الفصل الثالث

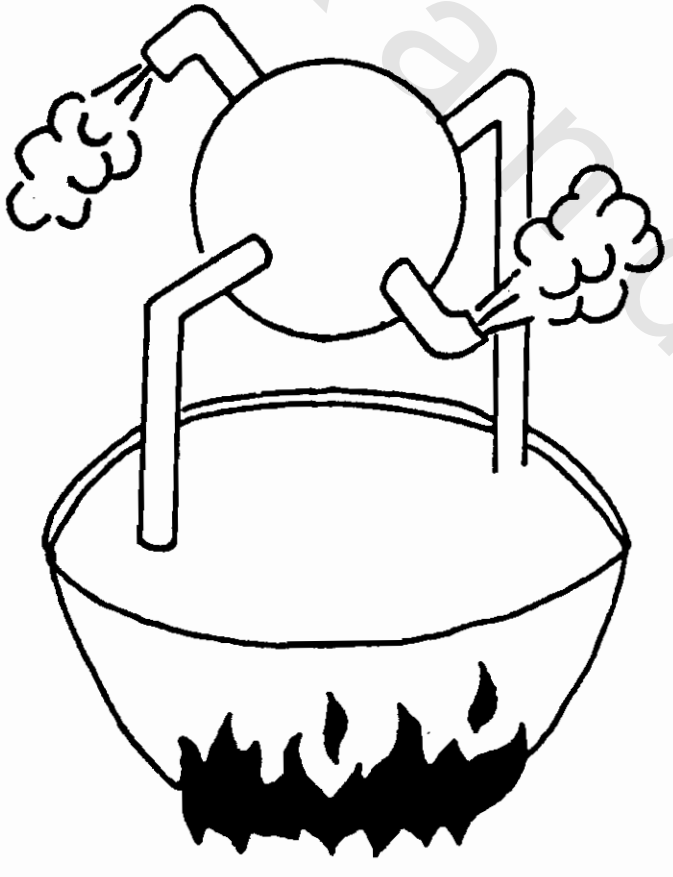
تحويل الطاقة واستغلالها

٣ - ١ مقدمة تاريخية :

منذ آلاف السنين بدأ أجدادنا محاولات تسخير الطاقات المتاحة لخدمة المجتمع البشرى ، وقد بدأ القدماء فى استغلال حرق الخشب للحصول على مناخ دافئ مناسب ، ثم بدا صانعو المعادن فى استخدام الحرارة فى صهر المعادن وتشكيلها . وفى فترة متأخرة من تاريخ البشرية بدئ فى استغلال الحرارة لتوليد بخار ، وإنتاج حركة وفى عام ١٣٠ قبل الميلاد قام « هيرو » العالم الرياضى والكاتب بمدينة الإسكندرية باليونان فى تصميم وتنفيذ أول آلة حرارية تقوم بتحويل الطاقة الحرارية إلى حركة دورانية ، فقد لاحظ أنه عند تسخين المياه يمكن دفعها بالبخار الناتج إلى ما يشابه الآلة البخارية شكل (٣ – ١) وينتج عن هذا الدفع دوران الآلة ، وذلك يشبه إلى حد كبير اندفاع البخار من غلاية المياه المنزلية المعروفة حيث تدفع قوة البخار المنطلق أى سطح أمامها للأمام ، مسببة حركة ، ونفذ العالم العربى « تقى الدين الراصد » فى حوالى ١٥٨٠ م آلة بخارية مماثلة ، وفى عام ١٦٩٨ أى منذ ثلاثمائة عام قام العالم البريطانى « توماس سافرى » بتصميم وبناء آلة حرارية ، تعمل بالبخار عند ضغط ١٠ جوى ، ويوضح شكل (٣ – ٢) رسما تخطيطيا لهذه الآلة بعد تعديلها ، بواسطة « توماس نيوكمن » .

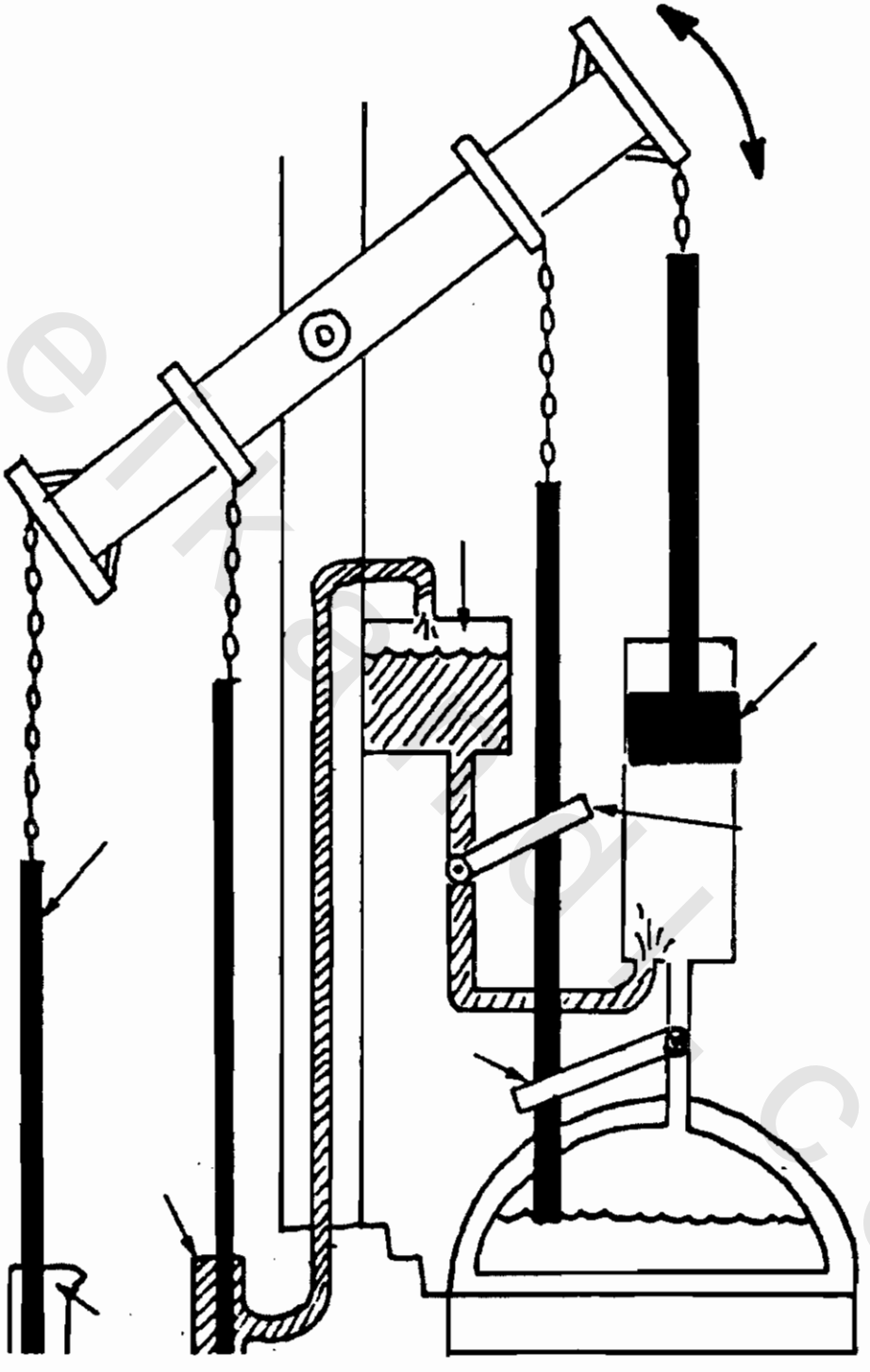
وكان من الطبيعى أن تبذل محاولات لتطويع الطاقة الحرارية الموجودة فى الوقود الحفرى ، لخدمة أغراض التنمية الصناعية ، التى بدأت فى الازدهار فى هذه الفترة ، وقام « جيمس وات » بتصميم وتنفيذ أول آلة بخارية ترددية ، تعتمد فى نظرية عملها على الضغط المرتفع للبخار ، الذى يتم دفعه داخل غرفة أسطوانية ، بها مكبس متحرك ، ويؤدى هذا الضغط الهائل إلى حركة هذا المكبس داخل الغرفة الأسطوانية ، وتم توصيل المكبس إلى عمود المرفق المتصل مع عمود طويل لإدارة عمود الكرنك ، وهكذا تم تحويل الحركة الترددية إلى حركة دورانية . واستغلت هذه الحركة الدورانية فى إدارة المعدات المختلفة .

ومع تطور الزمن أمكن للعلماء إنتاج المزيد من الآلات الحرارية البخارية وتطويرها، لتحسين كفاءة عملها ، إلى أن تمكن العلماء من تصميم وإنتاج التوربينات البخارية ، وهى آلة حرارية ذات كفاءة أعلى ، لتحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة حركية ، أمكن استخدام طاقة البخار ، أو الغازات الساخنة فى إحداث الحركة الدورانية ، من خلال دفع الغاز من نوافير صغيرة بسرعة عالية ليصطدم مع ريش



شكل (٣ – ١) : أول آلة حرارية صممها « هيرو » (١٣٠ ق.م.) .

obeikandl.com



شكل (٣ – ٢) : آلة « توماس سافر » (١٦٩٨) المطورة بواسطة « توماس نيوكمن » .

التوربين مثل التصميم الموضح فى شكل (٣ – ٣) والذى يمثل رسما كروكيا لتوربين « دى لافال » البخارى .

وآلات الاحتراق الداخلى بدأ ظهورها فى إنجلترا وأوروبا حوالى عام ١٨٠٠ وهى آلات حرارية تستخدم الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الوقود السائل ، أو الغازى . وقد بدأ عملها باستخدام وقود مكون من خليط فحم ، وغاز ، وهواء : وفى حوالى عام ١٨٦٠ تمكن العالم الفرنسى « اتينيه لينوار » من بناء آلة احتراق داخلى ثنائية الأشواط . لم تؤد هذه الآلة إلى إنتاج قدرات دورانية كبيرة ، إلى أن ظهرت آلة أوتو الحرارية ، حوالى ١٨٧٤ فى ألمانيا ، وكانت الآلة تعمل بمبادئ الأشواط الأربعة :

الشـــوط الأول : سحب الخليط المكون من الهواء والوقود إلى داخل الغرفة الأسطوانية .

الشوط الثانـــى : ضغط الخليط .

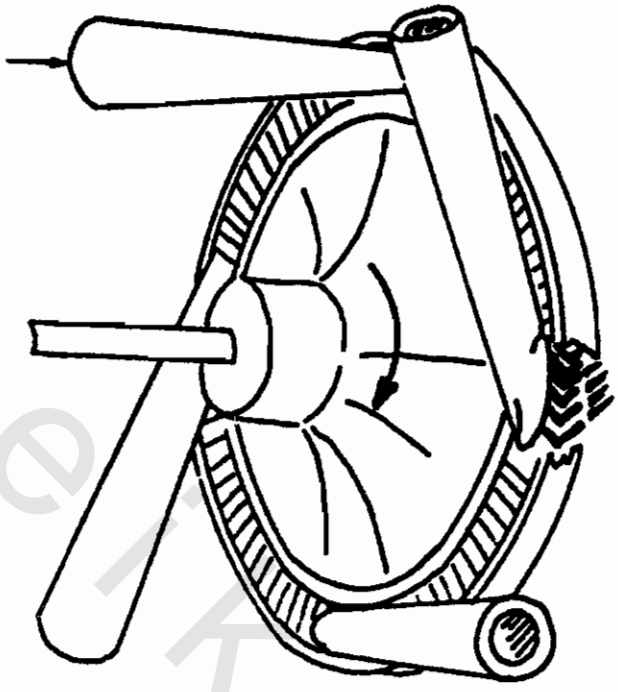
الشوط الثالث : إشعال الخليط بواسطة شرارة من ملف حثى حيث تتحدد الغازات وتبذل « شغل » مفيداً .

الشوط الرابع : طرد غازات الاحتراق من الغرفة الأسطوانية استعداداً للدورة التالية.

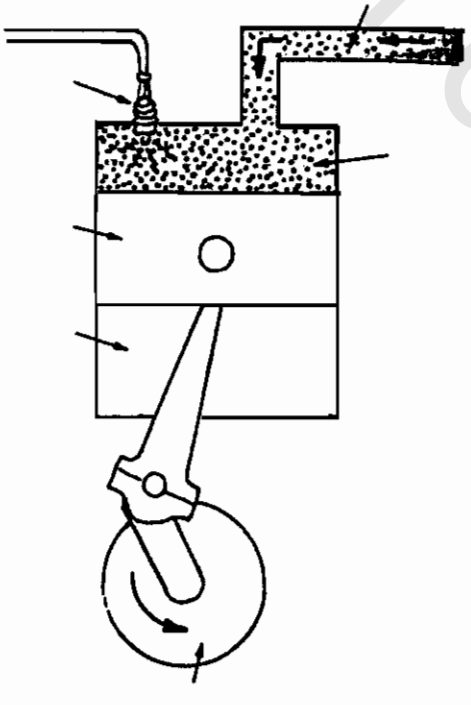
ويطلق عليها اسم دورة أوتو الرباعية شكل (٣ – ٤) .

وتمكن العالم الألمانى « جوتليب ديملر » عام ١٨٥٥ من تصميم وبناء آلة تحرق الجازولين ، ولحق به العالم « رودولف ديزل » الذى بنى أول آلة حرارية تعمل بدورة حرارية ديزل ، تستخدم حرارة الهواء المضغوط للاشتعال مع الوقود الذى يتم حقنه منفصلا عن الهواء خلافاً لدورة أوتو التى يتم دفع خليط الهواء الوقود إليها من الكربوريتور وشكل (٣ – ٥) يوضح رسماً كروكيًا لآلة ديزل .

ثم قام الإنسان فى مراحل زمنية لاحقة بمحاولات عديدة لتطوير الآلات الحرارية وتعديلها ، لتحقيق متطلباته من حيث إنتاج الطاقة بالصورة المطلوبة ، وبأعلى كفاءة للتحويل . وحيث إن الطاقة لا تخلق ولا تدمر بل تتحول فقط من صورة إلى أخرى ويتم نقل الطاقة من مادة إلى أخرى ، عندما يكون هناك فرق فى درجات الحرارة مثلما تعلمنا فى قواعد الديناميكا الحرارية . وهذه الآلات تحتاج فقط إلى مصدر للطاقة من احتراق وقود حفرى ، أو من مصادر طاقة شمسية أو نووية مثلا ، ويتم انتقال الحرارة من خلال المائع (الغازى أو السائل) ومن المبادئ الأولية لحفظ الطاقة ، أنه يمكن تصميم آلة حرارية تستقبل طاقة حرارية عند درجات حرارية



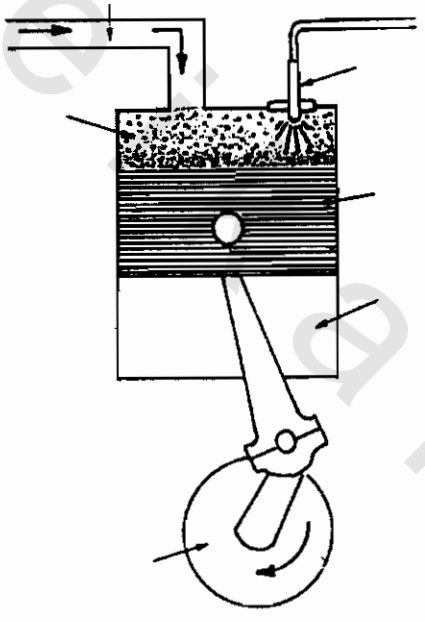
شكل (٣ – ٣) : توربين « دى لافال » البخارى



شكل (٣ – ٤) : دورة « أوتو » الرباعية

obeikandl.com

مرتفعة (حرارة مضافة) ، فتبذل شغلاً ، وتطرد حرارة عند درجة حرارة منخفضة نسبياً (حرارة مطرودة) كما هو موضح فى شكل رقم (٣ - ٦) . ومن خلال دورة إجراءات حرارية تنساب الحرارة من المصدر الساخن ، عند درجة حرارة تس بكمية قدرها حس إلى المصب البارد عند درجة تب . وجزء من هذه الحرارة يتحول إلى شغل مفيد ش . وكلما انخفضت درجة حرارة تب أو ارتفعت درجة حرارة تس فإن الشغل المتاح يكون أكبر ، وبالتالى كلما زاد فارق درجات الحرارة بين المصدر الحرارى الساخن والمصب البارد ، زادت إمكانية الحصول على شغل أكبر لنفس معدل سريان المائع داخل الآلة الحرارية .



شكل (٣ - ٥) آلة « رودلف ديزل »

وهناك نوعان من الدورة الحرارية إحداهما تسمى « دورة مفتوحة » Open cycle تبدأ بإضافة الحرارة حس ، ثم بذل الشغل ش وطرد الحرارة حب إلى البيئة المحيطة دون إعادتها لتبدأ دورة جديدة . والأخرى تسمى « دورة حرارية مغلقة » ويتم خلالها إعادة المائع ، بعد طرد الحرارة من حب إلى حالة الأصلية عند بدء الدورة ، ثم يضاف إليه الحرارة حس مرة أخرى ، وهكذا . والقانون الأول للديناميكا الحرارية ينص على .

$$ش = ح_س - ح_ب$$

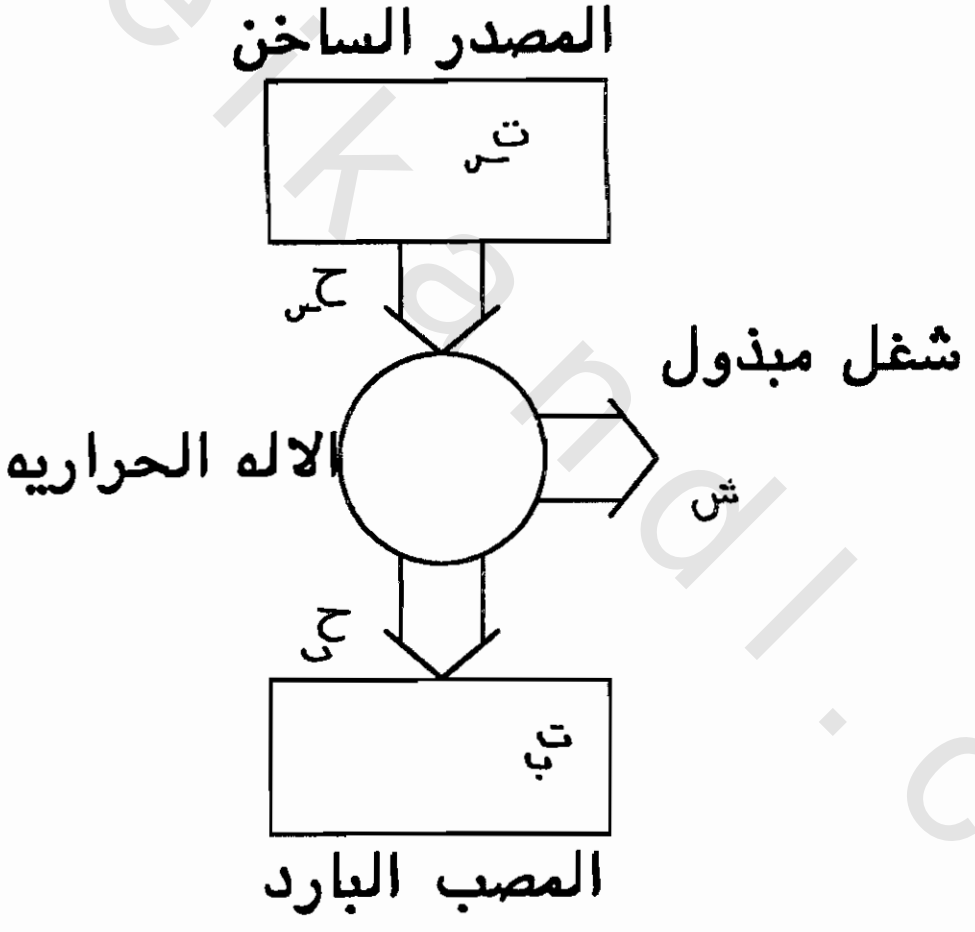
ومثال ذلك التوربينات البخارية ، حيث يكون المائع هو الماء ، والبخار يتم سريانه فى دورة مغلقة فتضاف إلى الماء الحرارة فى المراجل ، ليتحول إلى بخار ماء له طاقة

حرارية مرتفعة ، ويدفع هذا البخار من خلال زعانف التوربين البخارى ، فيتسبب فى دورانها حول محورها فتنتج طاقة دورانية كبيرة . وفى المكثف البخارى يتم طرد الحرارة حـ ب وتكثيف بخار الماء إلى مياه ، ويتم ضخها إلى الضغط العالى وإعادتها مرة أخرى إلى المرجل البخارى ، وهكذا .

ومن أمثلة الآلات الحرارية المهمة فى حياتنا :

أ – دورات حرارية للبخار :

١ – آلات تتبع دورة حرارية لبخار الماء (دورة رانكين) مثل تلك الآلات التى نجدها فى محطات القوى الحرارية .



شكل (٣ – ٦) : دورة الآلة الحرارية .

٢ – آلات تتبع دورة حرارية عكسية لأبخرة الفريون ووسائط التبريد مثل تلك الآلات المستخدمة فى الثلاجات ، ومعدات تكييف الهواء .

obeikandl.com

ب – دورات حرارية للغاز وتنقسم إلى :

* احتراق داخلي : مثل دورة « أوتو » و « ديزل » وتستخدم فى المركبات والسيارات بأنواعها .

* احتراق خارجي : مثل توربينات الغاز فى الطائرات .

٣ - ب تحويل الطاقة غير التقليدية :

قام الإنسان بمحاولات متعددة لاستغلال الطاقات غير التقليدية مثل طاقة الشمس والرياح ، تخدم أغراضه الحياتية فى الزراعة والصناعة .

فالأرض تستقبل : حوالى ٥٠ ٪ من الإشعاع الشمسى الساقط ، منها ٢١ ٪ من الإشعاع مباشرة و ٢٩ ٪ من الإشعاع المتباعث من خلال وجود السحب . ومن سطح الأرض تنطلق حرارة ناتجة من البخر والتوصيل الحرارى خلال الجو الخارجي وتبلغ (حوالى ٣٣ ٪) والأرض تستقبل الأشعة تحت الحمراء ومعظم هذه الأشعة يتم امتصاصها من الجو ، ويعاد تشعيعها مرة أخرى إلى سطح الأرض . وتتراوح شدة الإشعاع الشمسى على سطح الأرض ما بين صفر و ١٠٥٠ وات/ م٢ ، وتعتمد شدة هذا الإشعاع على الارتفاع عن سطح البحر ، وفصول العام ، والوقت بالنهار ، ودرجة الفيلم ، والسحب ، ويوضح شكل (٣ – ٧) توزيع مصادر الإشعاع المختلفة على سطح الأرض .

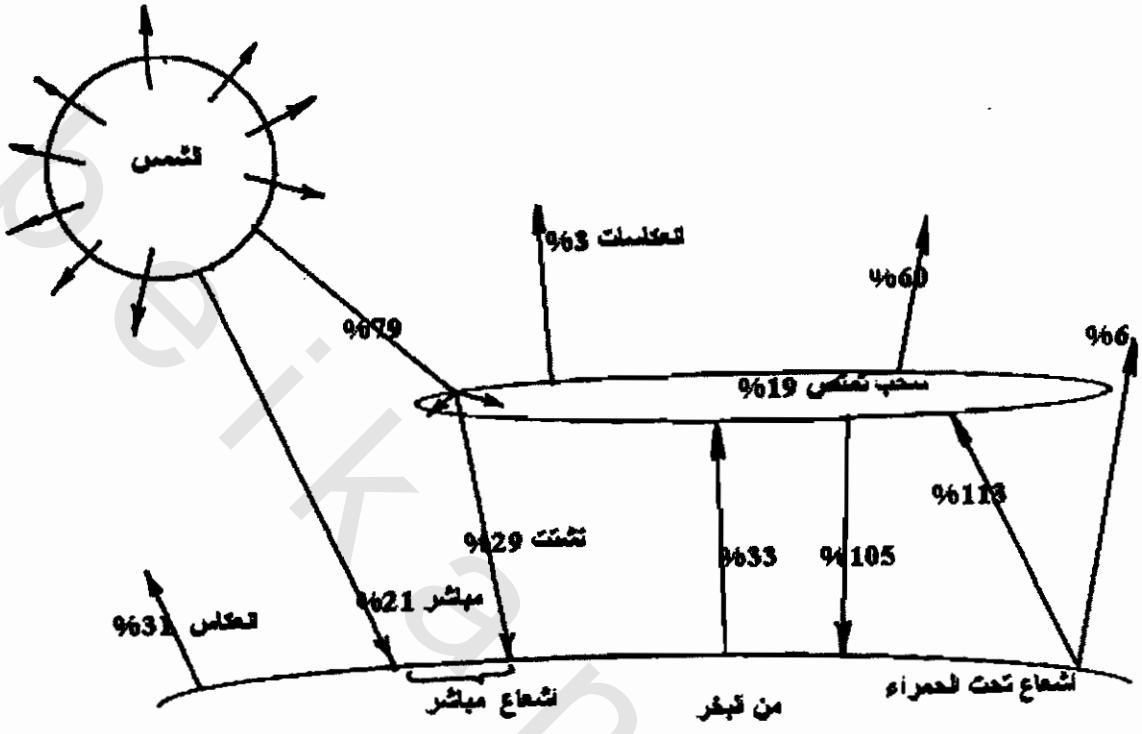
وفى مصر الحديثة أمكن عام ١٩١٢ إنشاء أول محطة توليد تعمل بالطاقة الشمسية للرى من النيل ، حيث استخدمت مجمعات شمسية لتركيز أشعة الشمس على سطح ماسورة معدنية سوداء لإنتاج البخار . وكانت القدرة العظمى المنتجة فى ذلك الوقت ٥٠ كيلو وات ، وبلغت مساحة سطح المجمع الشمس ١٢١٠ م^{٢} ، وبحساب شدة الإشعاع الشمسى يمكن الوصول إلى الطاقة الشمسية القصوى المجمعة من خلال سطح الوحدة لتبلغ ١٢١٠ × ١,٠٥٠ = ١٢٧٠ كيلو وات .

وبحساب آلة حرارية بسيطة تعمل بين درجتى حرارة المصدر والمصب ١٠٠ م و ٢٠ م فإن أقصى كفاءة حرارية تكون طبقا لدورة « كارنوت الحرارية » Carnot cycle .

$$\text{٪ ٢١} = \frac{(٢٧٣ + ١٠٠) - (٢٧٣ + ٢٠)}{(٢٧٣ + ١٠٠)}$$

أي أنه ، نظريا ، يمكن إنتاج طاقة دورانية (شغل مفيد) قدره ٢١ × ١٢٧٠ ÷ ١٠٠ = ٢٦٦ كيلووات

وذلك أكبر بكثير من القدرة الفعلية التى تم الحصول عليها آنذاك من المحطة الشمسية الأولى على ضفاف النيل .



شكل (٣ – ٧) : توزيع مصادر الإشعاع المختلفة على سطح الأرض

وتستخدم الطاقة الشمسية بصور مختلفة فى عملية تسخين المياه وتجفيف الخضر والفاكهة . وتستخدم بصورة أقل فى توليد الطاقة الكهربائية ، فى الوقت الحالى نظراً لارتفاع أسعار المعدات المطلوبة ، وعدم اقتصادية الطاقة المولدة ، حيث أن هناك من المحاذير التى يجب أخذها فى الاعتبار عند استخدام الطاقة الشمسية ، لتوليد طاقة دورانية وشغل مفيد :

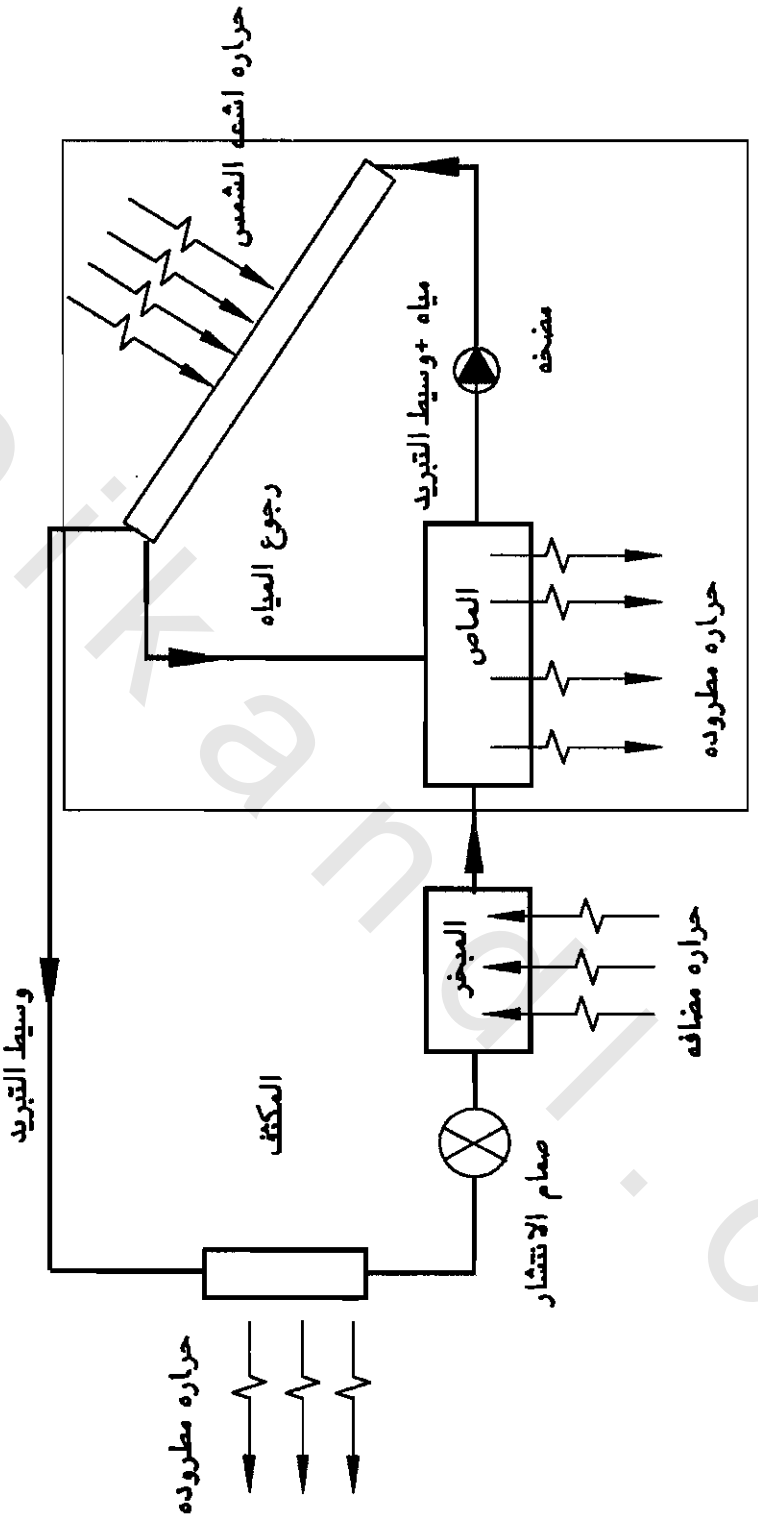
أ – المجمع الشمسى فى أسطح لاحق يجب أن يتزامن فى حركته مع حركة الشمس لتعظيم الإشعاع الشمسى الممتص .

ب – يتطلب الأمر استخدام أسطح تجميع شمسى ذات مساحات كبيرة نسبياً للحصول على الحرارة اللازمة ، فمثلاً للحصول على ٥٠ كيلووات مطلوب ١٣٠٠ م^{٢} ، بينما للحصول على ٥٠ ميجاورات نحتاج إلى ١,٣ مليون متر^{٢} ، وهى مساحة كبيرة بالمقارنة بالمطلوب لإنتاج الطاقة من المصادر التقليدية .

جـ – وجود مساحات كبيرة من أسطح التجميع الشمسى تحتاج إلى نظافة وصيانة دائمة ومستمرة ، لإزالة الأتربة والرمال ، التى تتسبب فى إنقاص الطاقة الشمسية الممتصة .

وهناك استخدامات أخرى للطاقة الشمسية فى التبريد ، وهى مطلوبة فى البلاد التى تتمتع بمناخ صيفى حار مثل الصحراء العربية ، وشمال أفريقيا ، وغرب الولايات المتحدة الأمريكية . ويعتمد هذا الاستخدام على دورة حرارية عكسية مكونة من مبخر ، وضاغط ، ومكثف ، وصمام انتشار . ويتم دفع وسيط التبريد فى صورة سائلة وهو عدة « الفريون » إلى المبخر عند درجة حرارة أقل من تلك المطلوب الوصول إليها داخل المكان . وتنتقل الحرارة إلى وسيط التبريد « الفريون » من المكان المطلوب تبريده ، ويتحول السائل إلى بخار « فريون » وترتفع درجة حرارة الغاز بعد رفع ضغطه فى الضاغط ، ويتم إمرار الغاز إلى المكثف ، ويتم طرد الحرارة من أسطح التكثيف ، ويعود وسيط التبريد إلى حالته السائلة مرة أخرى ، حيث يتم تمريره من خلال صمام الانتشار ، لخفض ضغطه مرة أخرى إلى ضغط البداية .

وفى حالة استخدام الطاقة الشمسية ، فإنه يتم استبدال الضاغط الميكانيكى الموجود فى الثلاجة المنزلية مثلا (باستخدام سطح امتصاص للحرارة وطلمبة سائل وسخان شمسى) وذلك مثل الموضح فى شكل (٣ – ٨) .



(شكل ٣ – ٨) : استخدام الطاقة الشمسية فى التبريد .