن نستخدمها في أغراض عديدة، مثل التدفئة وطهي الطعام. توجد ثلاثة صور لانتقال الطاقة الحرارية هي:-

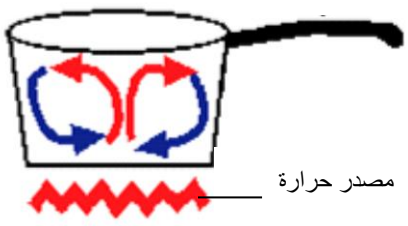
- انتقال الحرارة بالتوصيل
- انتقال الحرارة بالحمل
- انتقال الحرارة بالإشعاع

يتحقق انتقال الحرارة بالتوصيل عندما تنتقل الحرارة بشكل مباشر من مادة لأخرى. فإذا استخدمنا ملعقة معدنية لتقليب السكر الموجود بكوب الشاي الساخن، فإن الملعقة تسخن، ويرجع ذلك لكون الحرارة انتقلت بالتوصيل من الشاي الساخن إلي الملعقة الباردة.

تصنف المعادن علي أنها فائقة التوصيل للحرارة، في حين يعرف الخشب والبلاستيك والمطاط وأمثالهم بأنها مواد رديئة التوصيل للحرارة لذا فنحن نستخدمها كمواد عازلة، وهو ما يبرر صنع مقابض أواني الطهي من هذه المواد، إلي جانب تغليف أسلاك الكهرباء بالبلاستيك.

انتقال الحرارة بالحمل يكون نتيجة حركة الغازات أو السوائل من مناطق دافئة إلي أخري باردة. فإذا كان لدينا إناء للطهي مصنوع من الزجاج فإننا نستطيع أن نري حركة الماء الساخن عند غلي الماء به. فالماء الساخن ينتقل من أسفل الإناء (لأنه الأقرب إلي سطح اللهب) إلي أعلي ليحل محلة الماء الأبرد الموجود أعلي الإناء في حركة دائرية كما هو موضح بشكل رقم (4)، وتستمر هذه الحركة الدائرية طالما ظل الإناء موضوعا علي النار.

تعرف نشأة الرياح وحركتها علي أنها نتيجة لتيارات الحمل، فمن المعروف أن الهواء الدافئ يكون أخف من الهواء البارد، وعليه فأثناء النهار تتحرك كتل الهواء الباردة الموجودة أعلي البحار والمحيطات لتحل محل كتل الهواء



شـكل(4): رسم توضيحي لانتقال الحرارة بالحمل

الدافئة الموجودة أعلي اليابسة. وعكس ذلك يتم أثناء الليل، فأسطح البحار والمحيطات تكون أكثر دفئا من سطح الأرض، ويرجع اختلاف درجات الحرارة بين كتل الهواء الدافئة والباردة إلي تأثير أشعة الشمس.

آخر صور انتقال الحرارة -انتقال الحرارة بالإشعاع- يمكن توضيحه من خلال مثال ضوء الشمس، فضوء الشمس لا يصل لنا عن طريق التوصيل أو الحمل بشكل مباشر وذلك لكون الفضاء فارغا. فأشعة الشمس تنتقل في خطوط مستقيمة تسمي أشعة حرارية، وانتقال الحرارة علي هذه الصورة يعرف بانتقال الحرارة بالإشعاع. عندما تصطدم أشعة الشمس بسطح الأرض فإنها إما أن تمتص أو ترتد، والأسطح السوداء أو الداكنة تمتص الأشعة الحرارية بشكل أفضل من الأسطح البيضاء أو الفاتحة، وهذا يفسر لبس الملابس البيضاء والفاتحة صيفا، والملابس الداكنة شتاءً.

الباب الثاني: الكهـــــرباء

تظهر الكهرباء بصورة واضحة في كافة نواحي الحياة، فالكهرباء تدير تروس الماكينات في المصانع وتمد الحاسبات "Computers" بالطاقة اللازمة لتشغيلها وكذلك التليفزيون والأجهزة الإليكترونية بالإضافة إلي إنارة الشوارع ليلا، كما أن الطاقة الصادرة من البطاريات تدير سياراتنا. ويستطيع كل منا أن يفعل شيئا بسيطا ليشعر بأهمية الكهرباء، فمثلا قم بجولة في مدرستك أو منزلك واكتب كل أنواع الأجهزة المختلفة وكذلك الماكينات التي تعتمد في تشغيلها علي الكهرباء، وسوف تندهش بتعدد الأجهزة التي تستخدمها وتعتمد عليها في حياتك اليومية والتي تستخدم الكهرباء كمصدر للطاقة.

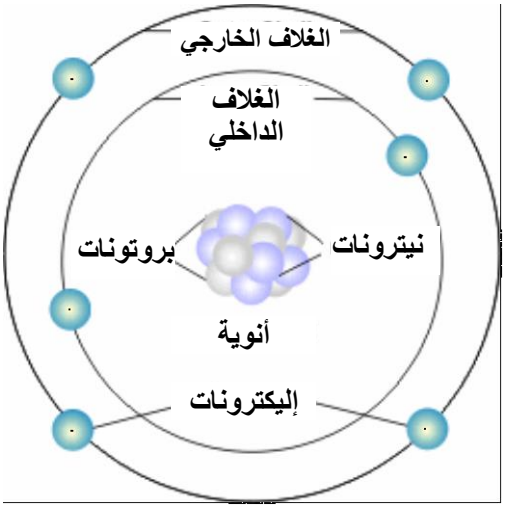
لكن يظل السؤال، ما هي الكهرباء؟ من أين تأتي؟ كيف تعمل؟ وقبل أن نتفهم هذه الأمور فإننا نحتاج إلي بعض البيانات عن الذرة "Atom" وتكوينها.

كل المواد تتكون من ذرات، والذرات بدورها تتكون من جسيمات أصغر، وهذه الجسيمات هي البروتون "Proton"، النيترون"Neutron"، والإليكترون "Electron". فالإليكترونات تدور في مسارات حلزونية حول محورها وكذلك حول نوياتها "Nuclei" بنفس الطريقة التي يدور بها القمر حول الأرض، فالنويات تتكون من نيترونات وإليكترونات.

" تتجاذب الأجسام ذات الشـــحنات المختلفـة وتتنـافر الأجســـام ذات الشـــحنات المتشابهة"

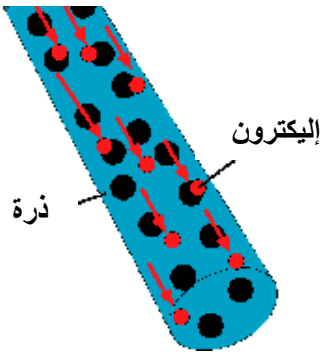
تحتوي الإليكترونات علي شحنات سالبة والبروتونات علي شحنات موجبة، في حين أن النيترونات متعادلة الشحنة. وتوجد أنواع مختلفة من النويات كل نواة خاصة بعنصر مختلف، حيث يوجد 118 عنصر مختلف هي التي تشكل الحياة من حولنا، والأكسجين الذي يمثل أحد أهم عناصر الحياة علي كوكب الأرض هو أحد هذه العناصر.

تتكون كل نواة من عدد معين من الإليكترونات والبروتونات والنيترونات، ويمكن تصنيف الأنوية كأحد نوعين إما "مستقرة" أو غير مستقرة"، وتسمي النواة مستقرة إذا كان عدد الإليكترونات مساوي لعدد البروتونات. فالنواة التي تحتوي علي 6 بروتونات يجب أن تحتوي علي 6 إليكترونات، ويعرف هذا العنصر بيننا باسم "الكربون"، فالكربون يوجد في الغلاف الجوي "Atmosphere" وفي معظم النباتات وكذلك الطعام الذي نتناوله، وكما أن الفحم يتكون من الكربون فالألماس أيضا هو أحد مركبات الكربون!!.



أيضا توجد بعض العناصر الغير مستقرة، والتي تعرف علي أنها تحتوي علي عدد من الإليكترونات التي يمكن أن تتحرر وذلك حتى تتعادل مع عدد النيترونات، والأنوية التي تحتوي علي إليكترونات أكثر من النيترونات تكون سالبة الشحنة، ويطلق علي هذه الأنوية السالبة الشحنة "أيونات".

شكل (5):رسم توضيحي للذرة



تستطيع الإليكترونات أن تنتقل من نواة لأخرى، وهو ما يسبب التيار الكهربي، فانتقال الإليكترونات من نواة لأخرى يتم علي شكل سريان متواصل (يشبه السلسلة) بين الأنوية وبعضها. وهذه السلسلة تشبه انتقال المشاعل في أيدي حلقة من الأشخاص بشكل مستمر ودائم وفي سرعة كبيرة، وهو ما يحدث عند انتقال الكهرباء في سلك أو في دائرة كهربية، فالشحنة تنتقل من نواة لأخرى ليمر معها التيار الكهربي.

شكل (6): رسم توضيحي لحركة الاليكترونات

يمتلك العلماء والمهندسون من الطرق ما يمكنهم من نقل الإليكترونات من نواة لأخرى، وهو ما يحدث بإضافة إليكترونات أو بروتونات إلي النواة مما يمنع استقرارها فتبحث النواة عن بروتون أو إليكترون ليملأ الفراغ ولتستقر النواة، وعليه يقال أن هذه النواة الغير مستقرة "موجبة الشحنة" لأنها تحتوي علي عدد من البروتونات أكثر من عدد الإليكترونات. بناء علي ذلك فإن الإليكترون الحر يتحرك في انتظار أي نواة غير مستقرة ليحقق لها الاستقرار، وبالتالي فإن النواة التي تحتوي علي عدد من الإليكترونات أكبر من عدد النيترونات تسمي نواة سالبة الشحنة.

لكن ما الذي تفعله الشحنات السالبة والموجبة؟، طالما أن هناك أنوية موجبة الشحنة فإنها تبحث عن إليكترونات سالبة الشحنة حتى تستقر، وبالتالي فإن هذه الأنوية تمتلك قوي تجاذب نحو الإليكترونات. أيضا الإليكترونات تريد أن تكون جزءا من النواة المستقرة، وعلية فإنها تمتلك قوي تجاذب مع النيترونات موجبة الشحنة، ومعني هذا أن الجسيمات الموجبة تنجذب نحو السالبة والعكس صحيح، ويحدث ذلك بغرض الاستقرار.

كلما زاد عدد الإليكترونات والنيترونات كلما كان التجاذب بينهما أقوي، وبالتالي يكون لدينا مجموعات من شحنات "Charges" موجبة وأخري سالبة تنجذب إلي بعضها البعض. فالمواد تصنف علي أساس توصيلها للكهرباء، حيث توجد مواد توصل التيار الكهربي بشكل أفضل من مواد أخري وهذه المواد تكون الإليكترونات فيها غير مستقرة، وبالتالي تعمل علي توصيل التيار الكهربي فتسمي موصلات "Conductors". وتعتبر معظم المعادن مثل النحاس

والألمنيوم والحديد مواد جيدة التوصيل، فإذا وجد ما يوقف أو يمانع حركة الإليكترونات أو يجعل حركتها غير سهلة، فإن هذه المواد تسمي عوازل "Insulators"، ومن أمثلة هذه المواد المطاط، البلاستيك، الخشب، الزجاج، والهواء الجاف وكلها مواد لديها مقاومة عالية تمنع توصيل التيار الكهربي خلالها.

المقـــاومة

سبق وذكرنا أن بعض العناصر تحتوي علي إليكترونات ضعيفة الارتباط، وهي التي تتسبب في نشأة التيار الكهربي وذلك عند انتقال هذه الإليكترونات من نواة لأخرى. والإليكترونات ليست سوي جسيمات متناهية الصغر، فبفرض أننا قسمنا سلك نحاسي إلي قطع متناهية الصغر، فإن أصغر هذه الأجزاء يحتوي علي 1×10^{22} إليكترون، وهو رقم هائل يصعب نطقة.

إن انتقال الكهرباء في مواد وعدم انتقالها في مواد أخري يرجع إلي ما يعرف بمقاومة المواد. وتعتمد مقاومة سلك ما علي سُمك السلك وطوله بالإضافة إلي المادة المصنوع منها السلك. هذا وتستخدم العديد من المواد مثل النحاس والألمنيوم والحديد لصناعة الأسلاك المستخدمة في نقل التيار الكهربي، وكل نوع من هذه المواد له مقاومة مختلفة، وأقل هذه المواد مقاومة هي أفضلها في نقل التيار الكهربي. ويعتبر النحاس أحد أفضل هذه المواد، ولهذا السبب فإن كل أسلاك الكهرباء الموجودة داخل منازلنا مصنعة من النحاس.

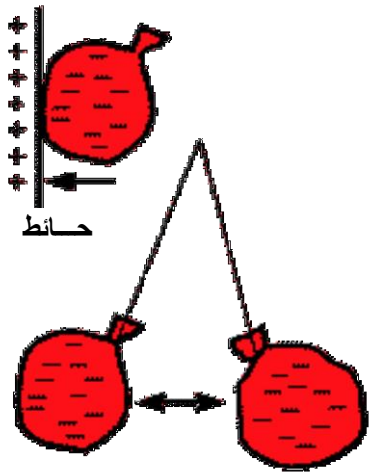
بناءً علي فهمنا للمقاومة يمكننا الآن استخدام قطعة من المعدن لتعمل كسخان "Heater"، فعند مرور تيار كهربي في القطعة المعدنية فإن مقاومتها تؤدي إلي حدوث احتكاك وبالتالي ترتفع درجة حرارة القطعة المعدنية فتُسخِن الوسط المحيط بها لتعمل القطعة المعدنية كسخان، وكلما زادت مقاومة القطعة المعدنية كلما زادت درجة الحرارة التي يمكن أن نحصل عليها، وعليه فإن مقاومة الملف تكون أكبر من مقاومة السلك.

علي العكس من هذه المواد، يأتي البلاستيك كمادة عازلة للتيار الكهربي، وهو ما يجعله مناسبا للاستخدام كغطاء للأسلاك الموصلة للكهرباء، أما الزجاج والفخار والسيراميك فتستخدم كعوازل توضع في نهايات الكابلات المشدودة علي الأبراج، لتعمل كعازل بين الكابلات والأبراج.

الكهرباء الســاكنة

يوجد نوع آخر من الطاقة الكهربية هي الكهرباء الساكنة، والتي تُعرف بأنها الكهرباء التي توجد في مكان محدد ولا تنتقل إلي مكان آخر. ولتبسيط هذا المفهوم يمكن إجراء التجربة التالية:

- احضر بالونا مملوءا بالهواء ثم دلكه بقطعة من الصوف ثم ضعه قريبا من الحائط، ستجد



شـكل(7): رسم تخطيطي لإكتساب الشحنات الكهربية الساكنة

أن البالون يلتصق بالحائط كما في الشكل رقم (7).
- يمكنك أيضا ربط بالونين في نهايتي خيط ثم دلك كل منهما بقطعة من الصوف واتركهما، تجد أن البالونين يتنافران.

وتفسير ذلك، هو أن تدليك البالونين أعطي كل منهما شحنة ساكنة من الكهرباء، فتدليك البالون يعمل علي منحة مزيد من الإليكترونات من قطعة الصوف، وهو ما يجعله ذو شحنة سالبه، في حين أن الشحنة الموجبة الموجودة في الحائط هي التي أدت إلي انجذابه نحو الحائط. وهو أيضا ما أدي إلي تنافر البالونين وذلك لأن الشحنة المكتسبة في كل منهما شحنة سالبة.

يمكن أن تؤدي الكهرباء الساكنة إلي الإحساس بصدمة "Shock"، فإذا وقفت فوق سجادة ومسحت أقدامك بها عدة مرات ثم لمست شيئا معدنيا، فإن شرارة أو ومضة "Spark" يمكن أن تسري بين جسمك والجسم المعدني الذي لمسته. فمسح الأقدام في السجادة أعطي الجسم مزيدا من الإليكترونات التي تنتشر في الجسم، فإذا حاول الشخص أن يمسك شيئا معدنيا وليكن مقبض الباب لأدي ذلك إلي حدوث شرارة في الفجوة الصغيرة بين يد الشخص ومقبض الباب. ومن الملاحظات الهامة، أنه إذا مسح شخص قدميه عدة مرات في سجادة ثم لمس وحدة التشغيل المركزية الخاصة بحاسبه الشخصي، فإن الحاسب ربما يتعطل نتيجة لهذه الشحنة التي اكتسبها الشخص وتم تفريغها في وحدة التشغيل المركزية.

تمثل الصواعق الكهربية الناشئة عن البرق والرعد أحد أنواع الكهرباء الساكنة، فنتيجة لاحتكاك السحب ببعضها البعض فإنها تكتسب شحنة سالبة، في حين تكون الأجسام المعدنية الموجودة فوق أسطح المنازل مثل أطباق الاستقبال والهوائيات وتلك الموجودة علي الأبراج موجبة الشحنة، وكنتيجة لكون السحب ذات شحنة عالية فإنه من الممكن أن ينتقل إليكترون من الأرض إلي السحب أو من سحابة لأخرى، وهو ما يكفي لإحداث صاعقة.

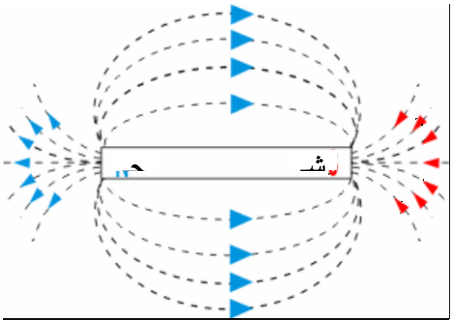
المغناطيسية

عندما عثر على قطع من الحديد الممغنط بمنطقة قريبة من مدينة مغنسيه"Magnesia"، والمعروفة الآن باسم مدينة مانيزا في غرب تركيا تبين في ذلك الوقت أنه عند تقريب قضيب من الحديد إلى مغناطيس طبيعي، فإن القضيب الحديدي يكتسب بدوره الخواص المغناطيسية، وأنه عند تعليق مثل هذا القضيب الممغنط تعليقاً حراً من منتصفة فإنه يشير دائماً إلى اتجاه الشمال. نتيجة لتلك الخاصية استخدم الحديد الممغنط في الملاحة لتحديد الاتجاهات أثناء السفر عبر البحار، وكان ذلك منذ القرن الحادي عشر. في بداية الأمر فسر العلماء الخواص المغناطيسية والعلاقة بين المواد ذات المغناطيسية باستخدام الأقطاب المغناطيسية "Magnetic Poles"، فأطلقوا على نهاية القضيب الممغنط التي تشير إلى اتجاه الشمال، القطب الشمالي "North Pole"، وأطلقوا على الطرف الآخر، القطب الجنوبي " South Pole"، وأثبتوا أن القطبين المختلفين يتجاذبان، وأن القطبين المتشابهين يتنافران.

إلا أن الأقطاب المغناطيسية لا توجد مفردةً، فكل قطب شمالي يصاحبه في الطرف الآخر قطب جنوبي، وإذا كسر مغناطيس فإن الطرف المكسور يتحول مباشرة إلى قطب، ذي طبيعة مخالفة لطبيعة الطرف المقابل للكسر. تشير الإبرة الممغنطة في البوصلة إلى اتجاه الشمال؛ لأن الأرض في حد ذاتها مغناطيس كبير، قطبه المغناطيسي الشمالي قريب جداً من القطب الجنوبي الجغرافي، والمحور المغناطيسي للكرة الأرضية، لا يوازي تماماً المحور الجغرافي لها، وهو محور الدوران، ولهذا السبب، تنحرف قراءة البوصلة قليلاً عن اتجاه الشمال الجغرافي؛ هذا الانحراف يتغير من موقع لآخر، ويطلق عليه "الانحراف المغناطيسي". كما أن خطوط المجال المغناطيسي للأرض ليست أفقية تماماً في معظم المناطق على سطح الأرض، ويطلق على ميل خطوط المجال المغناطيسي، إلى أعلى أو أسفل عن الاتجاه الأفقي، الميل المغناطيسي.

المغناطيسية والكهرباء

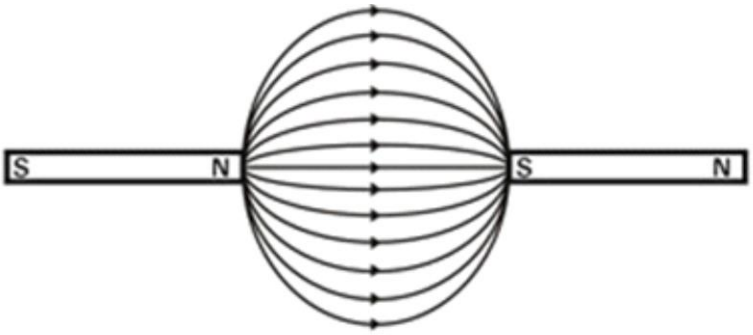
في معظم الأجسام، تكون القوي الداخلية للجزيئات في حالة اتزان، بمعني أن نصف عدد الإليكترونات تدور في اتجاه والنصف الآخر يدور في الاتجاه المعاكس، إلا أن الأجسام المغناطيسية تختلف، فنجد أن الإليكترونات الموجودة في أحد الأطراف تدور في اتجاه يخالف اتجاه الدوران في الطرف الآخر، وهو ما ينشأ عنه عدم توازن في القوي بين أقطاب المغناطيس. مما يؤدي إلي نشوء مجال مغناطيسي "Magnetic Field". عادة ما يُعطي قطبي



شـكل(8): رسم تخطيطي للمجالات المغناطيسية

المغناطيس حرفي "ش أو N" لترمز إلي القطب الشمالي، و "ج أو S" لتدل علي القطب الجنوبي، وهو ما يبين أن القوي المغناطيسية تسري من القطب الشمالي إلي القطب الجنوبي.

هل جربت أن تضع مغنطيسين بالقرب من بعضهما البعض؟، إن لم تكن فعلت فافعل وستجد أنك إذا قربت القطبين المتشابهين فإن المغنطيسين يتنافران، في حين أنك إذا قربت قطبين



الطاقة: مصادرها – أنواع
محمد مصطفي محمد الخير

شـكل(9): رسم تخطيطي للمجالات المغناطيسية بين قطبين مختلفين

مختلفين (شمالي وجنوبي) من بعضهما البعض فستجد أنهما يتجاذبان بل وينشأ بينهما مجال مغناطيسي يشابه ذلك المجال المبين في شكل رقم (9).

هذه الخصائص الخاصة بالمجالات المغناطيسية يمكن الاستفادة منها في توليد الكهرباء، فحركة المجالات المغناطيسية يمكن أن تدفع الإليكترونات إلي الحركة، وبعض المعادن مثل النحاس تحتوي علي إليكترونات حرة الحركة تولد كهرباء عند دفعها في سلك نحاسي.

الباب الثالث: الدوائر الكهربية

تستطيع الإليكترونات سالبة الشحنة أن تنتقل إلي نواة موجبة الشحنة إذا وجدت قنطرة أو وصله بينها وبين تلك النواة، وهو ما يسمي دائرة كهربية. فعند إنشاء دائرة كهربية تبدأ الإليكترونات في التحرك اعتمادا علي مقاومة المادة. وطالما أننا نستطيع تحديد عدد الإليكترونات التي تمر في الدائرة الكهربية خلال زمن معين بالتحكم في مقاومة السلك، فإننا يمكن أن نستفيد من حركة الإليكترونات والكهرباء التي تتولد في الفترة التي نسمح فيها بمرور الإليكترونات، فمثلا يمكننا أن نجعل الإليكترونات تسخن شُعيرة (فتيلة) في مصباح زجاجي مما يؤدي إلي توهجه. فعند غلق الدائرة يمر التيار الكهربي حتى يصل إلي المصباح فينيره أما إذا تم فتح الدائرة فإن التيار الكهربي لا يستطيع الوصول إلي المصباح فينطفئ، ولفتح وغلق الدائرة يلزم وجود مفتاح يمكن من خلاله التحكم في عمليتي الفتح والإغلاق، تماما كما في شكل رقم (10)، وهذا هو ما حدث بالضبط مع "توماس إديسون Thomas Edison"[3] مخترع المصباح الكهربي.

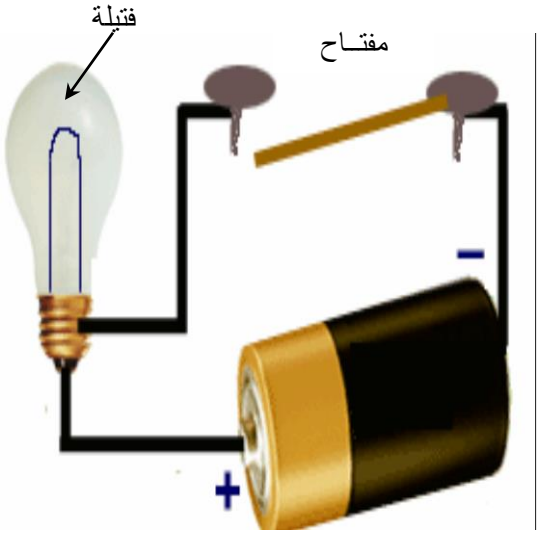
قد يحدث أن نضغط علي المفتاح لتغلق الدائرة فتسري الكهرباء في الأسلاك لتصل إلي المصباح لكنه لا يتوهج أي أن فتيلة المصباح لا تسخن، وقد يرجع ذلك إلي قطع فتيلة المصباح كما هو موضح بشكل رقم (11)، وهو ما يعني فتح الدائرة الكهربية.

◄ **"ينشأ التيار الكهربي نتيجة حركة الإليكترونات في الدائرة الكهربية"**

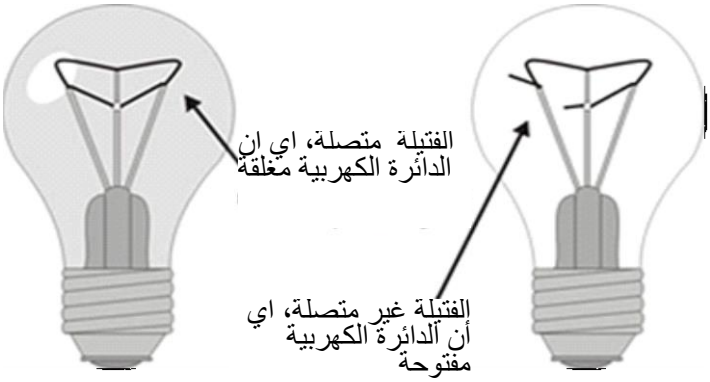
من الممكن أن تصطدم الإليكترونات -نتيجة لحركتها السريعة- بأحد الأنوية، فتبطئ سرعتها أو يتغير اتجاه حركتها، هذا بالإضافة إلي فقدان جزء من الطاقة كنتيجة للتصادم وهو ما يظهر في شكل حرارة، وقد يحدث هذا الإجراء في الأسلاك ذات المقاومة العالية. يمكن تمثيل أسلاك التوصيل بخرطوم تعبر فيه كمية المياه عن الكهرباء، وضغط الماء عن الجهد في الدائرة، وقطر الخرطوم عن المقاومة في السلك.

[3] ولد "توماس ألفا إديسون" في 11 فبراير 1847 بولاية أوهايو الأمريكية، أخترع أول مصباح كهربي وأسس في عام 1892 شركة جنرال إليكتريك لتكون أكبر شركة في مجال الطاقة في ذلك الوقت، وأطلق وقتها شعار "أن الأغنياء سيكونون هم القادرون وحدهم علي شراء الشمع" وذلك في إشارة منه إلي أن الكهرباء سوف تجعل الشمع – أحد وسائل الإنارة الشائعة في ذلك الوقت- نادر الاستخدام مما سيؤدي إلي رفع سعره، ويرجع الفضل لتوماس إديسون في الكثير من الاختراعات، وقد توفي في 18 أكتوبر 1931 بولاية نيو جرسي الأمريكية.

أصبح الآن من المعروف أن حركة الشحنات في الدائرة الكهربية تؤدي إلي نشوء تيار كهربي، فالإليكترونات تتحرك من القطب السالب إلي القطب الموجب، فإذا تم توصيل القطبين فإننا نحصل علي دائرة كهربية. يطلق علي الإليكترونات التي تمر في السلك الكهربي لفظة تيار "Current"، ويقاس التيار الكهربي بوحدة الأمبير الذي يعرف بأنه 625.000.000.000.000.000 (625×10^{18}) إليكترون تمر عبر الدائرة كل ثانية، ولأن هذا الرقم كبير جدا، فقد أطلق عليه لفظة "كولمب" وذلك إشارة للعالم الفرنسي "شارل كولمب Charles Coulomb"[4] الذي ساعد في تعريف التيار الكهربي.



شـكل (10): دائرة كهربية بها مفتاح للتحكم في عمليتي الإغلاق والفتح



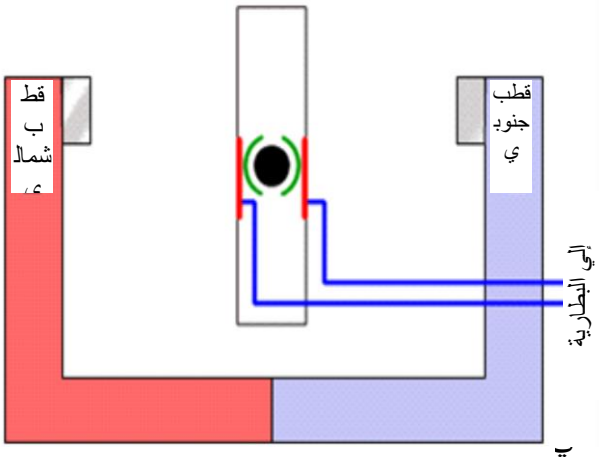
شـكل (11): مصباحان كهربيان أحدهما غير صالح للإستخدام (يمين)، والآخر صالح للإستخدام (شمال)

تعرف الشحنة بين جانبي الدائرة الكهربية بالجهد "Voltage" وهو ما يقاس بالفولت نسبة إلي العالم "أليكسندر فولتا Alexander Volta"[5] أول من أخترع البطاريات الجافة. والفولت هو الشحنة الكهربية اللازمة للحصول علي واحد كولمب، مما يؤدي إلي الحصول علي شغل، والذي يمكن تعريفة بوحدة "الجول".

[4] ولد "شارل كولمب" في 14 يونيو 1736 بفرنسا، التحق في مارس 1757 بجمعية العلوم بمدينة مونبلييه وقرأ علي الجمعية العديد من أبحاثة في مجال الميكانيكا والاحتكاك، وعرف نظرية في التجاذب والتنافر بين الأجسام المختلفة والمتشابهة الشحنة، توفي في 23 أغسطس 1806 بباريس .

[5] "ألكسندر فولتا" فيزيائي إيطالي من الرواد الذين عملوا في مجال الكهرباء ولد عام 1745، وتولي في عام 1774 كرسي الأستاذية في الفيزياء بالجامعة الملكية، سجل نفسه في عام 1776 لدراسة الكيمياء، كما تولي في عام 1779 منصب الأستاذية في الفيزياء بجامعة "بافيا" لمدة 25 عاما، وفي عام 1799 ابتكر أول بطارية وأطلق عليها اسم "عمود فولتا" وتوفي في عام 1827.

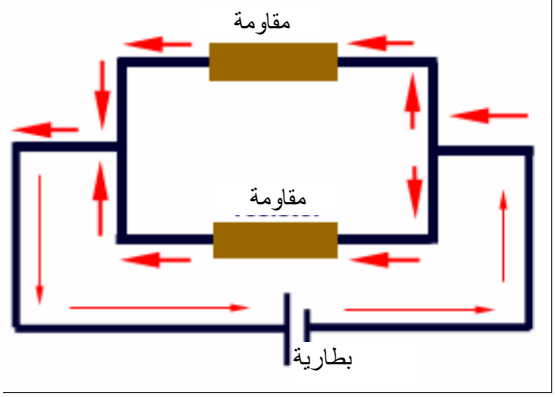
لكل من الجهد والتيار والمقاومة أهمية كبيرة في تصميم الدوائر الكهربية، فإذا كان الجهد كبير جدا فإن الدائرة الكهربية تحترق، أما إذا كان صغيرا فإن الدائرة لا تكون قادرة علي بذل شغل، وبالتالي فهي غير مفيدة لنا. وبنفس الأسلوب إذا كانت المقاومة كبيرة جدا فإنها لن تسمح للإليكترونات بأن تمر من خلالها، أما إذا كانت ضعيفة فإن الإليكترونات سوف تتدافع بمعدل عالي مما يؤدي إلي حرق الدائرة. ومن هنا نجد أن كل دائرة يجب أن يكون لها تصميمها الخاص [illegible] ما يفسر اختلاف عدد البطاريات اللازمة [illegible] يحتاج إلي بطاريتين في حين أن الأحجام الأ[illegible]



شـكل (13): رسم تخطيطي لموتور

التوصيل علي التو[illegible]

إذا كان لدينا دائرة [illegible]نات من جانب لآخر فإننا نسميها دائرة متوالية [illegible] تقابل الدائرة الأولي فإننا نحصل علي دائرة [illegible]تين تعمل كل منهما علي التوازي مع الدائرة [illegible] نحصل علي عدد كبير من الدوائر التي تعمل [illegible] الدوائر تشترك في نفس الجهد لكنها تسمح بمرو[illegible]و ما يعني أن إجمالي عدد الإليكترونات التي تمر في الثانية يمكن أن يزيد بدون تدمير أو حرق الدائرة.



شـكل (12): دائرة كهربية علي التوازي

الموتور الكهربي

يعمل الموتور الكهربي من خلال تحويل الطاقة الكهربية إلي طاقة ميكانيكية، حيث يعتمد في عمله علي وجود مجال مغناطيسي، حين يمرر التيار الكهربي في الملف "Coil" الموضوع بين قطبي المغناطيس -كما هو موضح بشكل رقم (13)- فإن مجالا مغناطيسيا آخر ينشأ، يقوم القطب الشمالي للمجال المغناطيسي بجذب المجال الجنوبي الناشئ في الملف، فيدفع القطبين الشماليين كل منهما الآخر –نتيجة للتنافر بين الأقطاب المتشابهة- فيدور الملف المثبت بين القطبين. يفيد هذا الدوران في فكرة عمل العديد من الأجهزة الكهربية مثل المراوح، موتور رفع المياه، تحريك الأبواب وغيرها من الأمثلة العديدة.

البطـاريات

البطارية هي مجموعة من الخلايا الكيمائية، تُحول الطاقة الكيمائية إلي طاقة كهربية، وتعتبر البطاريات مصدراً للجهد المستمر. فعند وضع معدن ما في محلول موصل للكهرباء مثل المحلول الملحي فإن المادة المعدنية تكتسب جهدا كهربيا كنتيجة للتفاعل الكيمائي الذي يؤدي إلي تبادل الإليكترونات بين سطح المادة والمحلول، فإذا وضع معدنان مختلفان في المحلول الكهربي فإن كل منهما يكتسب جهداً كهربيا مختلفا، وهو ما يعني حدوث فرق جهد كهربي بين المعدنين، فإذا تم توصيل دائرة كهربية بين هذين المعدنين فإن فرق الجهد يعمل علي دفع تيار من الإليكترونات تتحرك من الطرف الأقل جهدا "آنود" إلي الطرف الأعلى جهدا "كاثود".

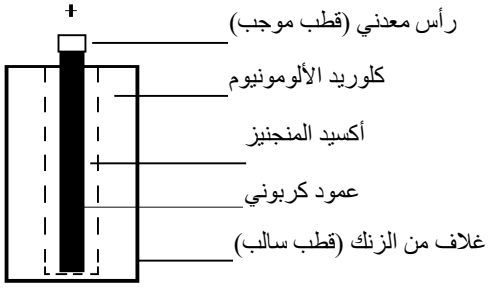
الطاقة المختزنة والبطاريات

يعتبر اختزان الطاقة أحد المجالات الهامة التي تدخل في العديد من التطبيقات مثل تشغيل الهواتف المحمولة والسيارات وأجهزة الراديو والحاسبات المحمولة. والطاقة –بصفة عامة- يمكن أن تتحول من صورة لأخرى وأحد هذه الصور وأكثرها شيوعا هي الطاقة الكيميائية التي يمكن حفظها في بطاريات بغرض إنتاج الكهرباء عند وضعها في دائرة كهربية. وللبطارية قطبان أحدهما موجب "+" والآخر سالب "-"، فإذا وصلنا بينهما تتكون الدائرة الكهربية وتنتقل الإليكترونات لتنشأ الكهرباء.

أما سبب نشوء الكهرباء في البطاريات فيرجع إلي التفاعلات الكيماوية والتي لا تبدأ إلا إذا حدث سريان للإليكترونات من القطب السالب إلي القطب الموجب، لذا فإن البطاريات يمكن أن تختزن الطاقة لمدة طويلة قبل استخدامها.

التفاعلات الكيميائية داخل البطاريات

تعرف البطاريات التي تتكون من مادتي الكربون والزنك اختصارا باسم بطاريات الكربون، حيث تحتوي علي مادة حمضية يتوسطها عمود من الزنك وما يحدث عند وضع عمود الزنك في الوسط الحمضي هو أن يتفاعل الوسط الحمضي مع الزنك، مما يؤدي إلي إنتاج غاز هيدروجين وحرارة بالإضافة إلي تآكل عمود الزنك. عند انقسام الجزيئات الحمضية إلي مكوناتها عادة ما نحصل علي غاز الهيدروجين وأنوية أخري، بالإضافة إلي تحرير إليكترونات من ذرات الزنك لتتحد بدورها مع أيونات الهيدروجين لتكون غاز الهيدروجين.



شـكل (14): شكل مبسط لبطارية زنك - كربون

لكن إذا وضع عمود من الكربون في وسط حامضي لا يحدث تفاعل بينهما إلا إذا تم التوصيل بينهما بسلك، وبمعني آخر تكوين دائرة كهربية. حيث تبدأ الإليكترونات في السريان عبر السلك لينتج من هذا التفاعل قدرا بسيطا من الهيدروجين يترسب علي عمود الكربون، بالإضافة إلي إنتاج قدر بسيط من الحرارة يسري عبر الدائرة. والطاقة الناتجة من هذه الدائرة تكفي لإنارة لمبة كشاف أو تحريك موتور صغير كما يمكن زيادة سعة البطارية لتستخدم في إدارة سيارة.

كيفية صنع بطارية

نستطيع أن نستخلص مما سبق أن البطارية ليست سوي جهاز يختزن معادن وكيماويات بغرض توليد الكهرباء، وبناء علي هذه الفكرة سوف نحاول معا أن نصنع بطارية بسيطة بالمكونات التالية:-

- فاكهة حمضية (مثل الليمون)
- سلك من النحاس طوله حوالي 5 سم
- سلك من الزنك طوله حوالي 5 سم
- لمبة كشاف صغيرة موصلة بسلك نحاسي

خطوات العمل:

1. ادعك الليمونة براحة يدك بغرض تليينها
2. أدخل سلكي النحاس والزنك داخل الليمونة مع مراعاة عدم نفاذهما من الجانب الآخر وعدم جرح القشرة الخارجية لليمونة
3. قشر حوالي 1 سم من السلك النحاسي الموصل باللمبة
4. لف طرف سلك اللمبة علي السلك النحاس
5. ضع قاعدة اللمبة علي سلك الزنك

مـــدهش!!! اللمبة تضئ

الأنواع المختلفة للبطاريات

يوجد العديد من البطاريات التي تستخدم أنواعا عديدة من الكيماويات، وفيما يلي بعض من هذه الأنواع:-

- بطاريات حامض الرصاص: وتستخدم في السيارات
- بطاريات الليثيوم: وتستخدم في الكاميرات وأجهزة الكمبيوتر المحمول والهاتف النقال
- البطاريات الحامضية: وتستخدم الزنك وأكسيد المنجنيز

الباب الرابع: تــوليد الكهــرباء

سنتعرف في هذا الفصل علي كيفية توليد الطاقة الكهربية في محطات القوي "Power Plants"، كما سنتطرق إلي كيفية تحويل الطاقة الحرارية إلي طاقة كهربية ثم نقلها من محطات القوي إلي المنازل والمصانع والمدارس ومناطق الاستهلاك.

محـطات القـوي

تحتوي محطات القوي علي غلايات ضخمة تُستخدم في حرق الوقود والحصول علي حرارة. وتشبه الغلاية براد الشاي الموضوع علي النار، فعندما يغلي الماء يبدأ البخار في الخروج من الفتحة الموجودة في مقدمة البراد، وما يحدث في الغلاية هو توجيه البخار في أنابيب نحو توربينة "Turbine". في معظم الغلايات يستخدم الفحم والغاز الطبيعي وزيت البترول في الحرق داخل صندوق الحريق وذلك بهدف إنتاج حرارة يكون الغرض منها تسخين المواسير التي تحتوي علي الماء والذي ترتفع درجة حرارتة ليغلي عند 100 درجة مئوية ثم يتحول إلي بخار.

يعرض الشكل رقم (15) صورة لتوربينة ومولد "Generator"، فالماسورة الكبيرة ناحية اليسار هي مدخل البخار إلي التوربينة وعلي الجانب الأيمن يوجد مخرج البخار. هذا ويتم تغذية البخار للتوربينة تحت ضغط عال "High Pressure"، مما يؤدي لدوران التوربينة وكذلك عمود الدوران المركزي بها والموصل بمولد يتولى تحويل الطاقة الميكانيكية إلي طاقة كهربية.

◄ **"تخـدم الطاقـة الكهربيـة حـوالي 98.5% من سكان مصر البالغ عددهم حـوالي 72 مليـون نسمة"**

أما شكل التوربينة من الداخل فيوضحه الشكل رقم (16)، والذي يبين أن التوربينة تتكون من مئات الريش "Blades" التي يتم ضبطها علي زاوية معينة، وكنتيجة لاصطدام البخار بهذه الريش فإنها تدور ليدور معها عمود الدوران المركزي.

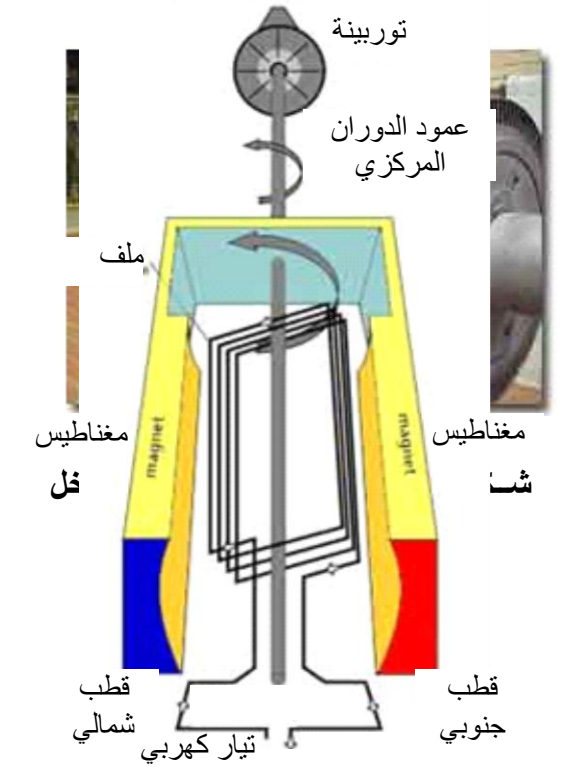
يوجه البخار الخارج من التوربينة إلي برج تبريد "Cooling Tower" بغرض خفض درجة حرارة البخار ومن ثم تكثيفه، وما يحدث داخل برج التبريد هو أن يصطدم الهواء الجوي البارد بمواسير البخار الساخنة فيتحول جزء من بخار الماء الموجود في الهواء إلي بخار كنتيجة لارتفاع درجة حرارة المواسير ثم يخرج من أعلي برج التبريد كسحب بيضاء، وهو ما يفسر السحب البيضاء التي تعلو أبراج التبريد الموجودة بمحطات القوي الكهربية، وهذه السحب ليست دخانا لكنها إما بخار ماء أو بخار فقط أو كليهما،

والبخار الذي يتصاعد من أبراج التبريد ليس هو البخار المستخدم داخل التوربينة، فالبخار الذي تم تبريده يتكاثف داخل المواسير –يتحول إلي ماء- ليعاد مرة أخرى إلي الغلاية للتسخين ومن ثم يتحول إلي بخار وليمر بنفس المراحل السابقة، ويستمر تكرار هذا الإجراء طالما أن محطة القوي تعمل.

تستخدم محطات القوي العديد من أنواع الوقود

شكل (15): بعض مكونات محطات القوي

بغرض إنتاج البخار فهناك محطات تستخدم الغاز الطبيعي وأخرى تستخدم زيت البترول أو الفحم. في حين تستخدم محطات القوي النووية "Nuclear Power Plants" الطاقة النووية لتسخين الماء وبالتالي لإنتاج الكهرباء.



شكل (17): شكل توضيحي للتوربينة والمولد

كيفية عمل المولد

توصل التوربينة من خلال عمود الدوران المركزي مع مولد يحتوي علي مجال مغناطيسي كبير بداخل جزء ثابت "Stator" ومع دوران التوربينة يدور العمود المركزي فيدور معه الجزء الدوار "Rotor" الموجود داخل المولد كالموضح بشكل رقم (17)، وكلما قطع الجزء الدوار المجال المغناطيسي كلما حصلنا علي كهرباء، وبالتالي فإن وظيفة المولد الكهربي هي تحويل الطاقة الميكانيكية إلي طاقة كهربية.

تعتمد فكرة عمل المولد علي تحويل الطاقة الميكانيكية إلي طاقة كهربية من خلال إدارة ملف في وجود مجال مغناطيسي، وذلك اعتمادا علي مبادئ المجال المغناطيسي الحثي "Electromagnetic Induction" والتي اكتشفت عام 1831 علي يد العالم البريطاني "مايكل فاراداي Michael Faraday"[6] الذي اكتشف أن قطع موصل كهربي (مثل سلك نحاسي) لمجال

[6] ولد "فاراداي" يوم 22 سبتمبر 1791 بمدينة نيوانجتون بالقرب من لندن، تلقي فاراداي محاضرات في الكيمياء علي يد العالم الإنجليزي "همفري دافي" ثم عمل مساعدا له بعد ذلك. في عام 1823 أثبت أن الغازات يمكن إسالتها ونقلها وحصل بموجب هذا الإنجاز علي منحة "بالمعهد الملكي"، وفي عام 1830 اكتشف العديد من النظريات الخاصة بالكهرباء واستمر في أبحاثه حتى توفي في 25 أغسطس 1867.

مغناطيسي ينتج عنه تيار كهربي في الموصل الكهربي. ولإدارة الملف الكهربي نحتاج إلي مصدر طاقة حركة مثل الرياح أو المياه الساقطة من الشلالات أو حرق الفحم أو البترول أو الغاز الطبيعي، كل هذه المصادر تقوم بتوليد الطاقة اللازمة لإدارة الملف بين قطبي مغناطيس. والطاقة الكهربية المنتجة من محطات القوي تسري عبر كابلات نقل القوي "Power Transmission Cables" الضخمة إلي مناطق الاستهلاك مثل المنازل والمصانع وغيرها لتشغيل الأجهزة التي نحتاجها.

شكل (18): صورة لمحطة محولات

نظـــام نقل الكهـــرباء

المرحلة التالية لإنتاج الكهرباء من محطات القوي هي عملية توزيعها وتوصيلها إلي المستخدمين الذين يتواجدون في المدن والقرى وغيرها من مناطق الاستهلاك مثل المصانع. فكلما زادت سعة المولد كلما أمكن الحصول علي كهرباء أكثر يمكن أن يصل جهدها إلي حوالي 25.000 فولت أي (25 كيلو فولت)، والجهد هو قياس للقوة الدافعة الكهربية المارة في كابلات النقل، فهو القوة التي تدفع الإليكترونات في الدائرة الكهربية.

في بداية الأمر توجه الكهرباء الناتجة من محطات القوي الكهربية إلي محولات "Transformers" توجد داخل المحطات لتتولي رفع الجهد إلي حوالي 400.000 فولت. يفيد هذا الإجراء في نقل أو ضخ الكهرباء لمسافات بعيدة حيث يعمل الجهد المرتفع علي نقلها هذه المسافات بكفاءة عالية.

تصنع كابلات الجهد المرتفع "High Voltage" من النحاس أو الألومونيوم بسبب مقاومتها المنخفضة، إلا أن مقاومة الكابلات تؤدي إلي فقد جزء من الكهرباء فتتحول إلي حرارة، وهذه الكهرباء يتم نقلها إلي محطات المحولات التي تتواجد بالقرب من مناطق الاستهلاك لتقوم بخفض الجهد المرتفع إلي ما يعرف بالجهد المنخفض "Low Voltage".

من محطة المحولات يتم نقل الكهرباء في مستويات جهد مختلفة إلي مناطق الإستهلاك القريبة منها، والغرض من إختلاف مستويات الجهد هو أن تصل الكهرباء بالجهد المطلوب إلي مناطق الإستهلاك والتي تختلف إحتياجاتها من الكهرباء حسب أحمالها، والحمل "Load" هو الكهرباء التي تحتاجها الأجهزة عند المستخدم، فالمصانع تحتاج قدرا من الكهرباء غير الذي تحتاجه المنازل. لذا يخفض الجهد بالقرب من المنازل إلي حوالي 220 فولت حتى يتناسب مع تشغيل الأجهزة المنزلية مثل الأفران ومجففات الملابس.

وخطوط نقل القوي الكهربية إما تمد عبر أبراج خاصة وتسمى "كابلات هوائية" أو تدفن في الأرض وتسمي "كابلات أرضية"، هذا وتصمم كابلات نقل القوي علي أساس حمايتها من

العوامل الجوية مثل العواصف الرملية والثلجية، التي يمكن أن تتسبب في تحطيم هذه الكابلات.

في عام 1998 ضرب أحد أسوأ العواصف الثلجية كندا وبعض مناطق في الولايات المتحدة الأمريكية وقد أثرت هذه العاصفة علي كابلات نقل القوي بشكل مباشر حيث تحطم أكثر من 1000 برج معدني وحوالي 30.000 برج خشبي كانت تستخدم في مد الكابلات الهوائية، وقد أدت هذه الحوادث إلي حرمان حوالي 1.4 مليون شخص في إقليم كيبك "Quebec" و 230.000 شخص في مدينة "أونتاريو" بكندا من الكهرباء لقرابة الأسبوع.

عند دخول الكهرباء إلي منازلنا فإنها تمر علي عدادات "Meters" لتسجيل إستهلاكاتنا منها، وتؤخذ قراءات هذه العدادات بداية كل شهر بغرض معرفة الإستهلاك الشهري، وتمر الكهرباء بعد ذلك علي منصهر "Fuse" لحماية منازلنا من أخطار الكهرباء مثل الماس الكهربي أو زيادة الحمل علي الأسلاك حيث يقوم المنصهر بفصل الكهرباء تلقائيا.

الديـزل

تستعمل ماكينات الديزل في توليد الكهرباء في أماكن كثيرة بدول العالم، وخاصة في القرى والمدن الصغيرة والمناطق النائية البعيدة عن شبكة الكهرباء، وهي تمتاز بسرعة التشغيل وسرعة الإيقاف ولكنها تحتاج إلي كمية مرتفعة من الوقود نسبيا، وبالتالي فإن تكلفة إنتاج الطاقة تتوقف علي سعر الوقود الذي يتم حرقة داخل غرف الاحتراق بعد مزجها بنسب معينة من الهواء، وتمتاز هذه المولدات بسهولة تركيبها وسرعة تشغيلها، حتى أنها تُستخدم في حالات الطوارئ لسد احتياجات مراكز الاستهلاك، مثل السنترالات والمستشفيات وغيرها من الأماكن التي لا يجب أن ينقطع عنها التيار الكهربي أو مصدر الطاقة.

الطـاقة الكهربية في مصر

تخدم الطاقة الكهربية حوالي 98.5% من سكان مصر البالغ عددهم قرابة الـ 72 مليون نسمة، وهو ما يعني أنها امتدت إلي مناطق كثيرة ونائية، فقد دخلت الكهرباء القري والنجوع وامتدت تنير وتمد الطاقة إلي المنازل والشوارع والمصانع ومناطق الإستهلاك في ربوع مصر.

يتم توفير الكهرباء في مصر من عدة مصادر فهناك المحطات التى تعتمد علي الوقود الإحفوري والتي تشارك بحوالي 84% من إجمالي محطات إنتاج الطاقة الكهربية، وهناك الطاقة المائية التي تساهم بنسبة 15%، بينما تشارك الطاقة الكهربية المنتجة من مزارع الرياح بنحو 0.8%، ويصل إجمالي الطاقة الكهربية المنتجة في مصر إلي حوالي 95 مليار كيلووات ساعة بحسب المسجل في يوليو 2004، وهو مايسمح بتصدير جزء منها إلي دول عربية مجاورة مثل الأردن وسوريا وأيضا ليبيا.

الباب الخامس : الوقود الإحفوري

توجد ثلاثة صور للوقود الإحفوري هي الفحم وزيت البترول والغاز الطبيعي، والتي يحتاج كل منها إلي ملايين السنين حتي يتكون. وقد قسم العلماء أزمنة الكرة الأرضية إلي عصور سُمي كل منها باسم عنصر أو كائن تواجد وانتشر في ذلك العصر، فمثلا تواجد الكربون بكثرة في احدها فعُرف باسم "العصر الكربوني"، ثم تلاه "عصر الديناصورات" الذي انتشرت فيه الديناصورات.

في الفترة من 360 إلي 280 مليون عام مضت كانت الأرض مكسوة بغطاء نباتي يتشكل من أشجار تتفاوت في الحجم وإن كان معظمها بالغ الضخامة بالإضافة إلي نباتات أخري كما هو موضح بشكل رقم (19). حتى المسطحات المائية من أنهار وبحار كانت –أيضا- مغطاة بطبقة من الطحالب "Algae"، والطحالب في حقيقتها هي عبارة عن ملايين من النباتات الصغيرة وهو ما ساعد علي تكون طبقات من الفحم الحجري التي تكونت من رواسب متداخلة من الحجر الرملي والطَفلَة مع طبقات رقيقة من الحجر الجيري بالإضافة إلي أنواع عديدة من الأشجار التي تحولت إلي طبقات كربون، ونظرا لكون عنصر الكربون "Carbon" هو العنصر الأساسي في أنواع الوقود الإحفوري فقد سمي العصر باسمه.

في ذلك الوقت كانت الأشجار والنباتات تجرف بفعل السيول والفيضانات نحو الأنهار والمحيطات لتهوي إلي قيعانها مكونة طبقة مسامية مشبعة بالماء، ومن ثم تتحول إلي نسيج نباتي نصف متفحم "خُث" "Peat"، ومع مرور مئات السنيين تغطت هذه الطبقات بالرمال والطين والعناصر الطبيعية الأخرى لتتحول إلي صخور رسوبية "Sedimentary"، أدي تزايد كميات الصخور الرسوبية إلى أن تضغط علي بعضها البعض تحت تأثير وزنها، مما دفع بها إلي باطن الأرض لتدفن ملايين السنين لتتحول إلي فحم وزيت بترول وغاز طبيعي.

◄ **" يشارك الغاز الطبيعي بنسبة 47% من إجمالي استهلاك مصادر الطاقة في مصر"**

الفحم

تَكَوَّن الفحم الحجري من الأشجار والحشائش التي وجدت في بحيرات كبيرة، في البداية تراكمت هذه النباتات على شكل طبقات، وأُغرِقت بمياه الفيضانات فيما بعد، فتحللت وتحولت إلى "خُث"، وهو ذو لون بني به أكثر من 30% من الكربون. ويعتبر الخث المرحلة الأولى لتكوين الفحم، بعد ذلك غطت البحار سطح هذه الطبقات فتكونت ببطء طبقة من ترسبات الرمال والأوحال فوق طبقة الخث، واستمر تراكم هذه الترسبات لآلاف السنين. وبفعل الضغط تحوَّلَت المواد العضوية من الخث إلى الفحم البني، الذي تصل نسبة الكربون

فيه إلى 40%. وتلتها ملايين السنين، وزاد الضغط وازدادت الحرارة مما حول الفحم البني إلى فحم أسود ناعم أو صخور نفطية تقارب نسبة الكربون بها 66%، ومع مرور الزمن تحول هذا الأخير إلى فحم حجري يحتوي 90% من الكربون.

شكل (19): رسم توضيحي للغطاء النباتي الذي كان يغطي الأرض في العصر الكربوني

شكل (20): فحم

يوصف الفحم بأنه مادة صلدة ذات لون أسود، ويتكون من كربون، وهيدروجين، وأكسجين، ونيتروجين بالإضافة إلي الكبريت. يوجد في الطبيعة ثلاثة أنواع من الفحم هي فحم الأنثراسيت "Anthracite"، والذي يعرف بأنه أصلد الأنواع وأكثرها احتواء علي الكربون وبالتالي فهو الأكثر احتواء علي الطاقة، والنوع الثاني هو فحم لجنايت "Lignite" الأقل صلادة واحتواء علي الكربون لكنه يحتوي علي قدر كبير من الهيدروجين والأكسجين، والنوع الأخير من الفحم هو فحم بيتومينوس "Bituminous" وهو أوسط الأنواع من حيث الصلادة والمحتوي الحراري.

ترجع بدايات استخدام الفحم إلي الصينيين الذين استخرجوه من منجم "فو – شون" بشمال الصين، إلا أنهم كانوا يعتقدون أن الفحم ليس سوي حجارة تم حرقها. توجد عدة طرق لاستخراج الفحم من باطن الأرض، تتلخص أحد هذه الطرق في دق أعمدة أفقية أو رأسية في باطن الأرض، بغرض إحداث تجاويف وممرات في باطن الأرض للوصول إلي الفحم ومن ثم استخدام مصاعد أو قطارات مصممة خصيصا للعمل بالمناجم في نقل الفحم من باطن الأرض إلي خارج المنجم. يمكن نقل الفحم بالقطارات أو المراكب أو تكسيره وخلطه بالماء ثم ضخه في خطوط الأنابيب بواسطة طلمبات "Pumps" لتوصليه إلي محطات القوي الكهربية لإمدادها بالطاقة اللازمة لها.

الفحم في مصر

أثبتت تقارير التنقيب عن الفحم وجود بعض رقائق من مواد فحمية في أماكن متفرقة من مصر، مما أثار اهتمام الجيولوجيين لمعرفة توزيع تلك المواد الكربونية ودراسة الصخور الحاملة لها والتعرف علي الظروف التي تكونت فيها. ركزت الدراسات علي ثلاثة مناطق جيولوجية هي قبة المغارة، عيون موسى وبدعة، ومن دراسة منطقة المغارة وحفر العديد من الآبار الاستكشافية وجد أن احتياطي الفحم يُقدر بحوالى 27 مليون طن منها 21 مليون طن قابلة للاستخراج، وقد ثبت أن فحم المغارة يصلح لإنتاج فحم الكوك اللازم لصناعة الحديد والصلب في الأفران العالية وذلك بخلطة بأنواع أخري جيدة مستوردة، ويصل إجمالي ما تستورده مصر إلي 1.75 مليون طن فحم سنويا، علما بأن الغازات الناتجة من عمليات

التفحيم يمكن استخدامها في إنتاج العديد من الكيماويات مثل البويات والأصباغ والبلاستيك وغيرها.

البترول

زيت البترول أو البترول اختصارا هو أحد أنواع الوقود الإحفوري والذي يرجع تكونه إلي 300 مليون عام، ويعتقد العلماء أن المواد العضوية الدقيقة هي المصدر الرئيسي للبترول. المواد العضوية هي كائنات بحرية صغيرة جدا بحجم رأس الدبوس تتلخص وظيفتها في تحويل ضوء الشمس إلي طاقة مختزنة، والتي بمجرد موتها تهبط إلي قاع البحر، لتدفن تحت الصخور الرسوبية والصخور الأخرى، وبتأثير ضغط هذه الصخور علي المواد العضوية فإنها تحتفظ بالطاقة المختزنة بها. وعادة ما يوجد البترول والغاز فوق طبقات من الترسبات الصخرية تَكَوَّنت عندما كانت المنطقة مغمورة بالمياه، ودفنت بقايا النباتات والحيوانات التي كانت تعيش في البحار تحت الترسبات، لتتحول بفعل الضغط والحرارة لملايين السنين إلى زيت بترول وغاز طبيعي تجمع في شكل جيوب –آبار- "Wells".

يرجع استخدام زيت البترول إلي حوالي 5000 أو 6000 عام مضت، حيث نجد في الحفائر الآشورية[7] أنهم استخدموا الزيت الخام والإسفلت بعد تجميعه من نهر الفرات، أو نشعه في المناطق التي يتسرب منها تحت الأرض. أيضا استخرج البترول من بحيرة "أسفلتيت" والتي أطلق عليها فيما بعد "البحر الميت"[8]، أيضا استخدم سكان أمريكا الشمالية الزيت في علاج الإصابات، وقد عّلم السكان القدامى "جورج واشنطن George Washington"[9] كيفية العلاج به وهو ما أفاده في علاج قواته آنذاك في حربه مع بريطانيا. أما الآثار والمخطوطات الفرعونية ففيها ما يدل علي استخدامهم الزيت في علاج الجروح والإصابات، إلي جانب استخدامه في إنارة المصابيح.

قديما ومع نمو المجتمعات تزايد الطلب علي البترول كمصدر للإضاءة ليحل محل زيت الحوت نتيجة لارتفاع سعر الزيت المستخرج من الحيتان، في ذلك الوقت كان معظم البترول يتم الحصول عليه بطريقة بدائية تتمثل في كشطة من علي أسطح البحيرات. حتى استطاع

---

[7] يرجع وجود الحضارة الآشورية إلي حوالي 5000عام قبل الميلاد، وقد ازدهرت هذه الحضارة في بلاد مابين النهرين، وسكن شعبها العراق وإيران وسوريا وتركيا، وأقام ملوكها علاقات تجارية متميزة مع دول الجوار كما كان لها جيش قوي أستطاع أن يصون هذه الحضارة لزمن طويل، ومن أشهر ملوكهم "حمورابي" وإليه ترجع "شريعة حمورابي" التي وضعت قبل الميلاد بحوالى 1700 عام لتكون من أوائل الأنظمة التي اهتمت بوضع مجموعة شاملة من القوانين في تاريخ البشر.

[8] يبلغ البحر الميت حوالي 75 كيلومتر طولا وقرابة 16 كيلومتر عرضا وتحتوي مياهه علي حوالى 21 نوع من المعادن مثل المنجنيز، الكالسيوم والبوتاسيوم، ويبلغ تركيز الأملاح المعدنية فيه حوالي 31.5%، وهو ما يجعل هذه الأملاح مفيدة للجسم وللجلد، ويقع البحر الميت في فلسطين والأردن، حيث ينحصر بين كتلتين من الجبال هما القدس والخليلي في فلسطين من الغرب وجبال البلقاء والكرك والطفيلة في الأردن من الشرق .

[9] ولد "جورج واشنطن" في 22 فبراير 1732 في "بوستمورلاند بولاية فرجينيا الأمريكية"، تلقي تعليمة الأولي بنفس المدينة ثم انتقل إلي مدينة "جبل فيرنون" عام 1743 ليعيش مع أخيه الأكبر بعد وفاة والدة، دخل مجال السياسة عام 1759 وأصبح في عام 1769 حاكما لولاية "فيرجينيا"، قاد الحرب الأهلية في أمريكا ضد الاحتلال الإنجليزي واستعان بفرنسا لطرد الإنجليز من يورك، وأصبح أول رئيس للولايات المتحدة الأمريكية في عام 1789 ثم أعيد انتخابه في عام 1792 وتوفي "جورج واشنطن" عن عمر يناهز السابعة والستين عاما وذلك في 14 سبتمبر 1799.

"إدوين دراك Edwin L. Drake" استخراج البترول من أحد الآبار بالقرب من "توتسفيلا" بولاية بنسلفانيا.

شكل (21): صور لعملية استخراج البترول من أحد الآبار البحرية

في عام 1850 كان "إدوين دراك" يعمل في مجال التنقيب عن البترول بشركة "سينسا"، وكان رأيه أن أفضل وسيلة للتنقيب عن البترول هي الحفر، فاستخدم محرك بخاري قديم واستطاع أن يحقق نجاحات بسيطة خلال عامي 1857 و 1858، حيث لم يكن بمقدوره سوي استخراج 1.6 متر مكعب من البترول يوميا، وهو ما لم يكن كافيا لتسويق فكرته علي المستوي التجاري، لكنه استمر في محاولاته واعترضته مصاعب عديدة إلي أن اهتدي إلي استخدام أنابيب مُصنعة من الحديد الزهر تصل أطوالها إلي حوالي العشرة أمتار، وزاد عمق الحفر إلي حوالي 21 متر، حتى استطاع في 27 أغسطس 1859 وبالاستعانة بمضخة يدوية أن يصل بالإنتاج اليومي للبئر إلي 40 متر مكعب أي حوالي 250 برميل، واستطاع أن يجمعه في براميل مصنوعة من الخشب، ومازالت هذه الطريقة متبعة في استخراج البترول حتى الآن في المناطق التي يوجد بها زيت البترول بالقرب من سطح الأرض، إلا أن البراميل الخشبية استبدلت ببراميل مصنوعة من الحديد.

يوجد الزيت والغاز الطبيعي تحت سطح الأرض في جيوب وسط الصخور، وفي المناطق المسامية "Poroused" المشبعة بالبترول، ويمكن لهذه الجيوب أن تتحرك من مكان لآخر. وللتنقيب عن الزيت والغاز الطبيعي تقوم الشركات بالحفر في باطن الأرض أو أعماق البحار كما في شكل رقم (21)- ومن ثم ضخة في أنابيب سواء لمصافي التكرير أو للسفن بغرض نقله إلي دول أخرى.

تتواجد العديد من آبار البترول في البحار والمحيطات مثل بئر راس شقير بالبحر الأحمر، حيث يجمع الزيت الخام وينقل باستخدام السفن العملاقة، وقد يحدث أثناء عمليات النقل تسريب للبترول أو تقع حادثة للسفينة يتسرب علي إثرها زيت البترول إلي المياه، وهو ما يسبب مشاكل بيئية عديدة تؤثر علي الحياة الطبيعية المتواجدة بمناطق التسريب، خاصة وأن بقع الزيت تظل طافية وتنتقل من مكان لآخر. وقد توصل علماء مصريون في مايو 2003 إلي إنتاج مادة بيولوجية من المخلفات الحيوانية يمكنها معالجة تلوث المسطحات المائية ببقع الزيت، ويستطيع الجرام الواحد من هذه المادة والتي أطلق عليها اسم "2A&E"، نسبة إلي

الأحرف الأولي لأسماء هؤلاء العلماء، أن يلتهم 50 جرام من زيت البترول ويحولها إلي كُريات صغيرة يتم جمعها بواسطة شِباك خاصة.

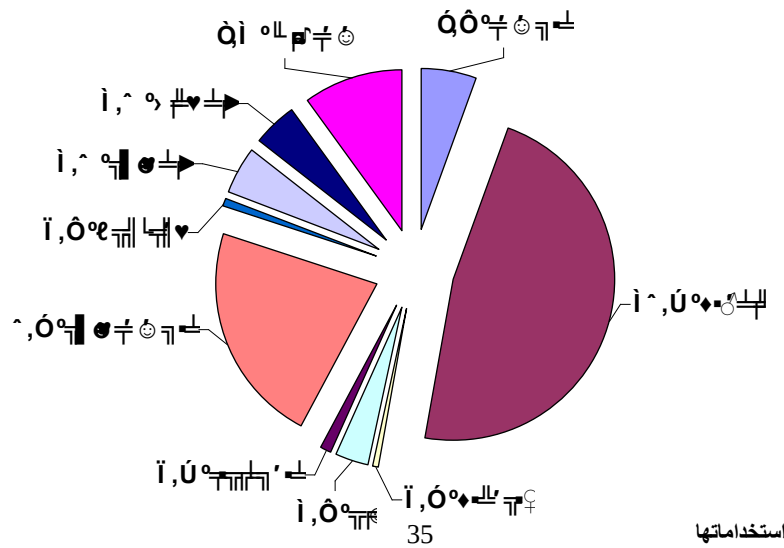
التكرير

يُخَزن البترول في حاويات ضخمة حتى يسهل نقلة إلي مناطق الاستخدام أو التكرير، في مصافي التكرير يتم فصل الزيت الخام إلي مكونات عديدة بتسخين الزيت الأسود الخام، وتستخدم العناصر التي نحصل عليها في العديد من التطبيقات مثل تسميد الأرض الزراعية، وصنع الملابس، وفرش الأسنان، والبلاستيك المستخدم في صنع العبوات البلاستيكية، إلي جانب الآلاف من المواد والمنتجات التي يدخل البترول في تصنيعها.

شكل (22): صورة لأحد مصافي البترول

تحتوي المنتجات البترولية علي البنزين ووقود الديزل وكذلك الوقود المستخدم في الطائرات وفي تشغيل محطات القوي الكهربية، وكذلك في تدفئة المنازل بالدول الأوربية والتي عادة ما تستخدم نظم تدفئة مركزية تُدار من خلال محطات حرارية تعمل بالوقود الإحفوري أو المخلفات في تسخين المياه ثم ضخها في شبكة من المواسير المعزولة والممتدة داخل المنازل والمحلات التجارية لتدفئتها، ويستطيع كل مستخدم أن يتحكم في درجة الحرارة داخل محل إقامته، ولا تستخدم هذه البلدان أجهزة التكييف لأن استهلاكها من الكهرباء مرتفع، وأيضا لعدم الحاجة إلي خفض درجة الحرارة في فصل الصيف والتي غالبا ما تكون معتدلة.

يوضح شكل رقم (23) ما يمكن أن نحصل عليه من برميل واحد من البترول الخام، ومن المتعارف عليه أن برميل البترول يحتوي علي 42 جالون، في حين نحصل فعليا بعد المعالجة علي 44.2 جالون من المواد المختلفة، وترجع الزيادة (2.2 جالون) إلي المواد التي تضاف أثناء المعالجة الكيماوية للبترول الخام.



(القيمة بالجالون)

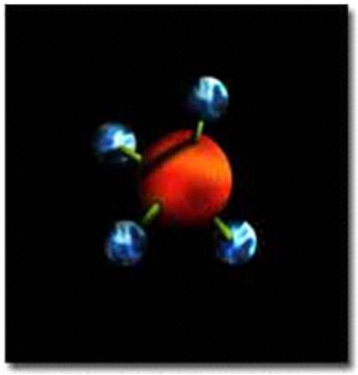
شكل (23): بيان بما يمكن الحصول عليه من برميل بترول خام

البترول في مصر

تجدر الإشارة إلي أن نسبة الاحتياطي في الدول العربية إلي الإجمالي العالمي يبلغ 59.3% من الزيت الخام، وفي مصر يتواجد البترول –الزيت الخام- في مناطق خليج السويس وسيناء والصحراء الغربية، وقد بلغ إنتاج الزيت الخام في يوليو 2004 حوالي 34.9مليون طن، في حين بلغ إجمالي عوائد تصدير البترول ومنتجاته حوالي 4.17 مليار دولار في نفس الفترة، أما احتياطي البترول فقد بلغ 3.62 مليار برميل.

الغاز الطبيعي

يرجع اكتشاف الغاز الطبيعي إلي زمن يتراوح بين 6000 و 2000 عام قبل الميلاد في بلاد الفرس –إيران حاليا-، وقد ألمح العديد من الكتاب القدامى إلي وجود الغاز الطبيعي في مناطق مثل الشرق الأوسط وأذربيجان. ويمكن ملاحظة وجود الغاز الطبيعي من خلال النار التي تتواجد علي فوهة الآبار والتي أُتخذت قديما كمعتقد ديني في بعض المناطق، حيث عبد سكانها النار معتقدين أنها نارا مقدسة لا تنطفئ.



شكل (24): تركيب الغاز الطبيعي

والغاز الطبيعي أخف وزنا من الهواء و ليس له لون أو رائحة، وهو غالبا ما يتكون من الميثان، والميثان هو مركب كيمائي يتكون من ذرات الكربون والهيدروجين، وتركيبه الكيمائي "ك يد$_4$ CH_4"، وهو ما يعني اتحاد ذرة كربون مع أربع ذرات هيدروجين كما في شكل رقم (24)، وغالبا ما يتواجد الغاز الطبيعي بالقرب من البترول تحت سطح الأرض، ويتم نقلة في أنابيب حتى مناطق التخزين، إلا أنه يخلط بمادة كيماوية تعطيه رائحة نفاذة تشبه رائحة البيض الفاسد بغرض التعرف عليه في حالة حدوث تسريب مما يمنع حدوث حرائق. يعتبر الغاز الطبيعي أفضل أنواع الوقود التي يمكن أن تحل محل المنتجات البترولية والتي ينتج عن حرقها غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يسبب مشاكل بيئية عديدة.

الغاز الطبيعي في مصر

يتواجد الغاز الطبيعي في مصر في مناطق الدلتا والبحر المتوسط والصحراء الغربية وخليج السويس، وفي يوليو 2004 بلغ إنتاج الغاز الطبيعي في مصر حوالي 23.6 مليون طن، في حين بلغ استهلاك الغاز الطبيعي كوقود للسيارات لنفس العام نحو 210 ألف طن بترول مكافئ، أما الاستهلاك الكلي فقد بلغ 22.5 مليون طن بزيادة مقدارها 8.2% عن العام السابق.

ونظرا لأن الغاز الطبيعي هو أقل أنواع الوقود الإحفوري من ناحية الإنبعاثات الناتجة عند حرقة حيث تبلغ 2.6115 طن / طن غاز طبيعي، ومع تزايد المخزون المصري من الغازات الطبيعية والتي بلغت بحسب تقديرات يوليو 2004 قرابة الـ 65 تريليون قدم مكعب

بزيادة قدرها 9.4% عن القيمة المسجلة في يوليو 2003، فقد تم إتباع سياسة إحلال الغاز الطبيعي محل الوقود السائل (المازوت – السولار) نظرا لامتيازه الواضح من الناحية الاقتصادية والبيئية، مما أدي بمشاركة الغاز الطبيعي لإجمالي الوقود المستخدم في المحطات الحرارية الخاصة بانتاج الطاقة الكهربية أن تصل إلي 92% وذلك بنهاية عام 2004.

وبحسب تقديرات يوليو 2004، يمثل الغاز الطبيعي 47% من إجمالي استهلاك مصادر الطاقة في مصر، وتأتي مصر في المرتبة الثانية بين الدول العربية في حجم الاستهلاك والمرتبة الخامسة في نسبة مشاركة الغاز الطبيعي إلي المصادر الأخرى. وعلي جانب آخر يمثل احتياطي الغاز الطبيعي في الدول العربية نسبة 3.5% من إجمالي احتياطي الغاز العالمي.

الغاز الطبيعي ونظام توزيعه

يتواجد الغاز الطبيعي في باطن الأرض وفي قيعان المحيطات، ويتم نقله من خلال تمريره في أنابيب تمتد من داخل البئر إلي مناطق التخزين ثم توزيعه علي المستهلكين وهو ما يستدعي وجود شبكة أنابيب ضخمة تتولي توزيعه علي مناطق الاستهلاك. أما الغاز الطبيعي المستخدم في تشغيل محطات القوي أو المصانع فيتم ضخة في أنابيب ضخمة وذلك لمواجهة الطلب الكبير عليه. كما يدخل كبديل للمازوت في تشغيل أفران المخابز وفي تدفئة المنازل وتسخين المياه.

في مناطق الاستهلاك مثل المنازل ومحطات القوي وغيرها يمرر الغاز علي عدادات لقياس ما تم استهلاكه، ويقوم العاملون بشركة الغاز بقراءة هذه العدادات شهريا وتسجيل الاستهلاكات واستخراج فواتير الحساب الخاصة بالمستهلكين، وفي المناطق التي لا تعتمد علي الغاز الطبيعي داخل المنازل سواء في الطهي أو التسخين يستخدم غاز البروبان، حيث يتم تعبئته في اسطوانات ويطلق عليه اسم غاز البترول المسال "Liquefied Petroleum Gas, LPG"، ويتكون البروبان من غاز الميثان إلي جانب خليط آخر من الغازات الأخرى مثل البيوتان.

يمكن للغازات أن تتحول إلي سوائل وذلك بتعريضها لضغط يختلف مقداره من غاز لآخر، فالبروبان يتحول إلي سائل عند تعريضه إلي ضغط بسيط وكذلك الغاز الطبيعي، وترجع أهمية إسالة الغاز إلي تقليل الحيز اللازم لحفظ كميات كبيرة منه وبالتالي تسهيل نقله واستخدامه كوقود لإدارة السيارات والمركبات بصفة عامة، وهو ما يستلزم وجود اسطوانات تحتوي الغاز المسيل.

ينتج عن حرق الغازات –بصفة عامة- بعض المكونات الكيماوية مثل الكبريت والبيوتان مما يتسبب في تلويث البيئة، والتلوث الناجم عن حرق الغاز الطبيعي أقل من ذلك الناتج عن حرق أنواع الوقود الأكثر تعقيدا مثل البنزين، فعلي سبيل المثال يعتبر الغاز الطبيعي أنظف من البنزين بنسبة 90% عند استخدامه كوقود للسيارات.

الباب السادس: الطاقة الشمسية

تُعرف الشمس علي أنها كرة هائلة من الغازات الساخنة، وبنسب الوزن نجد أن الهيدروجين يمثل 70% والهليوم 25% والكربون والنيتروجين والأكسجين 1.5% لكل منهم، وتمثل باقي العناصر 0.5%. تصل درجة حرارة الشمس إلي 5000 درجة مئوية علي السطح وحوالي 15.000درجة مئوية في اللُب (المركز). ومتوسط المسافة بينها وبين الأرض 150 مليون كيلومتر يقطعها ضوء الشمس في ثماني دقائق ونصف، أما قطرها فيبلغ 1.4 مليون كيلومتر أي أنها أكبر من كوكب الأرض 109 مرة، وهو ما يعني أن الشمس تتسع لحوالي مليون كوكب في حجم الأرض.

يوضح شكل رقم (25) مقطعا في الشمس، حيث يظهر لب الشمس وهو المنطقة التي يتحول فيها الهيدروجين إلي هليوم، حيث يعمل فرق درجات الحرارة بين اللب والسطح إلي طرد الطاقة الناتجة نحو السطح لتخرج في شكل إشعاع (ضوء) وذلك من منطقة الإشعاع "Radiation Zone"، في الجزء الخارجي من الشمس توجد منطقة الحمل "Convection Zone" والتي يعلوها الغلاف الضوئي وهو الجزء الذي نراه من علي كوكب الأرض، ويبلغ سمكه مئات الكيلومترات ويصدر عنه طاقة تخرج في شكل أشعة مرئية.

الشمس هي أقرب النجوم إلينا وبدونها لا تستمر الحياة علي كوكب الأرض، فنحن نستخدم الطاقة الصادرة من الشمس في العديد من الاستخدامات اليومية. فالنباتات تستخدم ضوء الشمس لتنمو، والحيوانات تأكل النباتات لتستفيد من الطاقة الكامنة بها وتحولها إلي طاقة تستفيد منها، كما أن النباتات والحيوانات التي ماتت ودفنت منذ ملايين السنيين تحولت إلي فحم وبترول وغاز طبيعي، ونحن نستخدمها اليوم في تسيير المركبات والآلات، إذا فالوقود الإحفوري هو في حقيقته ضوء شمس أختزن لملايين السنيين ، ويمكننا القول أن الشمس هي مصدر كل الطاقة التي نستخدمها في الوقت الراهن.

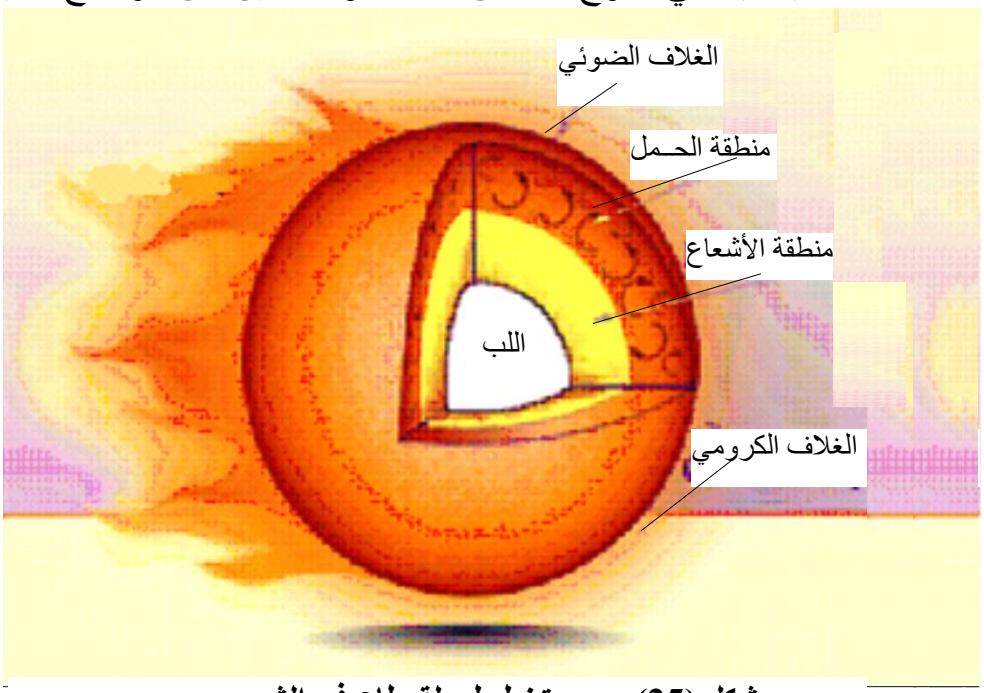
◄ "الشمس أم الطاقات"

سخانات المياه الشمسية

في عام 1890 استخدمت سخانات المياه الشمسية في الولايات المتحدة لأول مرة، لتثبت أنها الأفضل مقارنة باستخدام أفران الخشب والفحم لأغراض تسخين المياه، بعد ذلك استخدمت النظم الشمسية في ولايتي أريزونا وفلوريدا ومناطق أخرى بأمريكا تتميز بسطوع شمسي حيث تم في عام 1920 بيع حوالي 10.000 سخان شمسي. في نفس الوقت تم اكتشاف كميات كبيرة من البترول والغاز الطبيعي في غرب الولايات المتحدة وبظهور هذه الأنواع من الوقود التي تتميز بانخفاض تكلفتها مقارنة بالطاقة الشمسية، بدأ استبدال الأنظمة الشمسية في تسخين المياه بالأنظمة المعتمدة علي الوقود الإحفوري.

في الوقت الراهن عادت سخانات المياه الشمسية للظهور مرة أخري، ففي كاليفورنيا وحدها يوجد نصف مليون سخان شمسي تستخدم في توفير المياه الساخنة للمنازل وأماكن العمل وحمامات السباحة.

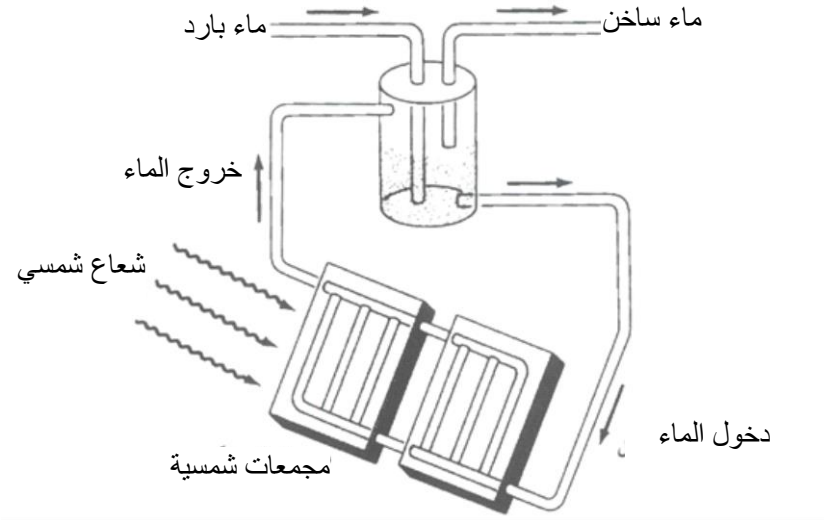
يتكون السخان الشمسي من مُجمعات شمسية وخزان ومواسير كما في شكل (26)، ويتألف المُجمع الشمسي من لوح ماص علي شكل صفيحة خفيفة سوداء اللون ذات قابلية امتصاص عالية للأشعة الشمسية، يُغَطي اللوح الماص بطبقة أو طبقتين من الزجاج لتقليل الأشعة



شكل (25): رسم تخطيطي لقطاع في الشمس

الشمسية المرتدة عن اللوح الماص وبالتالي تقليل الفاقد من الأشعة الشمسية، وغالبا ما يُصنع اللوح الماص من النحاس أو الألمنيوم أو الحديد، تنتقل الطاقة الحرارية من السطح الماص إلي الماء الموجود بالأنابيب فترتفع درجة حرارته وكنتيجة لاختلاف الكثافة يتحرك الماء الساخن من المجمع إلي الخزان ويحل محلة الماء البارد، وبتكرار الدورة يسخن الماء الموجود في الخزان.

تحويل الطاقة الشمسية إلي كهرباء



شكل (26): رسم تخطيطي لسـخان شمسي

تستخدم الطاقة الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربية ففي أمريكا توجد بعض المحطات التي تعتمد علي تقنية مرايا القطع المكافئ "Parabolic Trough" في تركيز أشعة الشمس علي ماسورة توجد أعلي مركز القطع الناقص لترتفع درجة حرارة الماء لأعلي من درجة الغليان ليتحول بعد ذلك إلي بخار يوجه إلي توربينة ومن ثم توليد الكهرباء.

في صحراء كاليفورنيا يوجد عدد هائل من صفوف المرايا صُفت فيما يعرف بمحطة الطاقة الشمسية الحرارية "Solar Thermal Power Plant" نُفِذَت من خلال تِسع منظومات تتراوح سعاتها بين 13 و 80 ميجاوات، إلا أن مشكلة الطاقة الشمسية أنها لا تعمل في غياب الشمس، وبالتالي ففي أوقات الغيوم والليل تتوقف هذه المحطات عن إنتاج الطاقة. لذا فإن بعض هذه المحطات تتكون من نظام هجين"Hybrid System"، بمعني أن تستخدم الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء نهارا أما أثناء الليل وفي أوقات الغيوم فإن المحطات الحرارية تعمل حيث يحرق الغاز الطبيعي أو غير ذلك من أنواع الوقود الإحفوري في تسخين المياه، ويضمن النظام الهجين استمرار عمل المحطة في إنتاج الكهرباء بشكل دائم.

يوجد نظام آخر لإنتاج الكهرباء بالطاقة الشمسية يعرف باسم محطة قوي البرج المركزي "Central Tower Power Plant". حيث يُعكس ضوء الشمس من خلال حقل مرايا " Mirror Field" يتكون من قرابة 1800مرآه تحيط ببرج شاهق تتحرك كلها صوب ضوء الشمس بواسطة نظام توجيه "Steering System" لتعكس أشعة الشمس نحو قمة البرج الموجود في المركز لترتفع درجة حرارة المائع "Fluid" (غالبا ما يكون زيت خاص أو ملح صخري ذائب) الموجود في قمة البرج إلي درجة عالية جداً يتحول المائع علي أثرها إلي بخار يوجه نحو توربينة لتوليد الكهرباء.

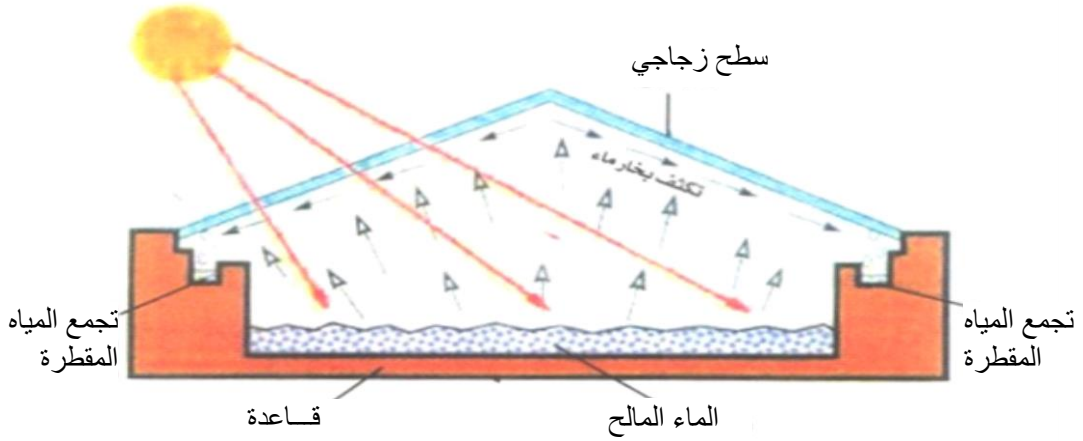
شكل (27): صورة لقطع مكافئ

كانت أول هذه المحطات المحطة التجريبية التي أنشأت عام 1980 بصحراء ولاية

كاليفورنيا بإسم شمس-2 "Solar II"، والتي تبلغ قدرتها 10 ميجاوات، وقد اعتمد العلماء في ذلك الوقت علي تكنولوجيات جديدة أمكن منها تحويل أشعة الشمس إلي طاقة ميكانيكية تدير التوربينة. وتتولي هذه المحطة توفير الكهرباء للمناطق السكنية القريبة منها، ويقول العلماء أن محطات إنتاج الكهرباء بواسطة تقنية البرج المركزي يمكن أن توفر الطاقة الكهربية لعدد هائل من المنازل يتراوح بين 100.00 و 200.000.

استخدام الطـاقة الشمسية في تحلية المياه

تستخدم الطاقة الشمسية لتحلية المياه بطريقتين، الطريقة الأولي تعتمد علي استخدام الطاقة الكهربية الناتجة من الطاقة الشمسية محل الطاقة التقليدية لاستعمالها مع التقنيات المألوفة للتحلية، أما الطريقة الثانية فتستخدم الإشعاع الشمسي لتبخير جزء من المحلول المِلحي ثم تكثيفه باستخدام المُقطرات البسيطة والتي غالبا ما تكون علي غرار المخطط المبين في شكل رقم (28).

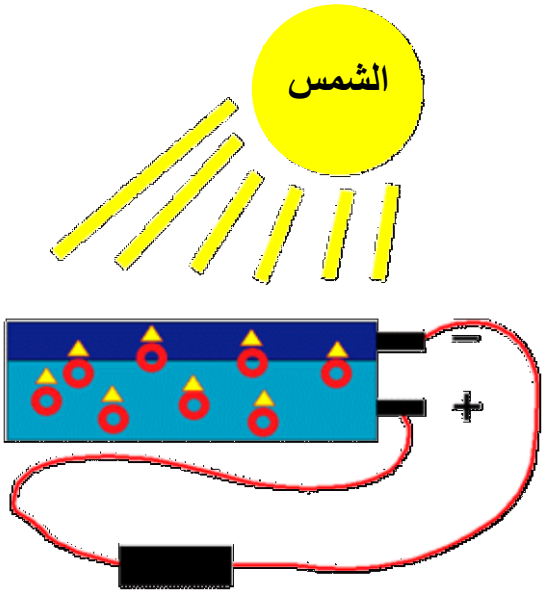


شكل (28): رسم تخطيطي مبسط للمقطرات الشمسية الحرارية

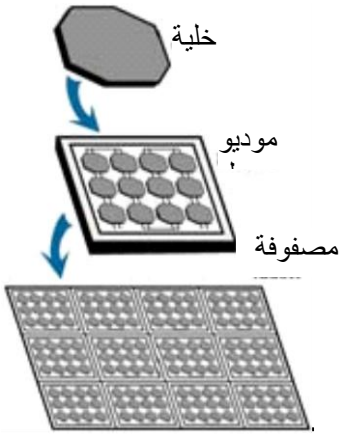
وفيما يلي عرض مبسط لطريقة عمل التقنية الثانية، عندما يمر الإشعاع الشمسي خلال السطح الزجاجي إلي الماء المالح الموجود في القاعدة فإنه يساعد علي تبخر جزيئاته وتكثيفها علي السطح الداخلي للزجاج لتتجمع قطرات الماء المتكاثفة في القنوات الجانبية للحوض لتصب في وعاء التجميع، ويبلغ متوسط كمية المياه المُحلاة 4لتر/يوم لكل متر مكعب من المُقطر الشمسي.

استخدام الطـاقة الشمسية في الزراعة

تعتبر الطاقة أحد المتطلبات الرئيسية للزراعة وتنمية المناطق الريفية، كما أن النباتات تستخدم ضوء الشمس وثاني أكسيد الكربون والماء لتحولها إلي طاقة تنمو بها، ويمكن لمصادر الطاقة المتجددة أن تحل بعض مشاكل المناطق الريفية مثل تحويل المخلفات الزراعية إلي غاز حيوي، إلي جانب استخدام الطاقة الشمسية في ضخ المياه، والصوب الزراعية وتجفيف المحاصيل وكذلك في طهي الأطعمة.



شكل (29): رسم تخطيطي لكيفية عمل الخلايا الشمسية



شكل (30): رسم تخطيطي للخلايا الشمسية

الخلايا الشمسية

يمكننا أيضا أن نحول ضوء الشمس مباشرة إلي كهرباء باستخدام الخلايا الشمسية والتي يطلق عليها أيضا الخلايا الفوتوفلطية "Photovoltaic Cells". تستخدم الخلايا الشمسية علي نطاق واسع في العديد من التطبيقات المتنوعة إبتداء من الآلات الحاسبة "Calculators" وانتهاء بمركبات الفضاء "Spacecrafts". وقد أُنتجت هذه الخلايا لأول مرة في عام 1950 حيث استخدمت في الأقمار الصناعية الأمريكية، وتُصنع الخلايا الشمسية من السليكون الذي يعتبر أحد أنواع الرمل المنصهر.

يعرض شكل رقم (29) رسم تخطيطي للخلايا الشمسية، فعندما تَنفُذ الأشعة الشمسية إلي الخلايا فإن الإليكترونات المبينة في شكل دوائر تنتقل إلي السطح (ذو اللون الغامق) فينشأ عن ذلك عدم اتزان بين السطح والجزء السفلي (ذو اللون الفاتح)، فإذا ما تم توصيل السطحين بواسطة موصل "Conductor" سلك مثلا، ينشأ تيار كهربي بين القطبين السالب والموجب.

تُصف الخلايا الشمسية مع بعضها البعض في شكل موديولات "Modules" والتي تجمع بدورها في شكل مصفوفات "Arrays" كما هو موضح بشكل رقم (30) ولضمان توجيه الخلايا بشكل دائم نحو ضوء الشمس طوال فترة النهار فإنها توضع علي أجهزة تتبع.

يمكن استخدام الخلايا الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربية بشكل مباشر سواء في المنازل أو في الأجهزة الموجودة في العمل أو تخزين الطاقة الشمسية في بطاريات لإضاءة اللوحات المرورية علي الطرق ليلا، أو تشغيل تليفونات الطوارئ علي الطرق السريعة. أيضا أنتجت بعض السيارات التجريبية التي تستخدم الخلايا الشمسية لتحويل ضوء الشمس مباشرة إلي طاقة يمكن من خلالها تسيير السيارات.

الطاقة الشمسية في مصر

تقع مصر في نطاق الحزام الشمسي الذي تتراوح شدة إشعاعه الشمسي المباشر بين 2000 ك.و.س./م2/سنة شمالا و 3200 ك.و.س./م2/سنة جنوبا، أما ساعات السطوع الشمسي فهي بين 9 ـ 11 ساعة يوميا. وكنتيجة لغني مصر بمصادر الطاقة المتجددة فقد تم في عام 1986 إنشاء هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة كإحدى الهيئات التابعة لوزارة الكهرباء والطاقة لتمثل نقطة ارتكاز في نشر استخدامات الطاقات المتجددة. وقد نفذت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة قاعدة بيانات لمصادر الطاقات المتجددة أُعتمد عليها في إصدار الأطلس الشمسي لمصر في عام 1991.

بعد الأطلس الشمسي توسعت وزارة الكهرباء والطاقة في نشر استخدامات الطاقة الشمسية الحرارية في مجال تسخين المياه للأغراض المنزلية، فبلغ عدد وحدات تسخين المياه في عام 1998 نحو 200 ألف وحدة، توفر سنويا حوالي 60 ألف طن بترول مكافئ، بالإضافة إلي تنفيذ عدة مشروعات للتسخين الشمسي الصناعي منها مشروع بشركة النصر للكيماويات الدوائية، ومشروع بالمجزر الآلي بالنزهة وتهدف هذه المشروعات إلي الاعتماد علي الطاقة الشمسية في تسخين المياه التي تحتاجها العمليات الصناعية مما يوفر استهلاكات الوقود الإحفوري ويقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. كما يجري الآن الإعداد لتنفيذ أول محطة شمسية حرارية بمنطقة الكريمات بقدرة إجمالية حوالي 150 ميجاوات يستخدم فيها تكنولوجيا القطع المكافئ لتعمل بالطاقة الشمسية نهارا وبالغاز الطبيعي ليلا وفي أوقات الغيوم.

أما الخلايا الشمسية فهي أحد أفضل تطبيقات الطاقة المتجددة في المناطق النائية ذات الأحمال الصغيرة المتناثرة، فضلا عن كونها لا تحتوي أي أجزاء دوارة قد تتعرض للتآكل. يصل إجمالي استخدامات الخلايا الشمسية في مصر إلي حوالي 3 ميجاوات، وذلك لأغراض الإنارة وضخ المياه والري والتبريد والإعلانات بالطرق الصحراوية.

الباب السابع: طاقة الريــاح

استخدمت طاقة الرياح منذ آلاف السنيين في دفع المراكب علي سطح الماء وفي طحن الحبوب والري وفي ضخ المياه إلي جانب بعض التطبيقات الميكانيكية الأخرى. وتشير المراجع العلمية والمخطوطات التاريخية إلي أن الفُرس هم أول من استخدم طاقة الرياح في إدارة الطواحين لطحن الحبوب وضخ المياه. منذ القرن الثاني عشر انتشرت طواحين الرياح "Wind Mills" في أوربا حتى وصل عددها في عام 1750 إلي أكثر من 8000 طاحونة في هولندا وأكثر من 10.000 طاحونة في إنجلترا، كان الغرض الرئيسي لعملها هو ضخ المياه من المناطق المنخفضة إلي مناطق الزراعات العالية أو إدارة أحجار الطحن "الرحى" لطحن حبوب القمح والذُرة وغيرها.

تتولد الرياح نتيجة لامتصاص أسطح الأرض والبحار والمحيطات لأشعة الشمس بنسب متفاوتة. فعند سقوط أشعة الشمس علي سطح ما يتأثر الغلاف الجوي ويسخن الهواء مما يؤدي إلي انخفاض كثافته، وهو عكس ما يحدث في المناطق التي ينخفض فيها مقدار الإشعاع الشمسي، وتبعا لذلك ينتقل الهواء من منطقة الضغط المرتفع، حيث يقل الإشعاع الشمسي، إلي منطقة الضغط المنخفض، حيث الإشعاع الشمسي الأكثر- وهو ما يؤدي إلي نشوء الرياح.

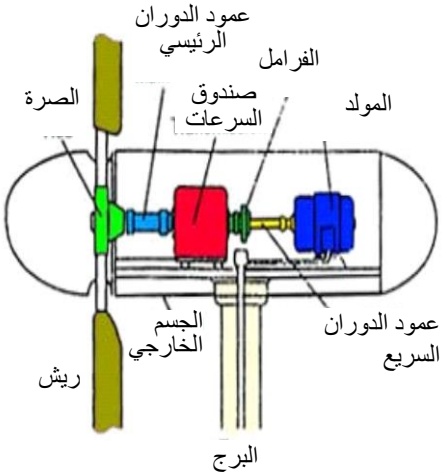
◄ "من المخطط أن يصل إجمالي قدرات طاقة الرياح في مصر إلي 7200 ميجاوات بحلول عام 2020."

تراجع الاعتماد علي طواحين الرياح بعد اختراع "جيمس وات James Watt"[10] للآلة البخارية في نهاية القرن الثامن عشر. ثم عاد الاهتمام بها كأحد مصادر الطاقة النظيفة بعد ارتفاع أسعار النفط وظهور مشاكل بيئية ناتجة عن حرق الوقود الإحفوري، ووصلت تكنولوجيا تصنيع توربينات الرياح في العشرين عاما الأخيرة مستوي عاليا من النضج ظهر في جودة وكفاءة التوربينات إلي جانب انخفاض تكلفة الإنتاج، وقد وجد أن طاقة الرياح تمتلك إمكانية توليد قدرات كبيرة من الطاقة من دون التعرض لمشاكل التلوث التي تُحدثها المصادر التقليدية.

[10] جيمس وات، مخترع اسكتلندي ولد عام 1736، اخترع في عام 1769 آلة بخارية مُطورة تدير مضخة لنزح المياه من مناجم الفحم في انجلترا، يعتبر جيمس وات رائد الثورة الصناعية، كما أنه أول من عَرّف القدرة بوحدة الحصان، مبينا أنها تكافئ الشغل اللازم لرفع ثقل مقداره ألف رطل ارتفاعا قدره 33 قدم في زمن مقداره دقيقة واحدة، وقد توفي جيمس وات في عام 1819.

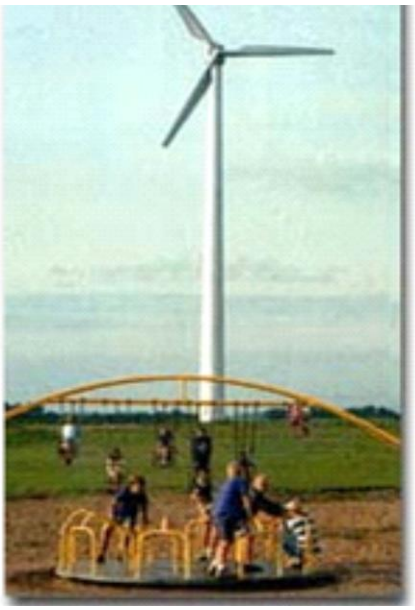
واليوم تستخدم طاقة الرياح في توليد الكهرباء، عن طريق تحويل طاقة الحركة الموجودة في الرياح إلي طاقة كهربية، وتُسمي الماكينات التي تعمل في توليد الكهرباء توربينات الرياح بخلاف تلك المستخدمة في طحن الحبوب والتي يطلق عليها طواحين الرياح.
تُثبت التوربينات علي أبراج تُصنع من الحديد المعالج يستطيع أن يتحمل مكونات التوربينة والتي يصل وزنها إلي قرابة الثلاثين طن، ويمكن أن تختلف ارتفاعات الأبراج لنفس طراز

شكل (31): توربينة رياح تستخدم في ضخ المياه



شكل (32): رسم تخطيطي لتوربينة رياح أفقية المحور

التوربينة مما يؤدي للحصول علي طاقة أكبر من التوربينات ذات الأبراج العالية، نظرا لزيادة سرعة الريح مع زيادة ارتفاع التوربينة ولكون الطاقة الناتجة من التوربينة تتناسب مع مكعب سرعة الرياح.



شكل (33): توربينة رياح تعمل بجوار أحد المدارس

ومن المتعارف عليه أن سرعة الرياح تتناسب طرديا مع الارتفاع، فكلما ارتفعنا عن سطح الأرض كلما زادت سرعة الرياح، ويستمر التغير في سرعة الريح مع الارتفاع حتى مستوي 2000 متر عن سطح البحر، بعدها لا يحدث تغير في سرعة الريح.

تتلخص فكرة إنتاج الطاقة الكهربية من توربينات الرياح علي النحو التالي، تعمل الطاقة الحركية للرياح علي إدارة الريش المثبتة علي التوربينة، وكما هو مبين بشكل رقم (32) نجد أن ريش التوربينة مثبتة علي صُرة "Hub" ترتكز علي عمود الدوارن الرئيسي الموصل بصندوق سرعات "Gearbox" يتولى رفع سرعة الدوران، ثم تنتقل الحركة إلي عمود الدوران السريع "High Speed Shaft" فيقطع

بدورانه مجال مغناطيس داخل مولد، مما يؤدي إلي توليد الكهرباء. وبالتالي يمكننا الاعتماد علي توربينة رياح صغيرة كتلك المبينة في شكل رقم (33) لإنارة منزل أو مدرسة. أما إذا ارتفعت سرعة الرياح فإن الفرامل "Brakes" تمنع الريش من الدوران مخافة أن يؤدي دورانها بسرعة عالية إلي تحطمها وتكسير الأجزاء الدّوارة، وتُعَرف السرعة العالية في التوربينة بأنها الأعلى من 25 متر/ثانية. ولضمان توجيه ريش التوربينات نحو اتجاه الريح، يوجد نظام توجيه خاص بالتوربينة يعمل علي توجيه التوربينة في اتجاه الرياح، وتوجد توربينات رياح تستخدم نظام توجيه واحد يمين و يسار.

تختلف قدرات التوربينات حسب تصميمها فمثلا توجد توربينة قدرة 300 كيلووات، ولتوضيح معني "قدرة التوربينة" فسوف نضرب المثال التالي، إذا أضأنا عشرة لمبات قدرة الواحدة 100 وات فإننا نحصل علي 1000 وات أي واحد كيلووات، وهو ما يعني أن التوربينة الـ300 كيلووات تكفي لإضاءة 3000لمبة قدرة الواحدة 100 كيلووات، وقد بلغت قدرات التوربينات في الوقت الراهن حوالي 5000 كيلووات إلا أن استخدامها مازال علي نطاق ضيق.

يطلق علي توربينات الرياح التي تعمل في مكان واحد اسم مزرعة رياح "Wind Farm"، وفي مصر يوجد العديد من هذه المزارع التي تختلف قدراتها وطرازاتها، وتعد منطقة الزعفرانة بالبحر الأحمر أحد أهم المناطق التي تضم العديد من مزارع الرياح والمتوقع أن تستوعب مزارع أخرى. ونظرا للتأثير المهم لسرعة الرياح علي الطاقة المتولدة فإن بعضا من هذه المزارع تقام داخل المياه ويطلق عليها المزارع البحرية "Off-Shore Wind Farm"، أما تلك التي تقام علي اليابسة فتسمي المزارع الشاطئية "On-Shore Wind Farm".

أنواع توربينات الرياح

تُصنف توربينات الرياح بالنسبة لمحور الدوران إلي نوعين هما توربينات أفقية المحور "Horizontal Axis Wind Turbines" وتوربينات رأسية المحور " Vertical Axis Wind Turbines". و التوربينات الأفقية المحور هي التي يكون محور دورانها موازيا لسطح الأرض ويمكن وضعها إما في مواجهة أو عكس اتجاه الريح، وتتميز التوربينات التي توضع في مواجهة الريح بأن الريح تؤثر فيها بشكل مباشر وهذا النوع من التوربينات هو الشائع الاستخدام، أما التوربينات رأسية المحور فهي التي يكون محور دورانها عمودي علي سطح الأرض، ويمكن استخدام كلا النوعين في توليد الكهرباء وإن كانت التوربينات الرأسية المحور غالبا ما تستخدم في الأغراض الميكانيكية مثل ضخ المياه.

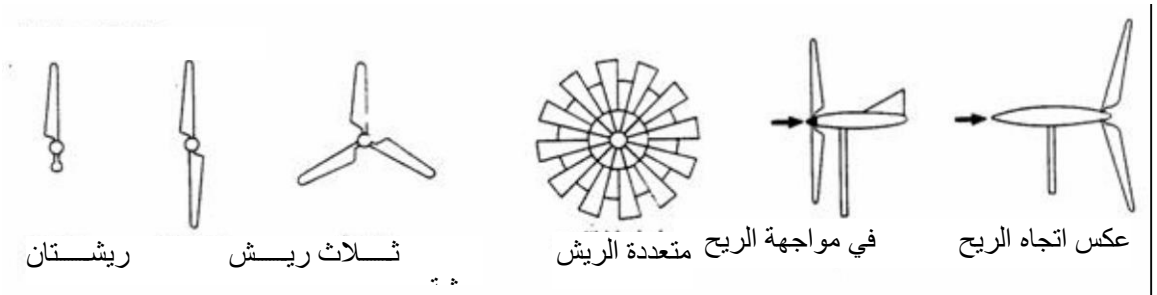
توربينات الرياح الأفقية المحور

تتكون توربينات الرياح الأفقية المحور من ثلاث ريش يمكن وضعها عكس اتجاه الريح أو في مواجهتها، علما بأن بدايات هذا النوع بدأت بالتوربينة ذات الريشة الواحدة ثم تطورت إلي التوربينات ذات الريشتين. ويرجع سبب استخدام الثلاث ريش إلي أن توزيع وتوازن الأحمال علي محور الدوران يكون أفضل من استخدام ريشة واحدة أو ريشتين. وحساب

الأحمال الواقعة علي محور الدوران له أهمية كبري حيث يبلغ وزن الريشة الواحدة قرابة الـ 2000 كيلوجرام (2 طن). أيضا تطورت قدرات التوربينات الأفقية المحور مع مرور الوقت، ففي مصر استخدمت توربينات ذات قدرات 100 و 300 كيلوات في المزارع التجريبية التي أنشأت بالغردقة، ثم تطور الأمر لتستخدم توربينات ذات قدرات 600 و 850 كيلوات بالزعفرانة.

توربينات الرياح الرأسية المحور

تتميز التوربينات الرأسية المحور بمحور رأسي للدوران وغالبا ما تستعمل هذه التوربينات في التطبيقات الميكانيكية مثل ضخ المياه، كما أن عدد الريش يزيد عن ثلاثة ريش، ويوضح شكل رقم (35) بعض أشكال هذا النوع من التوربينات. وتعتبر توربينة داريوس من أشهر أنواع التوربينات الرأسية المحور والتي تأخذ شكل مضرب البيض، وتنسب هذه التوربينة إلي المهندس الفرنسي "جورج داريوس George Darrieus" الذي استطاع أن يبتكرها في عام 1931. وتوجد أشكال أخرى للتوربينات الرأسية المحور منها ما هو علي شكل حرف "V" ومنها ما هو علي شكل حرف "H"، وأيضا توربينة سافونيوس التي ابتكرها المهندس



شكل (34): رسم توضيحي لتوربينات الرياح الأفقية المحور

الفنلندي "سيجوارد سافونيوس Siguard J. Savonius". ومما يميز هذا النوع من التوربينات أنها لا تحتاج إلي نظام توجيه في اتجاه الرياح، كما أن عمليات التشغيل والصيانة الخاصة

شكل (35): صور لبعض توربينات الرياح الرأسية المحور

بها تتميز بسهولتها مقارنة بالتوربينات الأفقية المحور.

الطـــاقة المنتجة من الرياح

يتأثر إنتاج توربينات الرياح تأثرا مباشرا بسرعة الرياح، حيث تتناسب الطاقة المنتجة مع مكعب السرعة، ولبيان هذه العلاقة نضرب المثال التالي، إذا كانت سرعة الرياح 5 متر/ثانية فإن الطاقة الناتجة تعادل –تقريبا- 125 وحدة طاقة، فإذا ارتفعت سرعة الرياح وأصبحت 6 متر/ثانية فإن الطاقة الناتجة تزيد إلي 216 وحدة طاقة. ويبين هذا المثال البسيط كيف أن ارتفاع سرعة الرياح بمقدار 1 متر/ثانية أدي إلي زيادة كبيرة في الطاقة المنتجة. أيضا تتأثر الطاقة المنتجة من التوربينات مع عوامل أخري منها كثافة الهواء، إلا أن التأثر المباشر يكون مع سرعة الرياح.

طـــاقة الرياح في مصـــر

تتميز مصر بالعديد من المناطق ذات سرعات الرياح العالية، ومن أهم هذه المناطق تلك الواقعة علي ساحل البحر الأحمر وخليج السويس مثل الزعفرانة وخليج الزيت. وبصفة عامة تكون سرعات الرياح في شهور الصيف أعلي منها في شهور الشتاء بمصر. ويصل المتوسط السنوي لسرعة الرياح بالزعفرانة حوالي 9 متر/ثانية وذلك علي ارتفاع 40 متر، في حين أنها تصل إلي 10.5 متر/ثانية في خليج الزيت عند نفس الارتفاع، ولكي تعمل التوربينة بكفاءة يجب أن يكون متوسط سرعة الرياح ما بين 12 و 14 متر/ثانية، وذلك حتى تدور التوربينة بسرعة تكفي لإنتاج كهرباء ذات تكلفة مقبولة، ومن المعروف أن ارتفاع أبراج التوربينات المنتجة للكهرباء تتراوح حاليا بين 50 و 100 متر.

في عام 1996 صدر أطلس رياح خليج السويس متضمنا بيانات تفصيلية عن سرعات واتجاهات الرياح خلال الفترة من 1991 حتى 1995، لعدد أربعة مواقع هي أبو الدرج، الزعفرانة، خليج الزيت والغردقة وكلها تقع علي ساحل البحر الأحمر. حيث تتميز هذه المناطق بسرعات رياح عالية مما شجع العديد من الجهات الدولية علي التعاون مع مصر لإنشاء مشروعات مزارع رياح لتوليد الكهرباء وربطها علي الشبكة. في مارس 2003 صدر أطلس رياح تفصيلي لخليج السويس بالتعاون مع معامل ريزو الدنمركية، وفي فبراير 2006 صدر أطلس رياح جمهورية مصر العربية، ومن الجدير بالذكر أن كل هذه الأطالس متاحة لمن يريد الحصول عليها، علما بأن ما تحتويه من بيانات ومعلومات يعد ذو أهمية كبيرة وبخاصة للباحثين العاملين في مجال طاقة الرياح.

توجد عدة مشروعات لطاقة الرياح في مصر منها، محطة توليد الكهرباء بطاقة الرياح قدرة 225 ميجاوات، ومشروع تجريبي لأنظمة مزدوجة رياح/ديزل بمحافظة مطروح، ومزرعة رياح قدرة 5.4 ميجاوات بالغردقة، وقد بلغت الطاقة المنتجة من محطات الرياح في نهاية عام 2004 نحو 368 جيجاوات ساعة، أما نسبة مشاركة الرياح من إجمالي القدرات المركبة فهي 0.8% . ومن المتوقع الوصول بإجمالي طاقة الرياح إلي 850 ميجاوات بعام 2010، لتمثل مشاركتها حوالي 3% من إجمالي القدرات المركبة في ذلك الوقت.

شكل (36): جانب من مزرعة الرياح بالزعفرانة

ومن الدول التي تعتمد علي طاقة الرياح بشكل كبير في توفير جانب من احتياجاتها الكهربية، ألمانيا وأسبانيا والدنمارك حيث بلغت القدرات المركبة في هذه الدول 16628، 8263، 3118 ميجاوات علي الترتيب وهو ما يجعل هذه الدول تتصدر الترتيب الأوربي والعالمي وينافسها في الترتيب العالمي الولايات المتحدة الأمريكية التي وصلت قدراتها المركبة من الرياح إلي 6752 ميجاوات، وذلك حسب الإحصاء المنتهي في يناير 2005.

الباب الثامن: الطاقة المائية

الماء من أعظم نعم الله عز وجل علي خلقه، فالماء ضروري للحياة ولا غني للإنسان والكائنات الأخرى عنه، قال تعالي "وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون"[11]، يُنزل الله الماء من السماء فتشرب الكائنات الحية وترتوي منه وينبت الزرع. والماء مركب كيميائي ناتج من اتحاد ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين، ومن أهم خواصه أنه عديم اللون والطعم والرائحة، ويتجمد عند درجة حرارة صفر مئوي ويغلي عند 100 درجة مئوية، وهو المركب الوحيد الذي يتواجد في الطبيعة في الحالة الصلبة والسائلة والغازية ويتحول من حالة لأخرى باكتساب أو فقد كمية من الطاقة الحرارية، ويُكُون الماء 71% من مساحة سطح الكرة الأرضية.

◄ "تبلغ نسبة مشاركة الطاقة المائية في مصر 15% من إجمالي مصادر الطاقة الكهربية"

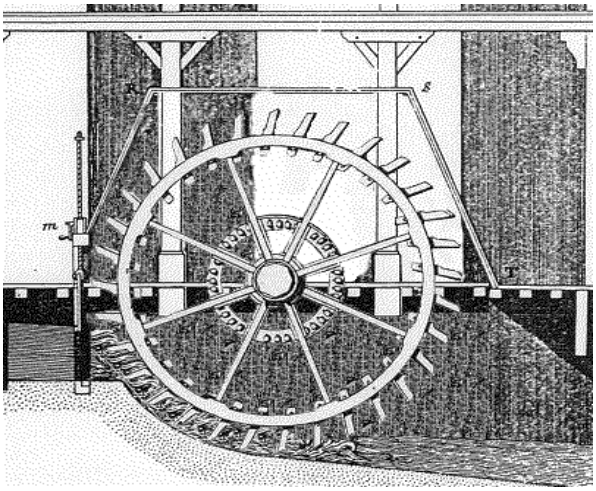
30.

تتجمع المياه في أعالي الجبال نتيجة للأمطار، ثم تنساب بعد ذلك إلي البحار والمحيطات وهو ما يجعل الجبال تعمل كمساقط للمياه وبالتالي نحصل منها علي شغل، وسبق أن بينا أن الطاقة هي القدرة علي بذل شغل، وحيث أن المياه المتساقطة أو المنحدرة من مكان مرتفع تحتوي علي طاقة حركة فإننا يمكن أن نحولها إلي كهرباء. فإذا كان مجري النهر ذو انحدار خفيف فإن الأمر يقتضي إنشاء سد يسمح بتخزين المياه، حيث تُنشأ محطات التوليد بالقرب من هذه السدود، كما هو الحال في مجري نهر النيل، حيث بُني السد العالي. أما في حالة أن يكون مجري النهر ذو انحدار كبير، فيمكن تحوير مجري النهر باتجاه أحد الوديان القريبة وعمل شلال صناعي، هذا بالإضافة إلي الشلالات الطبيعية والتي من أشهرها شلالات "نياجرا" بأمريكا، وشلالات "فيكتوريا" بإثيوبيا، وشلالات "أكواكو" بأمريكا الشمالية.

تتساقط المياه من ارتفاعات شاهقة تبلغ 120 متر في شلالات "فيكتوريا"، وتصل سرعة هبوطها إلي 1000 كيلومتر/ساعة، لتجرف الهواء في طريقها فيظهر الرزاز الذي يساعد بدوره علي ظهور قوس قزح فوق مناطق الشلالات. في مناطق الشلالات ترتفع درجة الحرارة والرطوبة وهو ما يسمح بنمو نوعيات خاصة من النباتات المائية والطحالب والزهور الملونة التي تُضفي علي المكان جمالا وسحرا.

قديما استخدمت مساقط المياه في تدوير الطواحين لطحن الحبوب مثل القمح والذرة، وتتكون هذه الطواحين من عجلات خشبية مسننة كتلك المبينة في شكل (38) توضع في مجري نهر ليقوم الماء المنساب بتدويرها، وقد أطلق علي هذه الطواحين اسم طواحين المياه " Water Mills".

شكل (37): صورة لشلالات نياجرا بأمريكا



شكل (38): رسم توضيحي لطاحونة مياه

في عام 1086 صدر في لندن كتاب بعنوان "Domesday Book" في عدة أجزاء وبخط اليد (حيث لم تكن المطبعة قد اخترعت بعد) يصور الكتاب الحياة في بريطانيا –في ذلك الوقت- من منازل وشوارع ومحلات وأنشطه مختلفة وغيرها من صور الحياة، ومن ضمن ما ذكره

الكتاب وجود 5642 طاحونة مياه في منطقة جنوب بريطانيا، أي بمعدل طاحونة لكل 400 شخص في ذلك الوقت.

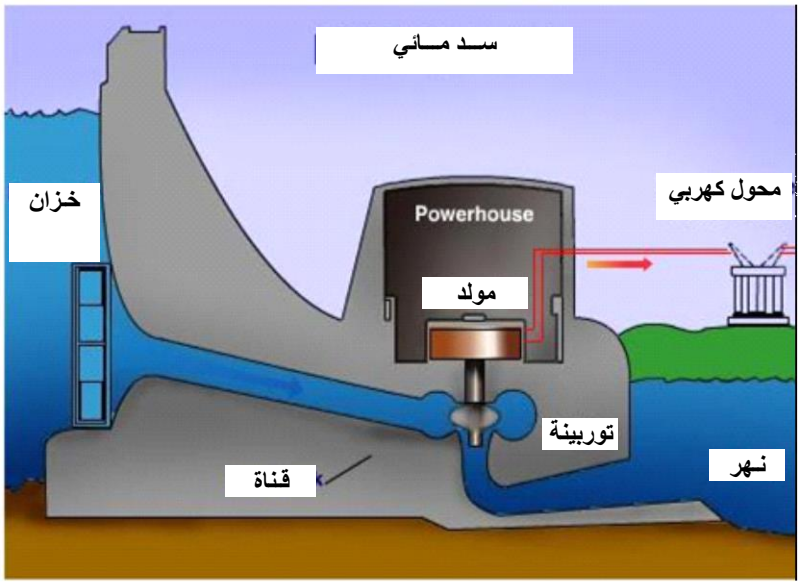
ذكرنا من قبل أننا نستطيع تحويل الطاقة الحركية إلي كهرباء، والطاقة المائية من أرخص وأنظف المصادر لتوليد الطاقة الكهربية، لذا فهي تستخدم حاليا في العديد من بلدان العالم التي يتوافر فيها مصادر لهذه الطاقة، ويبلغ مشاركة الطاقة المائية 20% من الإنتاج العالمي الكلي من الطاقة الكهربية، وشهدت تكنولوجيا توليد الكهرباء تطورا كبيرا تدرج من استخدام معدات بسيطة بدائية إلي استخدام توربينات ومولدات تصل سرعة دورانها إلي 1500 دورة في الدقيقة وينتج عنها طاقة كهربية بكفاءة تصل إلي 90%.

تقوم الأشعة الشمسية الساقطة علي المحيطات والبحار والتي تُمثل 75% من الإشعاع الشمسي الكلي الواصل إلي سطح الأرض بتبخير الماء مكونا السحب، وجزء كبير من هذه الكمية يسقط مرة أخرى علي شكل أمطار أو ثلوج فتسبب جريان الماء في الأنهار والجداول التي تصب بعد ذلك في المحيطات والبحار. وتتوقف كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها من المصدر المائي علي ظروف الموقع وكميات المطر التي تسقط عليه وكذلك منسوب الفيضان إن وجد وهو ما يعبر عنه باقتصاديات انتاج الطاقة.

وللطاقة المائية أهمية كبري في كثير من دول العالم، ففي الولايات المتحدة الأمريكية تُعد الطاقة المائية أحد أهم مصادر إنتاج الكهرباء، حيث تشارك بنسبة 10% من إجمالي مصادر إنتاج الكهرباء، يساعد علي ذلك وجود وانتشار العديد من الجبال الشاهقة والأنهار التي تجعل الماء مصدرا هاما للطاقة الكهربية، تمثل الطاقة المائية 80% في واشنطن من مصادر إنتاج الطاقة الكهربية في الولاية.

توليد الكهرباء بالطاقة المائية

يعتمد توليد الكهرباء باستخدام الطاقة المائية علي تجميع المياه في خزان خلف أحد السدود، بغرض دفع هذه المياه من خلال أنابيب في اتجاه ريش توربينة، مما يؤدي إلي دورانها وهذه التوربينات تشبه تلك المستخدمة في محطات القوي إلا أننا نستخدم الماء بدلا من البخار. من أهم مزايا الطاقة المائية عدم إنبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، إلا أن إنشاء المحطات المائية يسهم في تغيير أنماط المعيشة بالمناطق التي تقام بها، حيث يتسبب إنشاء السدود والخزانات في تهجير السكان من مناطق إقامتهم التي اعتادوها إلي مناطق أخري، أيضا تتغير طبيعة العمل بتلك المناطق من مناطق تعتمد علي الزراعة إلي مناطق تعتمد علي الصيد، بالإضافة إلي أن خزن المياه في خزانات ضخمة يؤدي إلي رفع نسبة التبخر في تلك المناطق مما يؤدي لارتفاع درجة الحرارة والرطوبة وبالتالي تغير طبيعة المناخ.



شكل (39): رسم تخطيطي لمحطة طاقة مائية

الطـاقة المـائية في مصـر

بـدأ عصـر إنتـاج الطاقـة الكهربية في مصـر من المصادر المائية في عام 1960 بعد توليد الكهرباء من خزان أسوان الذي تم إنشائه للتحكم في مياه الري، وفي عام 1967 بدأ تشغيل محطة توليد السد العالي التي تتكون من 12 توربينة قدرة الواحدة 75 ميجاوات ليصل إجمالي القدرة إلي 2100 ميجاوات. في عام 1985 تم تنفيذ محطة كهرباء خزان أسوان (2) بقدرة 550 ميجاوات وفي عام 1993 تم إنشاء محطة "إسنا" المائية بقدرة 90 ميجاوات. وقد بلغ إجمالي الكهرباء المنتجة من المحطات المائية 13019 جيجاوات ساعة في عام 2004، كما تصل نسبة مشاركة القدرات المركبة من الطاقة المائية 15% من إجمالي القدرات المركبة، وتتميز الطاقة المنتجة من المحطات المائية بعدم انبعاث ملوثات نتيجة تشغيل المحطات إلي جانب التكلفة المنخفضة للكهرباء المنتجة.

شكل (40): صورة للسد العالي بأسـوان

الباب التاسع : طاقة الكتلة الإحيائية

يقصد بالكتلة الإحيائية ما يتم تجميعه من مخلفات، مثل الأشجار الميتة، وفروع الأشجار، ومخلفات المحاصيل، وقطع الخشب، وغيرها من المخلفات الأخرى. يمكن الاستفادة من المخلفات من خلال إجراءات إعادة التدوير "Recycling" أو إعادة الاستخدام"Re-Use" وهو ما يمكن أن يؤدي إلي تقليل حجم المخلفات والقمامة. ويقصد بتدوير المخلفات هو إعادة استخدامها لإنتاج منتجات أخري أقل جودة من المنتج الأصلي، في حين يُقصد بإعادة الاستخدام، مثلا إعادة استخدام الزجاجات البلاستيكية للمياه المعدنية بعد تعقيمها.

◄ "قـدرت الطاقـة المنتجة من الكتلة الحيوية في مصر بنحو 3.6 مليون طن بترول مكافئ، وذلك في نهاية عام 2004".

هناك العديد من الأنماط المختلفة لوقود الكتلة الحيوية التي تتراوح من الحطب التقليدي المستخدم في الطهي بالمناطق الريفية والذي يتم حرقه بطريقة بعيدة كل البعد عن الكفاءة، إلي الأنماط الحديثة والمتطورة للغاية التي تنتج من الكتلة الحيوية المزروعة لهذا الغرض بالذات. ويمكن للمخلفات الزراعية مثل الروث "Manure" أن تستخدم كوقود حيوي، غير أنه بالمستطاع توليد الطاقة بالاعتماد علي عملية التخمر

"Ferment". وتستخدم الصين هذه التقنية منذ أكثر من 20 عام ويوجد بها نحو 10 ملايين جهاز لإنتاج الغاز الحيوي من النفايات الحيوانية.

يعرف التخمر في الكتلة الإحيائية بأنه تغير تُحدثه كائنات دقيقة في مركبات عضوية لتنتج مواد أبسط تركيبا من المواد الصلبة، ويمكن للإنسان أن يتحكم في هذا التغير ليحصل من

شكل (41): صورة لبعض أنواع من المخلفات

شكل (42): الغازات الناتجة من عمليات الاحتراق

الكتلة الحيوية علي مواد صلبه وسائلة نافعة وعلي غازات تستخدم كوقود، مثلما يحدث في تخمير النفايات البشرية والحيوانية للحصول علي الغاز الحيوي (غاز الميثان)، ومن ثم استخدام خطوط وشبكات من الأنابيب لتوزيعه علي مناطق الاستهلاك. مع إمكانية تنفيذ نفس الإجراء مع المخلفات الحيوانية الناتجه من الأبقار والجاموس والأغنام وأيضا من الطيور مثل الدجاج، إلا أن الميثان الناتج غالبا ما يستخدم داخل المزرعة وذلك لكون الإنتاج محدودا.

ومن أمثلة الوقود الحيوي محصول قصب السكر، حيث يمكن استخدام السكر أو تِفل القصب علي حد سواء في إنتاج الطاقة، والتِفل هو ما يتخلف من القصب بعد عصره (المُصَاصة)، وهو مفيد للغاية كوقود وعلف ومادة للبناء. وتستخدم مصانع تكرير السكر هذا التفل كمصدر للطاقة الحرارية خلال عملية إنتاج قصب السكر. وقد اشتهرت البرازيل بتحويلها جزء من منتجات السكر إلي كحول لاستخدامه كوقود للسيارات، وتوجد الآن نحو ستة ملايين سيارة تعمل بوقود يحتوي علي 25% من ذلك الكحول الذي يتميز بأنه يقلل من التلوث.
ويعتبر إنتاج كهرباء أو حرارة هو أحد أغراض عملية تدوير المخلفات من مكونات مختلفة، ومن أمثلة هذه المكونات الأشجار المتحللة، المنتجات الغذائية التالفة، حيث يتم خلطها مع بعضها البعض لتكوين كتلة إحيائية تستخدم في إنتاج الطاقة أو كسماد يساعد في نمو النباتات. في مصر يبلغ حجم المخلفات النباتية الجافة سنويا حوالي 20 مليون طن، وهو ما يمثل نسبة 45% من الكتلة الإحيائية، ويبلغ حجم أشجار الفاكهة الصالحة للتفحيم من 0.5 إلي 1.2 مليون طن/سنة. أما كاليفورنيا فهي تنتج من العظام الجافة قرابة الستون طن سنويا، يستخدم منها خمسة مليون طن في إنتاج الكهرباء، هذه المخلفات هي نواتج تجميع القمامة من

المناطق المختلفة ومن الغابات والمناطق الزراعية. وإذا تم استخدام الستون طن بالكامل لإنتاج الكهرباء فسوف يمكننا أن نحصل علي حوالي 2000 ميجاوات، وهو ما يكفي تقريبا لإنارة 2 مليون منزل صغير.

وفكرة عمل الكتلة الإحيائية بسيطة جدا، حيث يتم تجميع المخلفات ونقلها بواسطة الجرارات من المصانع والمزارع إلي محطة الكتلة الإحيائية، لتوضع في محارق بغرض إنتاج حرارة تكفي لتسخين المياه داخل الغلايات ومن ثم تحويله إلي بخار يوجه إلي توربينات.

يعتبر الاحتباس الحراري أحد مخاطر البيئة ويعرف بأنه الزيادة التدريجية في درجة حرارة أدنى طبقات الغلاف الجوي المحيط بالأرض؛ كنتيجة لزيادة انبعاثات الغازات منذ بداية الثورة الصناعية، وغازات الصوبة الخضراء والتي يتكون معظمها من بخار الماء، وثاني أكسيد الكربون، والميثان، وأكسيد النيتروز والأوزون هي غازات طبيعية تلعب دورًا مهمًا في تدفئة سطح الأرض. ومن مزايا استخدم الكتلة الإحيائية أنها لا تؤدي إلي زيادة في الاحتباس الحراري، حيث أن النباتات تمتص ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو وعندما يتم حرقها فإنها تخرج نفس القدر الذي تم امتصاصه، لذا فإن الاهتمام بزراعة النباتات يؤدي إلي غلق دورة الكربون وذلك من خلال امتصاص الكربون الناتج من عمليات الحرق، لذا تشترط العديد من الدول علي مالكي الغابات أن يقوموا بزراعة عدد من الأشجار يساوي عدد الأشجار التي يتم قطعها سنويا، وذلك للمحافظة علي الغطاء النباتي الأخضر وبالتالي عدم زيادة معدلات ثاني أكسيد الكربون في البيئة، حيث أن الكربون هو أحد العناصر التي تؤدي إلي ما يعرف بالاحتباس الحراري العالمي "Global Warming".

لذا فإن استخدام الكتلة الإحيائية في إنتاج الطاقة يعتبر استخدام صديق للبيئة "Environmentally Friendly"، وذلك لإمكانية إعادة تدويرها، وهي أيضا أحد مصادر الطاقة المتجددة "Renewable Energy" بسبب أن النباتات المكونة للكتلة الإحيائية يمكن أن تُستزرع وتنمو بشكل مستمر.

وفى الوقت الراهن، توجد العديد من الطرق المستخدمة للاستفادة من الكتلة الإحيائية في إنتاج العديد من المنتجات، مثل الإيثانول "Ethanol"، وهو وقود كحولي يمكن استخدامه في تسيير السيارات كبديل عن البنزين، وهو ما يؤدي –بالطبع- إلي تقليل اعتمادنا علي البترول.

طاقة الكتلة الإحيائية في مصر

وفرت هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة معامل حديثة تضم نماذج ومعدات لعدد من نظم طاقة الكتلة الإحيائية، بهدف عرض التقنيات المستخدمة وإجراء الدراسات والبحوث عليها مثل إنتاج البيوجاز والقولبة أو "كبس" المخلفات النباتية، إلي جانب أجهزة التحليلات الكيميائية والبيولوجية للعينات وقياس الخواص البيولوجية والحرارية للمواد العضوية، وتأهيل الخبرات اللازمة لتقديم الخدمات الاستشارية والدراسات والبحوث في هذا المجال.

وقد تم بالفعل إجراء عدة تجارب ناجحة في مجال تفحيم الأخشاب والمخلفات النباتية المضغوطة مثل قش الأرز، وإعادة تأهيل واستكمال وتشغيل وحدة بيوجاز بمزرعة وحدة الخدمات البستانية التابعة لوزارة الزراعة بمنطقة شرق العوينات.

قُدرت الطاقة المستخرجة من الكتلة الحيوية في مصر بنهاية عام 2004 بنحو 3.6 مليون طن بترول مكافئ، منها 2 مليون طن بترول مكافئ ناتجة من حرق مصاصة القصب لتوليد البخار في مصانع إنتاج السكر، وحوالي 1.1 مليون طن بترول مكافئ من المخلفات النباتية، ونحو 0.4 مليون طن بترول مكافئ من المخلفات الحيوانية تستخدم في أغراض الطهي بالقطاع المنزلي بالريف، وحوالي 183 ألف طن بترول مكافئ من حرق القمامة تستخدم في بعض أفران صناعة الأواني الفخارية.

وقد أنشأت في الريف المصري أكثر من 600 وحدة منزلية من مخمرات البيوجاز توفر سنويا حوالي 15.000 طن بترول مكافئ كل عام. كما توجد محطة لتوليد "البيوجاز" من مخلفات الصرف الصحي الصلبة، حيث يستخدم البيوجاز لتشغيل وحدة لتوليد الكهرباء بقدرة 18 ميجاوات، وذلك بمحطة الصرف الصحي بمنطقة الجبل الأصفر بالقاهرة.

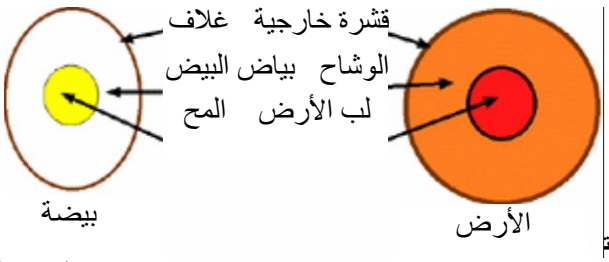
الباب العاشر : الطاقة الجوفية الحرارية

تعتبر الأرض خزانا ضخما للحرارة التي يُعتقد بأن لها مصدرين: الأول هو أن الأرض كانت كتلة غازية ساخنة جدا ومع مرور الزمن بردت قشرتها وتصلبت نتيجة تماسها المباشر مع الفضاء الخارجي، أما الجزء الداخلي فمازالت حرارته عالية جدا. والإحتمال الثاني هو أن حرارة الأرض هي الحرارة الناتجة من تحلل المواد المشعة الموجودة بمقادير صغيرة نتيجة لتحلل عناصر مثل اليورانيوم والبوتاسيوم وغيرها من المواد المشعة الموجودة بنسب متفاوتة في هذه الصخور.

يرجع تاريخ وجود الطاقة الجوفية الحرارية إلي زمن نشأة الأرض، حتى أن أسمها مشتق من كلمة "Geo" وتعني أرض، أما "Thermal" فتعني حرارة، وبالتالي فإن الترجمة الحرفية لكلمة "Geothermal" هي حرارة الأرض، والطاقة الحرارية المختزنة في الطبقات الصخرية مصدرها التحلل الطبيعي للعناصر المشعة في القشرة الأرضية والحرارة الكامنة في الصخور المنصهرة، ولتصور شكل الأرض وتكوينها، فسوف نستخدم بيضة مسلوقة ونقطعها إلي نصفين كما في شكل رقم (43).

فنجد أن صفار البيض (المح) "Yellow Yolk"، يمكن أن يمثل لب الأرض "Core"، في حين يمثل البياض وشاح الأرض "Mantle"، أما قشرة البيضة فتمثل قشرة الأرض "Crust"، يمثل لب الأرض سدس حجم الأرض وثلث كتلتها، ويصل قطره إلي 3468 كيلو متر، وتتراوح درجة حرارته بين 3000 و 5000 درجة مئوية، في حين يُكون وشاح الأرض أكثر من 80% من حجم القشرة الأرضية، ويصل سمكة إلي 2900 كيلو متر ويتكون من سليكات وأكاسيد الحديد والماغنسيوم. توجد تحت قشرة الأرض صخور ومعادن منصهرة تسمي ذوب صخري "Magma"، وهو ما يعني أن قشرة الأرض تعوم علي ذوب صخري، فإذا ما انكسر الذوب الصخري وخرج من سطح الأرض علي شكل بركان يسمي حمم "Lava".

◄ "كلما تعمقنا 100 متر في باطن الأرض، كلما ارتفعت درجة الحرارة بنحو ثلاث درجات مئوية".



شكل (43): شكل توضيحي لتكوين الكرة الأرضية

هذا وتزيد درجة الحرارة كلما تعمقنا في باطن الأرض، فإذا تعمقنا 100 متر نجد أن درجة الحرارة ترتفع حوالي 3 درجات مئوية وهو ما يعني أننا إذا تعمقنا في باطن الأرض حوالي ثلاثة آلاف متر فسنجد أن درجة الحرارة ستكون كافية لغلي الماء. مع زيادة العمق في باطن الأرض نجد أن الماء يصنع له مسارات قريبة من الصخور الساخنة وبالتالي ترتفع درجة حرارته ليغلي ثم يتحول إلي بخار تصل درجة حرارته إلي حوالي 148 درجة مئوية. عندما يصعد الماء الساخن في الشقوق الموجودة بباطن الأرض إلي سطحها يتكون ما يسمي ينبوع ساخن "Hot Spring" كما في شكل رقم (44)، ويتميز الينبوع بأن ماءه متجدد وفي حركة مستمرة لكنها هادئة، أما إذا خرج البخار والماء الساخن مندفعين فوق سطح الأرض فهو يسمي فوار ساخن "Geyser" كما في شكل رقم (45).

شكل (44): صورة لينبوع ساخن

شكل (45): صورة لفوار ساخن

استخدامات الطاقة الجوفية الحرارية

تشير الآثار القديمة والتي ترجع إلي آلاف السنوات إلي أن الهنود في أمريكا الشمالية كانوا يُعدون أطعمتهم حول الينابيع الساخنة أما في باقي أنحاء العالم فغالبا ما كانت هذه الينابيع تستخدم في عمليات الاستشفاء والاسترخاء. وفي مصر تستخدم المياه الدافئة الصادرة من الينابيع الساخنة في عمليات الاستشفاء كما هو الحال في حمام فرعون الذي يتكون من 15 عيناً تتدفق منها المياه الساخنة ليملأ البخار المتصاعد منها أنحاء المغارة المنحوتة في الجبل، وتبلغ درجة حرارة المياه ما بين 55-75 درجة مئوية. وقد أثبتت التحاليل العلمية إمكانية استخدام هذه المياه في شفاء العديد من أمراض الصدر والجلد وبعض أمراض العيون، ويوجد أيضا عيون موسي التي تقع على بعد نحو 60 كيلو متر جنوبي نفق الشهيد أحمد حمدي (أسفل قناة السويس) وتعرف هذه العيون -فضلا عن جمال الطبيعة حولها- بأن لها فوائد صحية عديدة حيث تعالج بعض الأمراض الجلدية والروماتيزم وتفيد أيضا الجهاز الهضمي. أيضا يمكن استخدام المياه الدافئة في تدفئة المنازل وذلك بضخها في شبكة من

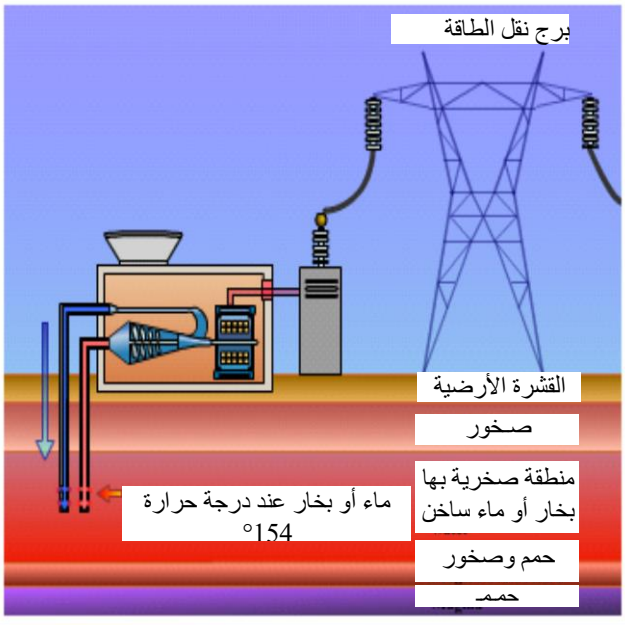
المواسير المعزولة والممتدة لعدة كيلومترات داخل المنازل والفنادق والمناطق الأخرى المراد تدفئتها، وتوجد العديد من المنازل في مناطق كثيرة بالعالم مثل جنوب "كاليفورنيا" و"سان برماردينو" تستخدم هذه الأنظمة في عمليات التدفئة.

إنتاج الطاقة الكهربية من الطاقة الجوفية الحرارية

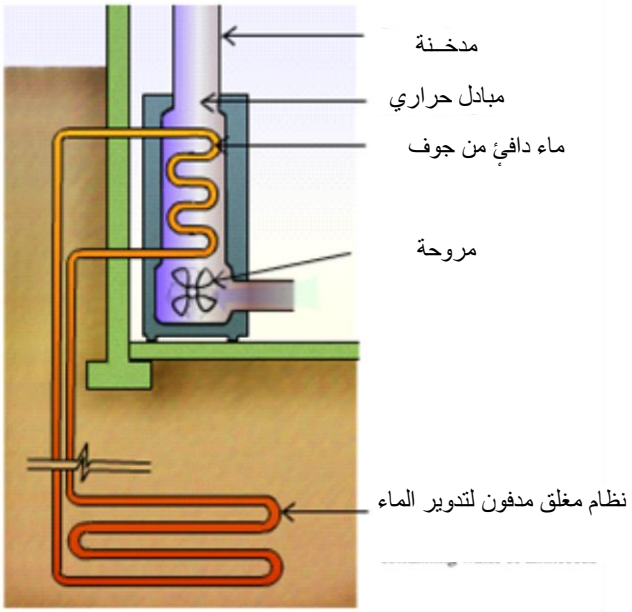
يمكن استخدام الماء الساخن أو البخار الصادر من باطن الأرض في توليد الكهرباء، وتُعد الولايات المتحدة الأمريكية أحد أشهر الدول التي تستخدم الطاقة الجوفية الحرارية، ففي كاليفورنيا وحدها توجد أربعة عشر منطقة تعتمد في إنتاج الكهرباء علي الطاقة الحرارية من باطن الأرض، هذا إلي جانب وجود مناطق أخري توجد بها ينابيع وفوارات ساخنة لم تستغل بعد.

تشبه محطات الطاقة الجوفية الحرارية المحطات التقليدية، عدا أنها لا تستخدم وقود في تسخين المياه بغرض تحويلها إلي بخار، فالبخار أو الماء الساخن الصادرين من باطن الأرض يوجهان نحو توربينة يدور بدورانها عمود مركزي يصل بين التوربينة والمولد، فيقطع بدورانه المجال المغناطيسي داخل المولد فتنشأ الكهرباء. يوضح الشكل رقم (46) رسم تخطيطي لأحد محطات الطاقة الجوفية الحرارية لإنتاج الكهرباء حيث يتم نقلها من المحطة عبر كابلات نقل القوي إلي مناطق الاستهلاك.

بالإضافة إلي إنتاج الكهرباء يمكن استخدام طاقة باطن الأرض في تشغيل مضخة حرارية "Heat Pump" اعتمادا علي فرق درجات الحرارة بين سطح وباطن الأرض، فدرجة الحرارة علي عمق ثلاثة أمتار من سطح الأرض غالبا ما تتراوح بين 10 و 16 درجة مئوية وهو ما يفسر كون الغرف الموجودة أسفل البنايات رطبة وذات درجة حرارة منخفضة، وفكرة استخدام المضخة الحرارية في تدفئة هذه الغرف شتاءً تتلخص في مد شبكة من المواسير المعزولة والمدفونة -أسفل هذه الغرف- تحتوي المياه الساخنة أو البخار الصادر من باطن الأرض لتصل إلي مضخة حرارية أو مبادل حراري "Heat Exchanger" يتولى نقل الحرارة إلي تلك الغرف، كما في الشكل رقم (47).



شكل (46): رسم توضيحي لمحطة لإنتاج الكهرباء من الطاقة الجوفية الحرارية



شكل (47): رسم توضيحي لنظام تدفئة يعتمد علي الطاقة الجوفية الحرارية

الباب الحادي عشر: الطاقة النووية

الطاقة النووية هي أحد أشكال الطاقة، وتختص باستخراج الطاقة الموجودة في نواة أحد العناصر، تزود الطاقة النووية دول العالم بأكثر من 16% من الطاقة الكهربية التي يحتاجها، فهي تلبي ما يقرب من 35% من احتياجات دول الإتحاد الأوربي، ففرنسا وحدها تحصل علي 77% من طاقتها الكهربية من المفاعلات النووية ومثلها ليتوانيا. أما اليابان فتحصل علي 30% من طاقتها الكهربية من المفاعلات النووية. ويوجد نوعان من المفاعلات، مفاعلات بحثية وأخري لتوليد الطاقة. تُستخدم المفاعلات البحثية لإجراء الأبحاث العلمية لأهداف طبية وصناعية، ويوجد علي مستوي العالم 284 مفاعل بحثي في 56 بلد. أما مفاعلات الطاقة فتُستخدم لإنتاج الطاقة الكهربية كما يمكن استخدامها لإنتاج الأسلحة في البلدان التي تمتلك برامج حرب نووية.

تُعّرف الطاقة النووية بأنها الطاقة التي تربط بين مكونات النواة أي (بروتونات أو نيترونات) وتنشأ الطاقة نتيجة تكسّر تلك الرابطة مما يؤدي للحصول علي طاقة حرارية هائلة.

◄ "تزود الطاقة النووية دول العالم بأكثر من 16% من احتياجات الطاقة الكهربية"

وقد بين "ألبرت أينشتين Albert Einstein"[12] أحد أشهر العلماء، أن المادة يمكن أن تتحول إلي طاقة، وأوضح أن هذا التحول يخضع للمعادلة التالية:-

---

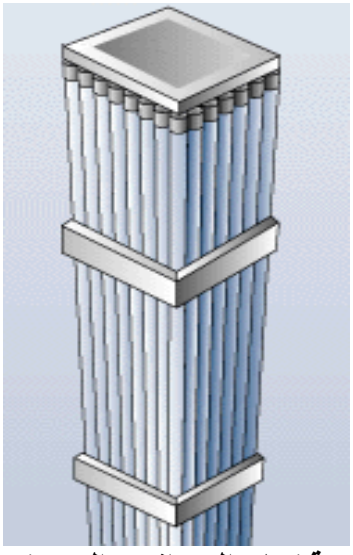
[12] شتين" في 14 مارس 1879 بألمانيا، تعلق في شبابه بعلوم الطبيعة والرياضيات كما تعلم الموسيقي
سان، سافر مع والدية إلي "ميلانو-إيطاليا" وهناك حاول الالتحاق بأحد المعاهد الدراسية لكنه رسب في
حاق عدا الرياضيات فسافر إلي "زيورخ –سويسرا"وأكمل دراسته، وبعد عناء شديد عمل في عام
براءات الاختراعات. وضع "أينشتين" في عام 1905 العديد من النظريات وكان ما زال يعمل بنفس

$$ط = ك \times ع^2$$

وتبين هذه المعادلة أن الطاقة (ط)، تساوي الكتلة (ك)، مضروبة في مربع سرعة الضوء (ع). وقد استخدم العلماء هذه المعادلة كمدخل لعلم الطاقة الذرية وأيضا لصنع القنابل الذرية. وقد ذكر اليونانيون في كتبهم أن الجزء الصغير من المادة يسمي ذرة لكنهم لم يذكروا شيئا عن طبيعتها أو مكوناتها.

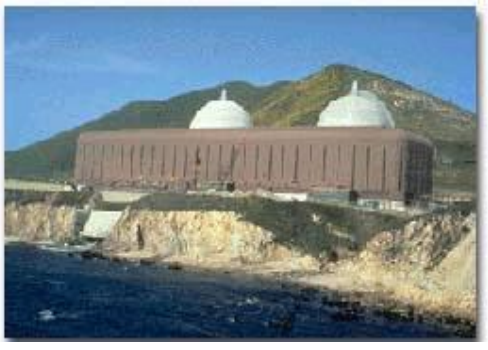
الانشطار النووي

نتيجة انشطار أنوية الذرات نحصل علي طاقة هائلة في شكل ضوء وحرارة، وأنوية الذرات المستخدمة حاليا في عمليات الإنشطار غالبا ما تكون من اليورانيوم، وقد ذكر "أينشتين" أن الجزء الصغير من المادة يحتوي علي قدر كبير من الطاقة، عندما تخرج هذه الطاقة ببطء يمكننا استخدامها في إنتاج الكهرباء، أما إذا خرجت دفعة واحدة فإنها تتسبب في انفجار هائل ومدمر يشبه إلي حد ما انفجار القنبلة الذرية.



شكل (48): قضبان اليورانيوم المستخدمة في تشغيل المفاعلات النووية

تستخدم المفاعلات النووية عنصر اليورانيوم كوقود وهو يستخرج من مناطق متعددة من العالم، وكمية الوقود المطلوبة لتوليد كمية من الطاقة الكهربية هي أقل بكثير من كمية الفحم أو البترول اللازمة لإنتاج نفس القدر من الطاقة. يحتاج اليورانيوم الخام قبل استخدامه إلي عمليات معالجة ثم تصنيعه في شكل كرات صغيرة "Pellets" ترص في شكل أعمدة يطلق عليها قضبان الوقود " Fuel Rods" وهي التي توضع في المفاعلات "Reactors" لتشغيلها كما في شكل رقم (48).



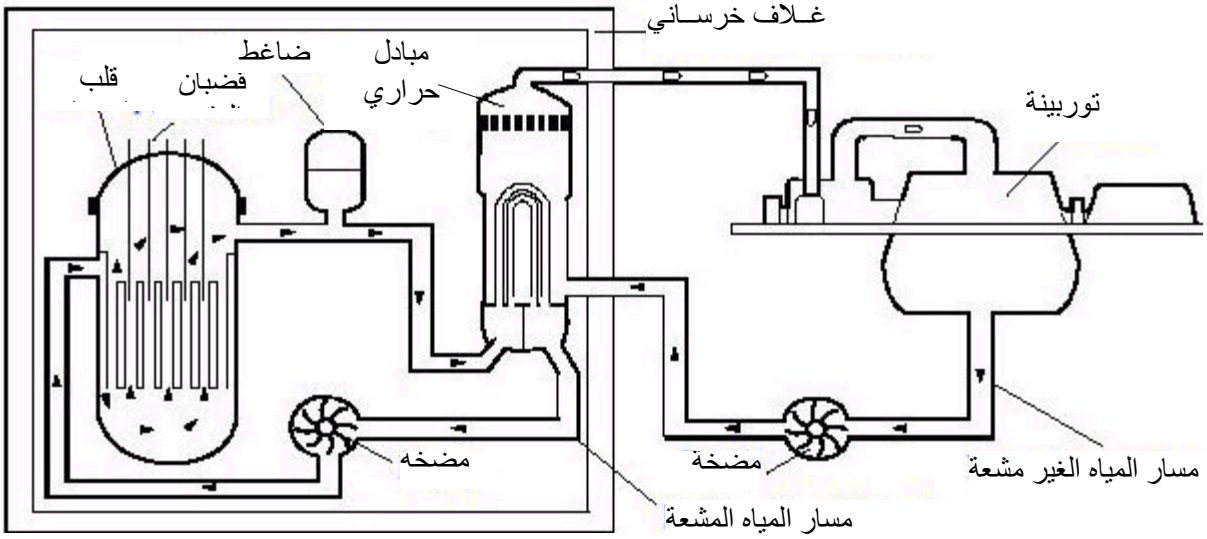
شكل (49): مفاعل نووي تظهر أعلاه القباب الخرسانية باللون الأبيض

وما يحدث داخل المفاعل هو انشطار ذرات اليورانيوم لتبدأ سلسلة من التفاعلات

المكتب، مما استرعي اهتمام علماء الفيزياء والرياضيات وطالبوا بتغيير وظيفته وتم تعيينه في عام 1909 رئيسا لقسم الفيزياء النظرية بجامعة "زيورخ"، وحصل في عام 1921 علي جائزة نوبل لاكتشافه قانون النظرية الكهروضوئية، إلي جانب وضعه العديد من الأسس العلمية لكثير من النظريات منها نظرية النسبية، نظرية ميكانيكا الكم، نظرية المجال الواحد، ومازال العلماء حتى الآن يقفون عاجزين عن تخيل كيف توصل "أينشتين" لهذه النظريات ولاسيما أن التجارب التي تجري حتى الآن تؤكد صحة نظرياته.

"Reactions"، ينتج عنها طاقة تحرر الجزيئات "Particles" كنتيجة لانشطار الذرة فتصطدم بذرات اليورانيوم الأخرى لتنشطر بدورها، وفي المفاعلات النووية تستخدم قضبان التحكم "Control Rods" للسيطرة علي عمليات الانشطار وتهدئتها، فهي تعمل كمهدئ "Moderator" حتى تتم التفاعلات ببطء، لأنها إذا تمت بسرعة فسوف تؤدي إلي انفجار ينتج عنه حرارة وإشعاع مدمرين.

ينتج عن التفاعلات مواد مشعة "Radioactive" تتسبب في إضرار البشر إذا أصابتهم، لذا فإن هذه المواد تحفظ في شكل صلب، بالإضافة إلي أن وجود قبة خرسانية تغطي المفاعل -كتلك الموضحة في شكل رقم (49)- تمنع تسرب هذه الإشعاعات خارج المفاعل وبالتالي تجنب آثارها الضارة. كما ينتج أيضا عن هذه التفاعلات المتسلسلة طاقة حرارية تستخدم في غلي الماء داخل المفاعل، لذا فبدلا من حرق الوقود لغلي الماء تعتمد المفاعلات النووية علي الطاقة الناجمة من انشطار الذرات في تنفيذ هذا الإجراء.



شكل (50): رسم تخطيطي لمفاعل نووي

ينقل الماء الساخن إلي مبادل حراري يقوم بتسخين مجموعة أخرى من الأنابيب المملؤة بالماء وتحويل الماء إلي بخار ثم تمريره إلي توربينة وبالتالي توليد الكهرباء، كما هو موضح بشكل رقم (50). والغرض من عمل المبادل الحراري هو عدم خلط الماء المُعرض للإشعاع مع الماء المستخدم في تشغيل التوربينات وذلك منعا لتسرب الإشعاع خارج المفاعل.

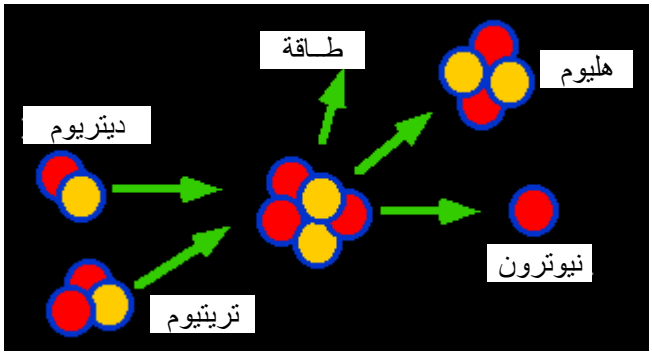
ومن الحوادث المتعلقة بالمفاعلات النووية حدوث تسرب إشعاعي جزئي في مفاعل "ثري مايل آيلاند" النووي قرب "بنسلفانيا-الولايات المتحدة الأمريكية" عام 1979، لفقدان السيطرة علي التفاعل الإنشطاري وهو ما أدي إلي تحرر كميات ضخمة من الإشعاع ولكن تمت السيطرة عليه داخل المبني وساعد وجود القبة الخرسانية علي ذلك فلم تحدث وفيات ولم يحدث تسرب للإشعاع، وهو عكس ما حدث عام 1986 في تشرنوبل بالإتحاد السوفيتي حيث

قتل حوالي 31 شخص وتعرض مئات الآلاف للإشعاع وهو ما يمكن أن يؤثر علي هؤلاء البشر وربما علي أبنائهم أيضا لعدة أجيال قادمة.

الاندماج النووي

يعتبر "الاندماج النووي" هو الشكل الآخر من صور الطاقة النووية، وكلمة اندماج تعني ربط النويات مع بعضها البعض لتكوين نواة أكبر، وطاقة الاندماج هي المسئولة عن تحول ذرات الهيدروجين إلي هليوم في الشمس، وهو ما ينتج عنه حرارة وضوء وإشعاعات أخرى.يعرض الشكل رقم (51) نوعين لذرات الهيدروجين، ديتريوم "Deuterium" و ترتيوم "Tritium" اتحدا مع بعضهما البعض ليعطيا ذرة هليوم وجزيء آخر يسمي نيوترون هذا بالإضافة إلي طاقة.

وفي الوقت الحالي يعكف العلماء علي أبحاثهم بُغية التحكم في عمليات الاندماج النووي، ويحاولون صنع مفاعل اندماجي لإنتاج الكهرباء، لكنهم مازالوا يواجهون مشاكل حول كيفية التحكم في عملية الاندماج التي تجري في حيز محدود. ومن مزايا الاندماج النووي أن المواد الإشعاعية الناتجة عنه تكون أقل من تلك الناتجة عن الانشطار النووي.



شكل (51): رسم تخطيطي لعمليات الاندماج

الباب الثاني عشر: طاقة المحيطـــات

في الوقت الراهن توجد بعض المحطات الصغيرة التي تعتمد في إنتاج الكهرباء علي طاقة المحيطات، وربما تمكن الإنسان في المستقبل من الاستفادة بشكل أكبر من الطاقة الكامنة في المحيطات وتسخيرها لخدمته وإمداده بالطاقة التي يحتاجها في منزله وعمله، ولكن السؤال الذي يطرح نفسه علينا هو كيف نستطيع الحصول علي الكهرباء من المحيطات؟.

توجد ثلاثة طرق رئيسية للحصول علي الكهرباء من طاقة أمواج المحيطات"Wave Energy"، فنحن نستطيع استخدام أمواج المحيطات، أو الطاقة الناتجة من المد والجزر "Tidal"، وكذلك نستطيع الاستفادة من فرق درجات الحرارة في المحيطات فيما يعرف بالاستفادة بالطاقة الحرارية للمحيطات، وسوف نلقي الضوء علي كل من هذه الطرق.

طاقة الأمـواج

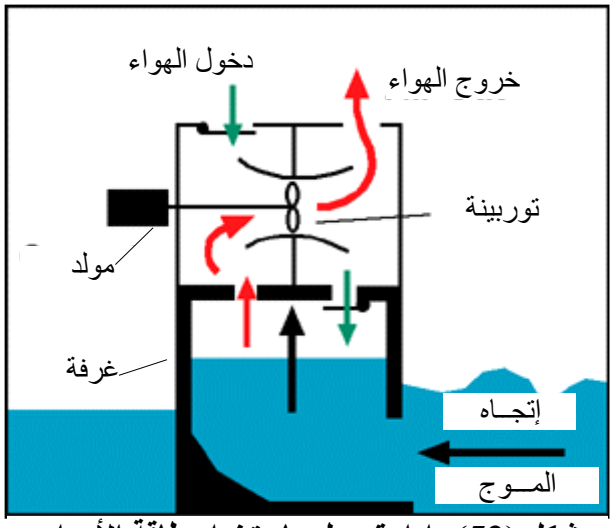
تحتوي الأمواج علي طاقة حركة يمكنها أن تدير توربينة، وفي المثال البسيط المبين في شكل رقم (52)، نجد أن الماء يرتفع داخل غرفة فيدفع الهواء الموجود بها إلي الخارج، ليدير أثناء خروجه توربينة تستطيع إدارة عمود يقطع بدورانه المجال المغناطيسي داخل مولد، فنحصل علي الكهرباء، أما عندما يهبط منسوب المياه فإن الهواء يدخل إلي الغرفة مرة أخرى ليملأها وهكذا دواليك، وهذه الفكرة هي أحد طرق الاستفادة من طاقة الأمواج، وتوجد طريقة أخرى تعتمد علي الاستفادة من الحركة الترددية للأمواج في تحريك مكبس "Piston" داخل اسطوانة "Cylinder"، وهذا المكبس يمكن أن يدير مولد.

ومن الجدير بالذكر أن معظم أنظمة طاقة الأمواج ذات قدرات صغيرة، لذا فهي غالبا ما تستخدم في إضاءة المنازل الصغيرة ولمبات التحذير علي الشواطئ.

◄ **"تقدر قدرة المد والجزر عالميا بنحو ثلاثة مليارات كيلو وات، إلا أنه لا يمكن الاستفادة من كل هذه القدرة الهائلة"**

طاقة المد والجزر

طاقة المد والجزر هي الشكل الثاني من طاقة المحيطات، وتعتمد فكرة الاستفادة منها علي حجز الماء الذي يأتي به المد نحو الشاطئ في خزانات خلف سدود "Dams"، وبالتالي يمكن الاستفادة من الماء في إنتاج الكهرباء كما في المحطات المائية.



شكل (52): إدارة مولد باستخدام طاقة الأمواج

كل ما يجب ان يتم لانتاج الطاقه، يكمن في اختلاف مستوي الماء بين البحر والخزان وتتجسد الخطوة الاولى بملئ الخزان وهو ما يتكفل به المد، بعدها يتم اغلاق ابواب الخزان ولا يتم فتحها الا عند انتهاء حالة الجزر. عند انسحاب الماء، يكون الخزان في اعلى مستوياته ويكون الفرق بين مستوى البحر والخزان كافيا ليشغل الماء مراوح المضخات والتي تعمل علي إدارة عمود داخل مولد فتنشأ الكهرباء التي يتم نقلها من خلال محولات خاصه تحملها الى مركز توزيع الطاقة الكهربائيه.

شكل (53): المـد والجـزر

تتوقف كمية الطاقة التي يتم توليدها على قوة المد والجزر، وعلى كمية المياه التي يتم تخزينها في الخزانات، وتعتمد بعض النظم علي تشغيل مضخات ترفع مستوى المياه في الخزانات الى ما هو اعلى من مستوى البحر - حين يكون ذلك ممكنا- وخصوصا عندما يقل الطلب على استهلاك الطاقة، وتحديدا في فترة الليل، ويتم تفريغ المياه بعد ذلك الى البحر حين يزداد الطلب على الكهرباء.

بفضل المد والجزر، يمكن انتاج كميات كبيرة من الكهرباء دون الاضرار بالبيئه. والحقيقة ان المد والجزر يدلنا على مصدر لا ينضب للطاقة، ينشأ المد والجزر عن الجاذبية التي يمارسها القمر على الارض. قوة الجاذبية هذه، تؤدي الى اندفاع مياه المحيطات نحو القمر والتي تظهر في شكل انسحاب قدر أكبر من المياه على سطح المحيط المواجه للقمر، مؤديا إلي ظهور منطقة من الجزر ايضا، نتيجة دوران الارض، يرتفع وينخفض مستوى البحر في اي بقعة من الكوكب مرتين في اليوم. وتقدر قدرة المد والجزر عالميا بنحو ثلاثة مليارات كيلووات، الا انه من الناحية العملية لا يمكن تسخير كل هذه القدرة الهائله.

تُستخدم طاقة المد والجزر منذ حوالي أحد عشر قرنا، حيث كانت السدود تبني بالقرب من المحيطات والأنهار بغرض استخدم المياه خلف السدود في إدارة طواحين المياه لتقوم بطحن الحبوب ولهذا انتشر بناء هذه المحطات في الخلجان، او عند مصبات الأنهار. وتوجد الآن في مناطق محدودة من العالم محطات تعتمد علي طاقة المد والجزر في إنتاج الكهرباء، وأكثر بلاد العالم شعورا بالمد والجزر هو الطرف الشمالي الغربي في فرنسا حيث يعمل مد وجزر المحيط الأطلسي علي سواحل شبة جزيرة "برنتانيا" إلي ثلاثين متر، وفي عام 1966 أنشأت هناك أكبر محطة لانتاج الطاقة باستخدام المد والجزر تبلغ قدرتها 240 ميجاوات وتقوم بتوفير الطاقة التي تحتاجها التجمعات السكانية القريبة منها ومازالت هذه المحطة تعمل حتى الآن، أما ثاني هذه المحطات ـمن حيث القدرة- فهي تلك المقامة في كندا وتبلغ قدرتها 17 ميجاوات.

الطاقة الحرارية للمحيطات

تعتبر فكرة الاستفادة من الطاقة الحرارية للمحيطات قديمة إلي حد ما، ففي عام 1881 قدم المهندس الفرنسي "جاك دي أرزونفال Jacques D'Arsonval"[13] فكرته التي تعتمد علي فرق درجات الحرارة، وملخص الفكرة هو أن درجة الحرارة علي سطح المحيط تكون أعلي منها في الأعماق وذلك نتيجة تعرضها لضوء الشمس، أي أن درجة الحرارة تنخفض كلما تعمقنا في المحيط لتصبح باردة جدا في القاع، ولهذا السبب يرتدي الغواصون بدل غطس من الجلد تساعدهم علي الاحتفاظ بدرجات حرارة أجسامهم.

واعتمادا علي فكرة أن المحيطات تعمل كمجمعات "Collectors" للطاقة الحرارية، فإن تحويل الطاقة الحرارية إلي كهرباء يعتمد علي فرق درجات الحرارة الذي يصل إلي نحو 20 درجة مئوية بين السطح الدافئ والقاع البارد، ويوجد في "هاواي"[14] بعض من هذه الوحدات التي يعتمد عليها في توفير بعض من الطاقة الكهربية للولاية.

[13] "جاك دي أرزونفال" فيزيائي فرنسي ولد في 8 يونيو 1851 ويعتبر أحد رواد العلاج بالكهرباء، ابتكر العديد من الأجهزة الهندسية والتي أسهمت في تأسيس علم الهندسة الكهربية، وقد توفي في 13 ديسمبر 1940 بفرنسا.

[14] "هاواي" هي ولاية أمريكية عبارة عن أرخبيل من الجزر في المحيط الهادي، يبلغ عدد سكانها حوالي 1.2 مليون نسمة، و "هونولولو" هي العاصمة وأكبر المدن، تتكون "هاواي" من 19 جزيرة رئيسية وهي آخر الولايات التي انضمت إلي الإتحاد الأمريكي.

= 700 كيس ورقي

إعادة استخدام 700 كيس ورقي يعادل الحفاظ علي شجرة متوسط عمرها 15 عاما

الباب الثالث عشر: ترشيد الطاقة

ذكرنا من قبل أن الطاقات المتجددة والتي تضم الطاقة الشمسية والرياح والطاقة الحرارية الجوفية والطاقة المائية تتجدد بانتظام، لكن توجد أشكال أخري من الطاقة نستخدمها في منازلنا وسياراتنا لا يمكن تعويضها أو تجديدها، فالوقود الإحفوري يحتاج إلي ملايين السنين ليتكون وليس من الممكن أن يستعاد ما استهلك منه خلال الليل كما هو الحال في بعض الطاقات المتجددة، وهذا القدر المحدود من مصادر الطاقة الغير متجددة يتلاشى بمجرد استخدامه ولا يمكن استرجاعه، وهو ما يجعل لكل منا دورا هاما تجاه توفير وترشيد هذه المصادر، وسوف نستعرض في الفقرات التالية بعض الإجراءات التي يمكن أن يتخذها كل منا سواء في المنزل أو المدرسة أو المواصلات.

ترشيد الطاقة في المنزل

يمثل استهلاك الطاقة بالمنازل جانبا كبيرا من الطاقة، ففي مصر يبلغ متوسط استهلاك المنازل 47% من إجمالي الطاقة الكهربية المنتجة والبالغ قدرها حوالي 95 مليار كيلووات ساعة في عام 2004، وفيما يلي بعض من الإرشادات التي يمكن أن تساعدنا في خفض استهلاكات الطاقة داخل المنازل.

- إغلاق الأجهزة الكهربية التي لا تحتاج لها، وعدم ترك الغرف مُضاءة.
- الاستخدام الأمثل للسخانات الكهربائية حيث أن استهلاكها من الطاقة يتراوح بين 1000 إلى 3000 وات ساعة.
- أعد استخدام الأكياس الورقية، فإن تصنيع 700 كيس ورقي يحتاج إلي شجرة يبلغ متوسط عمرها 15 عام.
- أعد استخدام أوراقك القديمة، فربما كان فيها أوراق بيضاء يمكنك الكتابة أو الطباعة عليها مرة أخرى.
- لا تروي النباتات والأزهار المنزلية أثناء النهار، وذلك منعا لتبخر جزء من مياه الري نتيجة سطوع الشمس وبالتالي عدم إستفادة النبات منها.

◄ **"إن إعادة استخدام 700 كيس ورقي يعادل الحفاظ علي شجرة يبلغ متوسط عمرها 15 عام "**

ترشيد الطاقة في الإضاءة

تعتبر المصابيح من أكثر الأجهزة الكهربائية انتشارا حيث تستخدم بكميات كبيرة فى القطاعين السكني والتجاري، كما أن بعض المباني تبلغ نسبة استهلاك الإنارة فيها أكثر من 30 % من إجمالي الطاقة الكهربية المستهلكة، ومن أنواع مصابيح الإضاءة الأكثر انتشارا، مصابيح التنجستن، ومصابيح الفلوريسنت، والمصابيح المُرشِدة للطاقة، وفيما يلي بعض الإرشادات التي يمكننا إتباعها لترشيد استهلاك الطاقة في مجال الإضاءة : -

- الاعتماد علي ضوء الشمس أثناء النهار بدلا من المصابيح الكهربية.
- إطفاء أنوار الغرف الخالية من الأفراد.
- إذا وجدت مصباح غالبا ما ينسي أفراد الأسرة إطفاءه أحضر شريطا لاصقا واكتب عليه "لا تنسي إطفاء الأنوار" ثم ضعه إلي جوار المفتاح.
- استخدام مصابيح الفلوريسنت أو المصابيح المُرشِدة للطاقة إذ أنها تستهلك طاقة كهربائية أقل وتعطي شدة إضاءة تصل إلي حوالي أربعة أضعاف مصابيح التنجستن، وهو ما يعني أن مصابيح الفلورسنت توفر 75% من الطاقة التي تستهلكها مصابيح التنجستين، كما أن عمرها الافتراضي يمتد لسنوات.
- استخدام العاكس الضوئي والدهانات الفاتحة للجدران الداخلية للمبنى لأن هذا يساعد علي انعكاس الضوء والحصول على إضاءة جيدة بأقل عدد من المصابيح.

شكل (55): احد أنواع اللمبات المُرشدة للطاقة

ترشيد الطاقة في المدرسة

- يمكن تعيين طالب –لمدة أسبوع وبشكل دوري مع باقي الطلاب- للعمل كمشرف طاقة "Energy Monitor"، حيث يتولى مراجعة مستوي الإضاءة وإطفاء الأنوار في الفصول الخالية من الطلاب، وكذلك قراءة عدادات الطاقة ومقارنتها بالقراءات السابقة وتحديد أسباب تغير مستوي الاستهلاك.
- الاعتماد علي ضوء الشمس في الإضاءة.
- استخدام الطابعات التي تستطيع طباعة أكثر من ورقة علي وجهي الورقة.

ترشيد الطاقة في دورات المياه

أثبتت الدراسات أن حوالي 75% من المياه التي نستخدمها في منازلنا نستهلكها في دورات المياه، وهو ما يعني الحاجة إلي استخدام وسائل أفضل تحقق مزيدا من كفاءة الاستخدام، وبالتالي فإننا مطالبون بالاقتصاد في استهلاك المياه لأن إهدار المياه يعني إهدار الكهرباء، وفيما يلي بعض الإجراءات التي يمكن أن تساعدنا في تقليل استهلاك المياه:-

- استخدام الغسالات الآلية في غسل الأطباق يوفر 37% من المياه عن غسلها يدويا.

- تأكد من عدم وجود تسرب في توصيلات المياه وخاصة الساخنة إذ أن التسرب يتسبب أيضا في استمرار عمل السخان.
- ينصح باستخدام سخانات الماء التي تعمل بالطاقة الشمسية إذ أن استهلاكها للكهرباء يكون أقل.
- العمل على فصل الكهرباء عن السخان وعدم تشغيله صيفا إلا عند الحاجة.

ترشيد الطاقة في المواصلات

- حاول أن تمشي علي قدميك وخاصة في المسافات المتوسطة والقصيرة بدلا من استخدام السيارة.
- استخدم المواصلات العامة بقدر الإمكان.
- تعرف علي خطوط المواصلات العامة التي يمكن أن توصلك إلي مدرستك أو عملك في أقصر وقت.

الباب الرابع عشر: مستقبل مصادر الطاقة

أصبح من الواضح لنا أننا نستخدم وقودا تشكل علي مدار 65 مليون عام مضت، وبالتالي فهو غير متجدد ولا يمكن تصنيعه مرة أخري، وعرفنا كيف يمكن أن نحافظ عليه بترشيد استهلاكنا مع إيجاد بدائل له تتمثل في الطاقات المتجددة.

ويعد غاز الهيدروجين أحد هذه البدائل، ومن خواصه أن ليس له لون أو رائحة ويمثل 75% من كتلة الكون، ويوجد الهيدروجين علي سطح الأرض متحدا مع عناصر أخري مثل الأكسجين والكربون والنيتروجين، وهو ما يعني ضرورة فصله عن هذه العناصر حتى نستطيع استخدامه.

ويمكن إنتاج الهيدروجين من جزيئات الهيدروكربون "Hydrocarbon" بالتسخين ويعرف هذا الإجراء باسم إعادة تكوين الهيدروجين " Hydrogen Reforming"، وهو إجراء عادة ما يتم لإنتاج الهيدروجين من الغاز الطبيعي، أيضا يستخدم التيار الكهربي في فصل الماء إلي مكوناته الأصلية –الهيدروجين والماء- في عملية تعرف بالتحليل الكهربي "Electrolysis". كما أن بعض الطحالب والبكتريا التي تستخدم ضوء الشمس كمصدر يمدها بالطاقة تستطيع أن تنتج الهيدروجين عند شروط معينة.

"يري العلماء أن الهيدروجين سوف يمثل الركيزة الأساسية للمجتمعات في المستقبل كبديل للوقود الإحفوري"

نجح العلماء بالولايات المتحدة من ابتكار جهاز يقوم بفصل الهيدروجين من الماء وتحويله إلى طاقة كهربية في نفس الوقت، حيث يستخدم الهيدروجين الناتج في شحن خلية وقود - وعادة ما يُطلق عليها البطارية الهيدروجينية - فعند عملها يرتبط الهيدروجين بأكسجين الجو فينتج طاقة كهربية وماء، وهو بذلك لا ينتج أي ملوثات بيئية أو غازات سامة، إلا أن الجهاز ما زال غير اقتصادي التكلفة.

في الوقت الراهن، يستخدم الهيدروجين في تصنيع الأمونيا وفي تكرير البترول بغرض استخلاص الميثانول، كما يستخدم في وكالة ناسا[15] "NASA" لأبحاث الفضاء كوقود لسفن الفضاء وأيضا في خلايا الوقود

[1] بدء العمل الرسمي في وكالة ناسا الأمريكية لأبحاث الفضاء، والتي تهتم بعلوم الفضاء الخارجي، وعلوم الصيران. وقد امتد نشاطها ليشمل إرسال رحلات لاستكشاف الفضاء الخارجي وأيضا إلي القمر، ولعل رحلة "أبوللو" عام 1969 أشهر هذه الرحلات حيث استطاع فيها الملاح "نيل أرمسترونج" أن يهبط بمركبة الفضاء علي سطح القمر ثم الخروج من المركبة والتجول علي سطحه ليصبح أول إنسان يضع قدمه عليه، ثم توالت الرحلات بعد ذلك حتى يومنا هذا.

"Fuel Cells" للحصول علي الحرارة والكهرباء والمياه لرواد الفضاء "Astronauts". وخلايا الوقود عبارة عن وحدات تقوم بتحويل الهيدروجين مباشرة إلي كهرباء، وربما استخدم الهيدروجين في المستقبل لتسيير العربات كبديل عن البنزين والسولار، وكذلك الطائرات وفي إمداد منازلنا بالطاقة، فالهيدروجين يحتوي علي طاقة عالية، كما أن الماكينات التي تقوم بحرقه لا يصدر عنها أية ملوثات "Zero Pollution".

شكل (56): دورة الهيدروجين في تشغيل السيارات

استخدامات خلايا الوقود

تعتبر خلايا الوقود تكنولوجيا واعدة للعمل كمصدر للحرارة والكهرباء في المباني وبالسيارات. لذا تعمل شركات تصنيع السيارات علي تصنيع وسائل نقل تعمل بخلايا الوقود. في خلايا الوقود يوجد جهاز كهروكيميائي "Electrochemical" يفصل الهيدروجين والأكسجين لإنتاج كهرباء يمكنها إدارة موتور كهربي يتولى تسيير العربة. إلا أن استخدام الهيدروجين سوف يؤدي إلي استهلاك قدر كبير من الطاقة اللازمة لبناء بنية تحتية "Infrastructure" في إنشاء محطات التزود به وغيرها من التجهيزات الضرورية لهذه المحطات.

ربما استطاع الهيدروجين في المستقبل أن يلحق بالكهرباء بكونه حامل للطاقة " Energy Carrier"، ووظيفة حامل الطاقة هي اختزان وحمل الطاقة إلي المستهلكين في شكل بسيط يمكنهم معه استخدام الطاقة بسهولة. فالهيدروجين يستطيع اختزان الطاقة حتى وقت الحاجة إليها مع إمكانية حملها إلي المكان المطلوب استخدامها فيه.

ويري بعض الخبراء أن الهيدروجين سوف يمثل ركيزة للمجتمعات في المستقبل ليحل محل الغاز الطبيعي، والبترول والفحم والكهرباء. فهم يرون أن اقتصاديات الهيدروجين الجديدة سوف تحل محل اقتصاديات الوقود الإحفوري، علي الرغم من أن وجهة النظر هذه لن تتحقق في المستقبل القريب.

المحطات الشمسية علي الأقمار الصناعية

أحد الاقتراحات المستقبلية للطاقة هو وضع قمر صناعي يحمل محطة شمسية ضخمة يدور بها حول الأرض، حيث يقوم بتجميع الطاقة الشمسية وتحويلها إلي كهرباء ثم توجيهها نحو الأرض في شكل موجات متناهية الصغر "Microwaves" أو أي شكل آخر من أشكال نقل الطاقة. ومن مزايا هذه الفكرة أن الطاقة المنتجة لن يكون لها تأثيرات علي الاحتباس الحراري لكن الجانب الغير مرغوب هو أن الموجات المتناهية الصغر ربما تؤثر علي صحة

الإنسان، و هذه الفكرة ربما لا تعتبر عملية في الوقت الراهن وربما لقرن قادم، ولكن من يدري؟.

الخـــاتمة

ناقشنا فيما سبق إمدادات العالم من الوقود الإحفوري (بترول، فحم، وغاز طبيعـي) وكيـف أنـه يتنـاقص كنتيجـة للاسـتخدام المسـتمر، والوقـود الإحفوري غير متجدد وبالتالي فليس من الممكن إسترجاعه مرة أخري.

كمـا عرفنـا –أيضـا- أن الطاقـة المتجـددة مثـل الشـمس والريـاح والميـاه والمخلفـات وكـذلك بقايـا الأشـجار الميتـة وفـروع الأشـجار إلـي جانـب المخلفات الحيوانية ومخلفات الطيور والتي تسمي كتلة إحيائية يمكنها إنتاج الكهرباء والحرارة والوقود والكيماويات ذات القيمة مع تأثيرات طفيفة علي البيئة.

علي النقيض، فالإنبعاثات الناتجة من حرق الوقود الإحفوري مثل البنزين سواء في السيارات أو المصانع أو المرافق التي تحرق زيت البترول تؤثر علي الغلاف الجوي، فالهواء الملوث هو نتيجة لما نسميه غازات الصوبة الزجاجية "Greenhouse Gases".

فعلى الصعيد العالمي يستهلك النقل البري وحدة 82% من منتجات مشتقه من البترول. ومنذ أوائل السبعينات تم إجراء دراسات علي بدائل للبترول للاستخدام كوقود للمحركات وينصب الاهتمام الآن على أنواع الوقود الكحولي (الإيثانول والميثانول) والغاز الطبيعي وعلى الكهرباء وإن يكن بدرجة اقل. أيضا يولد قطاع النقل على مستوى العالم حوالي 60% من انبعاثات أول أكسيد الكربون و42% من أكاسيد النيتروجين و40% من المواد الهيدروكربونية، كما أن الضوضاء الصادرة عن النقل - لاسيما من المركبات البرية - هي الأكثر تأثيرا بين مصادر الضوضاء الأخرى.

◄ "علينا أن نبحث في مصادر جديدة للطاقـــــة ذات اعتماديــة كبيــرة وتأثيرات أقل علي البيئة "

من جانب آخر يؤدي تطوير مصادر الطاقة المتجددة إلي خلق فرص عمل جديدة مع تقليل الاعتماد علي البترول،كما أن الأبحاث المستمرة جعلت منها مصدرا للطاقة أفضل مما كانت عليه منذ 25 عام مضت، فقد انخفضت تكلفة الإنتاج لطاقة الرياح من 40 سنت دولار/كيلووات ساعة إلي أقل من 5 سنت دولار/ كيلووات ساعة، وفي الخلايا الشمسية من 100سنت دولار/كيلووات ساعة في عام 1980 إلي حوالي 15سنت دولار/كيلووات ساعة في الوقت الراهن.

شكـل (58): وســائل النقل واستهلاكات الطــاقة

أيضا توجد تأثيرات محدودة علي البيئة نتيجة استخدام الطاقات المتجددة، فعلي سبيل المثال الحصول علي الطاقة الشمسية الحرارية يتم من خلال تجميع الأشعة الشمسية بواسطة مجمعات (غالبا ما تكون مرايا ضخمة) تحتاج إلي مساحات كبيرة من الأرض، وهو ما يؤثر بدورة علي البيئة متمثلا في تأثر الحياة الطبيعية (نباتات وحيوانات) الموجودة في هذه الأماكن، مع العلم بأن البيئة تتأثر بوجود المباني والطرق وخطوط نقل الطاقة والمحولات، كما أن المائع "Fluid" المستخدم في المحطات الشمسية المصممة لإنتاج الطاقة يكون ساما "Toxic" وهو ما يمثل خطرا في استخدامه.

كذلك تستخدم الخلايا الشمسية تكنولوجيات تستخدم كيماويات سامة كتلك التي تدخل في صناعة رقائق السليكون "Silicon Chips" اللازمة للحاسبات الآلية، وصناعة البطاريات المستخدمة في تخزين الطاقة الشمسية والتي تعمل أثناء الليل وفي أوقات الغيوم، وبالتالي فإن تصنيع هذه المواد يؤثر علي البيئة.

أيضا لطاقة الرياح آثارها السلبية التي تتمثل في استخدام مساحات كبيرة من الأرض، ففي المتوسط يحتاج كل 1 ميجاوات من طاقة الرياح إلي حوالي 6 كيلومتر مربع لإنشائه، وإن كانت هذه المساحة من الأرض يمكن استخدامها في زراعة نباتات وحشائش أو كمراعي للأغنام وهو ما لا يصلح مع أراضي محطات الطاقة الشمسية. أيضا تتأثر الطيور بإنشاء مزارع الرياح وذلك بسبب اصطدامها بريش التوربينات وخاصة ما إذا كانت هذه المزارع تقع في مسارات الهجرة الموسمية للطيور، وتراعي هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة إنشاء مزارع الرياح بعيدا عن مسارات هجرة الطيور، كما أعدت الهيئة دراسة عن هجرة الطيور إلي وعبر مصر.

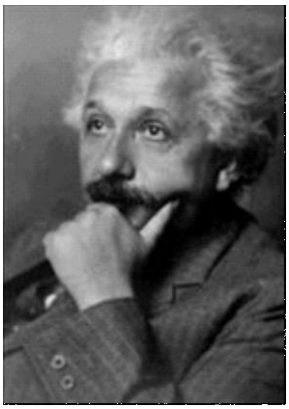
أما بالنسبة للطاقة الجوفية الحرارية فنجد أن البخار الصادر من باطن الأرض ذو تأثير كاو وهو ما يؤدي إلي تآكل الأنابيب المستخدمة في نقلة إلي مناطق الاستخدام، كما أن تكلفة الإنتاج لمحطات الطاقة الجوفية الحرارية غالبا ما تكون أعلي من المحطات التقليدية.

إن إنشاء محطات الطاقة المائية لإنتاج الكهرباء يؤثر علي الطبيعة في أماكن إنشائها، فإنشاء السدود والخزانات يؤدي إلي هجرة السكان إلي مكان آخر، كما أن السدود تُغير من التركيب الكيمائي والخصائص الفيزيائية والبيولوجية للأنهار والأرض.

إذا فالوقود الإحفوري غير مستحب لتأثيراته الضارة علي الغلاف الجوي وظاهرة الاحتباس الحراري، والتلوث، وغازات الصوبة، والطاقة المتجددة ذات تأثيرات أقل علي البيئة، كما أن استخدامها يؤدي إلي إيجاد العديد من فرص العمل وتقليل الاعتماد علي البترول.

وخلاصة القول هو أننا أصبحنا الآن متأكدين أننا نواجه في المستقبل مأزقا حقيقيا في الطاقة، وهو ما يدعونا جميعا إلي استخدام الطاقة بحكمة. فصار من الضروري أن نرشد ونرفع كفاءة استخدامنا لها، أيضا يتوقف الأمر علي الباحثين في مجال الطاقات المتجددة، ومتي يمكن أن يقدموها بصورة تؤدي إلي الاعتماد عليها –بشكل أكبر- في المستقبل.

لكننا سوف نستمر في استخدام الوقود الإحفوري وبعض أنواع الطاقات المتجددة إلي أن توجد بدائل يمكن أن نستخدمها بشكل أكثر فعالية ونسبة اعتمادية أكبر وتأثيرات أقل علي البيئة، وإلي أن يأتي هذا اليوم فإن واحدا منكم –أنتم أيها القراء- ربما يكون ألبرت أينشتين آخر أو ماري كوري[16] "Marie Currie" أخرى ويستطيع أن يجد مصدرا جديدا للطاقة، وحتى



شكل (59): ألبرت أينشتين

شكل (60): ماري كوري

يحدث ذلك فإن الأمر متوقف علينا جميعا.

المراجع العربية

1) "التقرير السنوي 2004/2003"، هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة.
2) "التقرير السنوي 2004/2003"، الشركة القابضة لكهرباء مصر.

[16] مدام ماري هي اشهر امرأة فيزيائية ولدت سنة 1867 في بولندا، ولكنها درست وعاشت بفرنسا وحصلت على الجنسية الفرنسية. تعتبر ماري كوري من أعظم علماء القرن العشرين وأول امرأة تعمل في مجال الإشعاع، اكتشفت الراديوم - علاج السرطان الوحيد المعروف لزمن الطويل. كما أنها الأولى في العالم التي فازت بجائزتين لنوبل أحداهما في الفيزياء عام 1903 وذلك بسبب أبحاثها مع زوجها العالم هنري بيكر عن النشاط الإشعاعي، والأخرى في الكيمياء 1911 لتحافظ على لقب أول امرأة تنال هذه الجائزة مرتين وفي مجالين مختلفين. ولم تثنِ "نوبل" ماري كوري عن دورها كربة منزل، وزوجة فكانت أما بامتياز، فهي التي أنجبت وربّت أيرين كوري التي حازت بدورها جائزة نوبل للكيمياء عام 1935.قال عنها ألبرت اينشتاين عند وفاتها عام 1934: "ماري كوري من بين كل مشاهير العالم التي لم تدنس شهرتها"

3) "عصر النور: قصة الكهرباء من عباس حلمي الثاني إلي حسني مبارك"، سليمان عبد العظيم، سبتمبر 2004.
4) "التقرير السنوي 2003/2002"، جهاز تخطيط الطاقة.
5) "حقيبة تعليمية تدريبية في مجال طاقة الرياح"، هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، القاهرة- مصر 2000.
6) "حقيبة تعليمية تدريبية في مجال الطاقات المتجددة"، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، تونس 2000.
7) "معجم الطاقة"، أحمد أمين عبد المجيد، اكاديميا، بيروت – لبنان، 1993.
8) "مستقبل الطـاقة"، آلان هاموند، وليام متز، وتوماس موج، 1973.
9) موقع الحكومة الإليكترونية في مصر "http://www.idsc.gov.eg"

المراجع الإنجليزية

10)"Energy Story", California Energy Commission, 2003

11)"Energy Economics in Egypt", M. M. El-Khayat, conference of “Sensing the futures in energy systems: towards a sustainable energy future in Egypt”, Cairo, Egypt, dec. 16-17, 2003.

12)"Wind Power: a Turning Point", Christpher Flavin, 1993, Modern Egyptian Press

13)"Beyond the Petroleum Age: Designing a Solar Economy", Christpher Flavin, 1993, Modern Egyptian Press

14)Static Electricity "www.miamisci.org/af/sln/frankenstein/static.html"

15)Physics "www.physics.uoguelph.ca/tutorials/ohm/"

16)Battries "www.batterybank.com/page18.html"

17)Wind Energy "http://www.windpower.org/en/kids/index.htm"

18)Solar Energy "http://kids.msfc.nasa.gov/Sites/ExternSite.asp?url=%2 SolarSystem%2FSun%2F"

19)Biomass Energy "http://www.eere.energy.gov/biomass/biomass_basics _faqs.html"

20)Hydro Power "http://www.peebleshotelhydro.co.uk/hydro__activities/ hydro__children/hydro__kids%20activities/hydro__kids%20activities.html"

21)Ocean Energy "http://www.eia.doe.gov/kids/energyfacts/sources/ renewable/ocean.html"

22)Geothermal Energy "http://www.eere.energy.gov/kids/geothermal. html"

23)Nuclear Energy "http://www.genesisenergy.co.nz/education/posterpage /index.htm"

24)Hydrogen "www.clean-air.org"

25)Global Warming "http://www.epa.gov/globalwarming/kids/gw.html"

26)Energy Conservation "http://www.energy.gov/engine/content.do?BT_ CODE=KIDS"

27)Simple Projects "http://www.energyquest.ca.gov/projects/index.html"

28)NASA "http://www.nasa.gov/audience/forkids/home/index.html"

29)Energy Liberary "http://www.energyquest.ca.gov/library/index.html"

30)Links "http://www.energyquest.ca.gov/links/index.php?pagetype=energy ed"

فهرس الأعــلام

الاسم	الصفحة
إدوين دراك "Edwin L. Drake"	37
ألبرت أينشتين "Albert Einstein"	67، 82
أليكسندر فولتا "Alexander Volta"	24
أيرين كوري "Irene Curie"	83
توماس ألفا إديسون "Thomas Alfa Edison"	23
جاك دي أرزونفال "Jacques D' Arsonval"	73
جورج داريوس "George Darrieus"	52
جورج واشنطن "George Washington"	37
جـيمس بريسـكوت جـول " James Prescott Joule"	14، 15
جيمس وات "James Watt"	49
شارل كولومب "Charles Coulomb"	24
مايكل فاراداي "Michael Faraday"	31
ماري كوري "Mari Curie"	82
هنري بيكر "Henry Baker"	82
سيجوارد سافونيوس "Siguard J. Savonius"	52

قائمة المصطلحات

أ

آبار	Wells
إحفوري	Fossil
اسطوانة	Cylinder
إعادة استخدام	Re-Use
إعادة تكوين الهيدروجين	Hydrogen Reforming
الاحتباس الحراري العالمي	Global Warming
الإيثانول (غاز)	Ethanol
البروبان (غاز)	Propane
آلة حاسبة	Calculator
التحليل الكهربي	Electrolysis
الجزء الدوار	Rotor
الخلايا الشمسية	Solar Cells
الطاقة الجوفية الحرارية	Geothermal Energy
الطاقة الشمسية	Solar Energy
الطاقة المائية	Hydro Power
الطاقة المتجددة	Renewable Energy
العصر الطباشيري	Cretaceous Age
العصر الكربوني	Carboniferous Age
الغلاف الجوي	Atmosphere
الكهرباء	Electricity
المجال المغناطيسي الحثي	Electromagnetic Induction
المخلفات الحيوانية (روث)	Manure
المد والجزر	Tidal
الميثانول (غاز)	Methanol
الهيدروكربون	Hydrocarbon
ألواح	Panels

إليكترون	Electron
اندماج	Fusion
انشطــار	Fission

ب

بدائل الوقود	Alternative Fuels
بدون ملوثات	Zero Pollutions
برج تبريد	Cooling Tower
بروتون	Proton
بنية تحتية	Infrastructure
بوصة	Inch

ت

تآكل	Erosion
تخمير	Ferment
تدوير المخلفات	Recycling
ترشيد الطاقة	Energy Conservation
تفاعل	Reaction
توربينة	Turbine
تيار	Current

ج

جزئ	Particle
جهد	Voltage
جهد مرتفع	High Voltage
جهد منخفض	Low Voltage

ح

حاسب آلي	Computer
حامل للطاقة	Energy Carrier

حقل مرايا	Mirror Field
حِمل	Load
حمم	Lava

خ

خزان	Tank
خلايا الوقود	Fuel Cells

د

دائرة كهربية	Electric Circuit
درجة حرارة	Temperature

ذ

ذرة	Atom
ذوب صخري	Magma

ر

رسوبي	Sedimentary
رواد الفضاء	Astronauts
ريشة	Blade

ز

زيت البترول	Oil

س

سام	Toxic
سخان	Heater
سدود	Dams

ش

شاحنة نقل	Tanker
شحنة	Charge
شرارة أو ومضة	Spark

ص

صدمة	Shock
صديق للبيئة	Environmentally Friendly
صُـرة	Hub
صفار البيض (المح)	Yellow Yolk
صندوق السرعات	Gear Box

ض

ضغط	Pressure

ط

طاقة	Energy
طاقة الحركة	Kinetic Energy
طاقة الرياح	Wind Energy
طاقة الكتلة الإحيائية	Biomass Energy
طاقة المحيطات	Ocean Energy
طاقة بالمجان	Free Energy
طاقة كهروضوئية	Photovoltaic Energy
طحالب	Algae
طلمبة	Pump
طواحين الرياح	Wind Mills
طواحين المياه	Water Mills

ع

عازل	Insulator
عداد	Meter
عمود الدوران السريع	High Speed Shaft
عنصر التريتيوم	Tritium
عنصر الديتريوم	Deuterium

غ

غاز البترول المسال	Liquefied Petroleum Gas
غاز طبيعي	Natural Gas
غازات الصوبة الزجاجية	Greenhouse Gases

ف

فحم	Coal
فحم الأنثراسيت	Anthracite
فحم بيتومينوس	Bituminous
فحم لجنايت	lignite
فرامل	Brakes

ق

قشرة الأرض	Earth Crust
قضبان الوقود	Fuel Rods
قطب جنوبي	South Pole
قطب شمالي	North Pole
قطع مكافئ	Parabolic Trough

ك

كابلات نقل القوي	Power Transmission Cables
كرات صغيرة	Pellets

كربون	Carbon
كُمُون طاقة	Potential Energy
كهروكيميائي	Electrochemical

ل

لب الأرض	Earth Core

م

مائع	Fluid
مبادل حراري	Heat Exchanger
متتبع شمسي	Heliostat
متوازي	Parallel
متوالي	Serial
مجال مغناطيسي	Magnetic Field
مجمعات	Collectors
محطات الطاقة الشمسية الحرارية	Solar Thermal Power Plants
محطات القوي	Power Plants
محطات القوي النووية	Nuclear Power Plants
محطة محولات	Substation
مركبة فضاء	Spacecraft
مزرعة رياح	Wind Farm
مزرعة رياح بحرية	Off-Shore Wind Farm
مزرعة رياح شاطئية	On-Shore Wind Farm
مشرف طاقة	Energy Monitor
مُشع	Radioactive
مصفوفة	Array
مضخة حرارية	Heat Pump
مقاومة	Resistance
مكبس	Piston

مكوك فضاء	Space Shuttle
ملف	Coil
ملوثات	Pollutions
منصهر	Fuse
منطقة الإشعاع	Radiation Zone
منطقة الحمل	Convection Zone
مهدئ	Moderator
موصلات	Conductors
مولد	Generator

ن

نبع ماء ساخن	Geyser
نسيج نباتي نصف متفحم	Peat
نظام توجيه	Steering System
نقطة الطاقة صفر	Zero Point Energy
نيترون	Neutron

هـ

هجين	Hybrid

و

وحدة حرارية بريطانية	British Thermal Unit
وشاح الأرض	Mantle
وقود إحفوري	Fossil Fuel
وكالة ناسا لأبحاث الفضاء	NASA

ى

ينبوع ساخن	Hot Spring

جداول التحويلات

الطـاقة

اضرب القيمة بوحدة		للحصول علي القيمة بوحدات			
		جول	كيلووات ساعة	كيلو كلوري	و ح ب
جول	في	1	0.287×10^{-7}	0.239×10^{-3}	948.4×10^{-6}
كيلووات ساعة		3.6×10^{6}	1	860	3413
كيلو كلوري		4186.8	6.64×10^{-5}	1	3.968
و ح ب		1055	293×10^{-4}	0.252	1

القدرة

اضرب القيمة بوحدة		للحصول علي القيمة بوحدات		
		وات	كيلو كلوري/ساعة	حصان
وات	في	1	0.860	1.34×10^{-3}
كيلو كلوري/ساعة		1.16	1	1.55×10^{-3}
حصان		746	643	1

درجات الحرارة

درجة الحرارة مئوية = (9/5) (درجة الحرارة فهرنهايت – 32)

الكتلة

اضرب القيمة بوحدة		للحصول علي القيمة بوحدات		
		رطل	جرام	كيلو جرام
رطل	في	1	453.6	0.4536
جرام		0.00220	1	0.01
كيلوجرام		2.205	1000	1

الأطوال

اضرب القيمة بوحدة		للحصول علي القيمة بوحدات				
		بوصة	قدم	ياردة	متر	كيلو متر
بوصة		1	0.08333	0.02778	0.0254	--
قدم		12	1	0.333	0.3048	--
ياردة		36	3	1	0.9144	--
متر		39.37	3.281	1.094	1	0.001
كيلو متر		39370	3281	1094	1000	1

التحويلات بين مصادر الطاقة المختلفة

1 طن زيت خام = 0.995 طن بترول مكافئ (ط ب م) ::: 1 طن بترول = 7.3 برميل بترول

1 طن غاز طبيعي = 1.111 ط ب م ::: 1 طن فحم = 0.67 ط ب م

1 طن غاز طبيعي = 1340 $م^3$

معامل انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون لبعض أنواع الوقود

نوع الوقود	طن ثاني أكسيد كربون / طن
غاز طبيعي	2.6115
بوتاجاز	2.9837
بنزين	3.1046
سولار	3.2093