الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة محمد بوضياف بالمسيلة

كلية : العلوم

قسم : الكيمياء

ميدان : علوم المادة

فرع : كيمياء تحليلية

تخصص : كيمياء المحيط

مذكرة مقدمة

لنيل شهادة الماستر أكاديمي

تحت عنوان

دراسة

لتحظير الهيدروجين الأخضر كطاقة بديلة

من اعداد الطالبتين : ـ عطلاوي رقية الخنساء ـ بوعكازي زبيدة

تحت اشراف الأستاذ : بن يحي عز الدين

أمام لجنة المناقشة المكونة من السادة الأساتذة :

دغفل نذير	أستاذ محاضر "أ"	رئيسا
بن يحي عزالدين	أستاذ تعليم عالي	مشرفا
العايب النوري	أستاذ محاضر "ت"	ممتحنا

السنة الجامعية : 2023/2022

الإهداء

الحمد لله الذي أنار لي درب العلم والمعرفة ، وأعانني على أداء هذا الواجب

ووفقني الى انجاز هذا العمل أهدي ثمرة هذا الجهد والعمل المتواضع الى

الوالدين الكريمين سر قوتي وجهدي ، والحب الذي لا ينتهي أبدا

الى اخوتي وأخواتي على دعمهم لي ، والى كل العائلة

أستاذي الفاضل الذي لطالما أنار لي دربا

وكل من تجمعني بهم صلة رحم وصداقة

ومن ساندني في انجاز هذا العمل

وساهم في نجاحي وساعدني

على تخطي أصعب اللحظات

الى كل هؤلاء أهدي

لهم ثمرة جهدي .

شكر وتقدير

نشكر الله على توفيقه وكرمه على أن أتممنا هذا العمل

وامتثالا لقول المصطفى عليه الصلاة والسلام

"من لا يشكر الناس لا يشكر الله"

نتقدم بخالص عبارات التقدير والشكر للأستاذ "بن يحي عز الدين"

لقبوله الاشراف على هذه المذكرة والتي منحنا ثقته ولم يبخل علينا بنصائحه وتوجيهاته القيمة

فله منا جزيل الشكر والعرفان.

والشكر موصول الى كل من ساعدنا من قريب أو بعيد

على انجاز هذا العمل المتواضع ولو بكلمة طيبة.

الفـهرس

إهداء

فهرس الأشكال

فهرس الجداول

قائمة المختصرات

– 1 –مقدمة عامة: ..... **– 6 –**

الفصل الأول :عموميات حول الطاقة ومجالات استعمالها : ..... **– 6 –**

مقدمة: ..... **– 6 –**

I.1.مفهوم الطاقة: ..... **– 6 –**

I.2.أنواع الطاقة : ..... **– 7 –**

I.2.1.الطاقة الكيميائية: ..... **- 7 -**

I.2.2.الطاقة الميكانيكية: ..... **- 7 -**

I.2.3.الطاقة الحرارية: ..... **- 7 -**

I.2.4.الطاقة النووية : ..... **- 7 -**

I.2.5.الطاقة الكهربائية : ..... **- 8 -**

I.2.6.الطاقة الضوئية : ..... **- 8 -**

I.2.7.الطاقة الشمسية : ..... **- 8 -**

I.3 مصادر الطاقة : ..... **- 8 -**

I.3.1.الطاقة الغير متجددة (المواد الأولية): ..... **– 9 –**

I.3.1.1.الوقود الأحفوري: ..... **- 9 -**

I.3.1.2.الفحم : ..... **- 10 -**

I.3.1.3.الغاز الطبيعي : ..... **- 10 -**

I.3.2.الطاقة المتجددة : ..... **– 10 –**

I.4.1.المجال الصناعي : ..... **– 12 –**

1.1.4.الصناعات الاستخراجية : ..... **- 12 -**

2.1.4.الصناعات التحويلية: ..... **- 12 -**

I.4.2.المجال الطبي : ..... **- 13 -**

I.4.3.المجال الاقتصادي : ..... **- 13 -**

I.4.4.مجال استكشاف الفضاء :..... - 14 -
I.5.4.واقع استهلاك الطاقة في الجزائر : ..... - 14 -
I.6.4.المجال الزراعي: ..... - 15 -
I.5 الطرق المستعملة لاستخراج الطاقة : ..... – 17 –
I.1.5.محطات التوليد البخارية : ..... – 17 –
I.1.1.5.العوامل المؤثرة في اختيار مواقع المحطات البخارية : ..... - 17 -
I.2.5.محطات التوليد النووية :..... – 17 –
I.3.5.محطات التوليد المائية :..... – 18 –
I.1.3.5.مكونات محطة التوليد المائية : ..... - 18 -
I.4.5.محطات التوليد من المد والجزر:..... – 19 –
I.5.5.محطات التوليد ذات الاحتراق الداخلي :..... – 19 –
I.6.5.محطات التوليد بواسطة الرياح :..... – 20 –
I.7.5.توليد الوقود من النفايات :..... – 21 –
I. 8.5.توليد الطاقة من قصب السكر :..... – 21 –
خلاصة : ..... – 21 –
الفصل الثاني : الطاقة البديلة :..... – 21 –
مقدمة : ..... – 21 –
II .1.مفهوم الطاقة البديلة:..... – 21 –
II.2.مصادر الطاقة البديلة:..... – 21 –
.II.1.2.الطاقة الشمسية :..... – 26 –
.II.1.1.2.كيفية عمل الطاقة الشمسية : ..... - 27 -
II.2.1.2.تقنيات الطاقة الشمسية :..... - 27 -
II.3.1.2.الخلايا الشمسية الفولتوضوئية (الكهروشمسية) :..... - 28 -
II.4.1.2.انواع الخلايا الشمسية :..... - 29 -
II.5.1.2.استخدامات الطاقة الشمسية : ..... - 30 -
.II.6.1.2.التأثير البيئي للطاقة الشمسية :..... - 31 -
II.2.2.طاقة الرياح : ..... – 31 –

.II.2.2.1.مصادر الرياح : ..... - 32 -
II.2.2.2.انواع العنفات (التوربينات): ..... - 32 -
.II.2.2.3.مبدأ عمل التوربينات : ..... - 34 -
II.2.2.4.استخدامات طاقة الرياح (الهوائية) : ..... - 34 -
II.2.2.5.التأثيرات البيئية لاستخدام طاقة الرياح : ..... - 34 -
.II.2.3.الطاقة المائية :..... – 35 –
.II.2.3.1.كيفية عمل الطاقة المائية : ..... - 35 -
II.2.3.2.مصادر الطاقة المائية :..... - 36 -
II.2.3.3.استخدامات الطاقة المائية: ..... - 36 -
.II.2.3.4.التأثير البيئي للطاقة المائية:..... - 36 -
.II.2.4.طاقة الحرارة الجوفية : ..... – 36 –
II.2.4.1.توليد الكهرباء باستخدام طاقة الحرارة الجوفية : ..... - 37 -
II.2.4.2.استخدامات طاقة الحرارة الجوفية : ..... - 38 -
II.2.4.3.التأثير البيئي لطاقة الحرارة الجوفية : ..... - 38 -
II.2.5.الطاقة النووية : ..... – 38 –
II.2.5.1.كيفية عمل الطاقة النووية : ..... - 38 -
II.2.5.2.تقنيات الطاقة النووية :..... - 39 -
II.2.5.3.استخدامات الطاقة النووية : ..... - 39 -
II.2.5.4.التأثير البيئي للطاقة النووية :..... - 40 -
II.2.6.طاقة الكتلة الحيوية : ..... – 40 –
II.2.6.1.مصادر الكتلة الحيوية :..... - 40 -
II.2.6.2.استخدامات طاقة الكتلة الحيوية :..... - 40 -
II.2.6.3.التأثير البيئي لطاقة الكتلة الحيوية :..... - 41 -
خلاصة :..... - 41 -
لفصل الثالث : الهيدروجين الأخضر :..... - 41 -
مقدمة : ..... - 41 -
III.1. ماهية الهيدروجين:..... - 41 -

III.1.1.مركبات الهيدروجين : ..... – 45 –
III.1.1.1.مركبات ملحية (شاردية) : ..... - 46 -
III.1.1.2.مركبات معدنية أو شبه معدنية : ..... - 46 -
III.1.1.3.المتماثرات أو ثنائية الجزيء أو على شكل سلاسل : ..... - 46 -
III.1.2.خصائص الهيدروجين الفيزيائية والكيميائية : ..... – 46 –
III.1.3..نظائر الهيدروجين : ..... – 47 –
III.2.طاقة الهيدروجين :..... – 48 –
III.2.1.التأثير البيئي لطاقة الهيدروجين : ..... - 50 -
III.2.2.أنواع الهيدروجين حسب المادة الخام ومصدر الطاقة المستخدمة في الانتاج : ..... - 50 -
III.2.3.الطرق المستخدمة لإنتاج الهيدروجين : ..... - 50 -
III.3.الهيدروجين الأخضر: ..... – 53 –
III.3.1.مميزات الهيدروجين الأخضر : ..... - 54 -
III.3.2.متطلبات الأمان في التعامل مع الهيدروجين : ..... - 55 -
III.4.التحليل الكهربائي : ..... – 56 –
III.4.1.العوامل المؤثرة على نتائج التحليل الكهربائي : ..... - 56 -
III.4.2.استخلاص الهيدروجين الأخضر بواسطة عملية التحليل الكهربائي : ..... - 56 -
III.4.3.تقنيات التحليل الكهربائي لإنتاج الهيدروجين : ..... - 57 -
III.4.3.1.التحليل الكهربائي القلوي(AFC): ..... - 57 -
III.4.3.2.التحليل الكهربائي للحمض (غشاء تبادل البرتون)(PEM): ..... - 58 -
III.4.3.3.التحليل الكهربائي عالي درجة الحرارة (SOFC) : ..... - 59 -
III.4.3.4.التحليل الضوئي للماء (PEC) : ..... - 60 -
III.4.4.انتاج الهيدروجين باستغلال مصادر الطاقات المتجددة :..... – 61 –
III.4.4.1.من طاقة الرياح : ..... - 61 -
III.4.4.2.من الطاقة الشمسية : ..... - 61 -
III.5.استخدامات الهيدروجين الأخضر: ..... – 62 –
III.6.تخزين الهيدروجين الأخضر: ..... – 63 –
III.7.أهمية الهيدروجين الأخضر : ..... – 63 –

III.8.ايجابيات وسلبيات الهيدروجين الأخضر :..... – 64 –

III.9.محاور الدراسة :..... – 64 –

III.9.1.مبادرات معيار الهيدروجين الأخضر في جميع أنحاء العالم : ..... - 64 -

III.9.2.تحديات انتاج الهيدروجين الأخضر : ..... - 65 -

III.9.3.فجر اقتصاد الهيدروجين الأخضر : ..... - 65 -

III.9.4.تجارب دولية لاستخدامات الهيدروجين : ..... - 66 -

III.9.5.الاهتمام المصري بالهيدروجين : ..... - 67 -

III.9.6.امكانية انتاج الهيدروجين الأخضر في الجزائر :..... - 67 -

خلاصة : ..... – 67 –

الخاتمة العامة: ..... – 73 –

فهرس الأشكال

I.الشكل رقم (1) اجمالي الطلب العالمي على البترول 2004–2014 14

I.الشكل رقم (2) استهلاك الطاقة في مختلف المجالات 2017.....16

I.الشكل رقم(3) مبدأ عمل محطة التوليد البخارية 17

I.الشكل رقم(4) توليد الطاقة من المد والجزر.....20

I.الشكل رقم(5) مبدأ عمل محطة توليد ذات احتراق داخلي 20

I.الشكل رقم (6) كيفية عمل طاقة الرياح 21

I.الشكل رقم (7) محطة توليد الطاقة من قصب السكر 22

II.الشكل رقم (8) خلايا شمسية 29

II.الشكل رقم (9) خلايا شمسية سليكونية متبلورة 29

II.الشكل رقم (10) خلايا شمسية سيليكونية الأمورفية 30

II.الشكل رقم (11) استخدامات الطاقة الشمسية 30

II.الشكل رقم (12) نسيم البر والبحر 32

II.الشكل رقم(13) رسم توضيحي لتوربينات أفقية المحور 33

II.الشكل رقم(14) أنواع من طواحين الهواء عمودية المحور 34

II.الشكل رقم(15) ينبوع ساخن 37

II.الشكل رقم(16) فوار ساخن 37

II.الشكل رقم(17) مخطط مفاعل نووي لتوليد الطاقة الكهربائية 39

III.الشكل رقم(18) نظائر الهيدروجين 48

III.الشكل رقم(19) خلية الوقود القلوية.....58

III.الشكل رقم(20) خلية الوقود ذات غشاء التبادل البروتوني 59

III.الشكل رقم(21) خلية الوقود الأكسيد الصلبة 60

III.الشكل رقم(22) التحليل الضوئي للماء 61

III.الشكل رقم(23) التمثيل التخطيطي لنظام الشمسي –هيدروجيني 62

فهرس الجداول

I.الجدول رقم (1) :أهم التأثيرات لمصادر الطاقة التقليدية 11

I.الجدول رقم (2) : الانتاج لبعض الصناعات الاستخراجية في الدول العربية لعام 2018 12

III.الجدول رقم (3) : مقارنة بين الهيدروجين وأنواع مختلفة من الوقود كمصدر للطاقة 49

قائمة المختصرات

الاختصار	أصل الاختصار باللغة العربية
CO_2	**ثاني أكسيد الكربون**
H_2O	**جزيء الماء**
Alkalin Fuel Cell (AFC)	**خلية الوقود القلوية**
Proton Echange Membrane(PEM)	**غشاء تبادل البروتون**
Solide Oxide Fuel Cell(SOFC)	**خلية وقود الأكسيد الصلبة**
Photo Electrolysis Cell (PEC)	**خلية التحليل الكهربائي الضوئي للماء**

المقدمة العامة

المقدمة العامة :

تعتبر الطاقة من أهم المواضيع التي استقطبت أنظار الباحثين ، وحظيت باهتمامهم منذ الأزل ،ذلك لتعدد وتنوع مجالات استخدامها وهي دعامة أساسية من دعامات التنمية الاقتصادية والاجتماعية في العصر الحديث على مستوى العالم سواء كانت دولا متقدمة أو نامية وبالتالي فهي المحرك الأساسي للنشاط الاقتصادي [1].

ان اكتشاف الانسان للطاقة واستخدامها يزيد من معارفه ويوسع مداركه ويرفع من مستوى سيطرته على الطبيعة ، وفي نفس الوقت فان اكتشاف الانسان للمزيد من مصادر الطاقة الجديدة يرفع من مستوى استخدامه للمصادر القديمة [1]. ومن هنا تعددت مصادر الطاقة المستخدمة ، كما تعددت المعايير التي تعبر عنها ويمكن تقسيم مصادر الطاقة من ناحية استخدامها الى مجموعتين : المصادر التقليدية التي تعتمد عليها بشكل كبير في الحصول على الطاقة مثل (البترول ، الفحم ، الغاز الطبيعي)وتسهم هذه المصادر بنسبة كبيرة في الاستهلاك العالمي من الطاقة ، أما المجموعة الثانية فهي مصادر الطاقة البديلة التي تعتبر مصادر طاقوية حديثة مثل (الطاقة الشمسية ، الطاقة الهوائية ، الجوفية والمائية ...) وهي أنواع قليلة الاستخدام حاليا بيد أنه ينتظر أن تلعب دورا أساسيا في توفير الطاقة للعالم كونها مصادر طاقة نظيفة وغير ملوثة للبيئة [2] .

كما تعتمد الجزائر بالدرجة الأولى على استغلال الموارد الطبيعية التي تزخر بها البلاد وفي مقدمتها النفط اذ يعتبر هذا الأخير سلعة استراتيجية هامة لها دور مهم في بناء وارساء قواعد الاقتصاد الوطني ، كما تتوفر الجزائر نظرا لموقعها الجغرافي المميز على أغنى الحقول الشمسية في العالم محتلة بذلك المرتبة الأولى في حوض المتوسط بالإضافة للإمكانيات الأخرى المتوفرة كطاقة الرياح والطاقة المائية والطاقة الجوفية ، هذا ما قد يمكنها في المستقبل من اقتحام مجال الطاقات المتجددة [3] . وعليه يبقى التحدي الكبير الذي ينتظر الجزائر في ظل هذه المتغيرات هو : مدى قدرتها على الانتقال من اعتمادها على الطاقة الأحفورية المهددة بالنضوب نحو تفعيل استخدام الطاقات المتجددة لتجسيد الانتقال الطاقوي المنشود في ظل التحديات الجيوسياسية والجيواقتصادية التي أصبحت تنطوي عليه أسواق الطاقة في العالم [3].

بالرغم من السيطرة التامة للطاقات التقليدية على سوق التبادلات التجارية الخارجية الطاقوية غير أن هذه الطاقات تشهد تطورات متسارعة من ناحية كمية التصدير والاستيراد أو من ناحية نوعية الطاقة المتبادلة ويرجع ذلك الى عوامل متشبعة ومتنوعة ومتداخلة فيما بينها لعل أهمها : سعر الطاقات ، الحالة الاقتصادية العالمية السائدة من تضخم أو ركود أو نمو و ازدهار ، السياسات المتبعة من قبل الحكومات والمنظمات الدولية للطاقة وغيرها من العوامل ، علاوة عن الآثار البيئية السلبية الناجمة عن الاستغلال وحرق هاته المصادر الطاقوية [1] .

ففي ظل عدم ثبات التبادلات التجارية الخارجية الطاقوية التي سببتها العوامل والأسباب التي ذكرناها سابقا وبروز مشكلة نضوب مصادر الطاقات التقليدية مقابل انتشار مفرط للغازات التي تضر بالبيئة ، تزايد الاهتمام العالمي بموضوع الطاقات المتجددة كمصدر هام ومستقبلي للطاقة وبديلا للطاقة الأحفورية كونها مصدرا نظيفا وصديقا للبيئة .

ونظرا لأهمية الطاقات المتجددة في وقتنا الحالي خاصة مع تدهور أسعار النفط والمشاكل البيئية ظل الاهتمام بهذا المصدر من أولويات السياسات الاقتصادية في جميع بلدان العالم عامة والجزائر خاصة [4] .

ان عملية استغلال الطاقات المتجددة واحلالها محل الطاقة التقليدية ستوفر مردودات اقتصادية هامة فقد أعطت تقييمات الاقتصادية لاستعمال منظومات الطاقات المتجددة وبالخصوص منظومات الطاقة الشمسية مردودات اقتصادية فعالة خلال فترة التشغيل الصغرى ، فأسواق خلايا الوقود مثلا تضاعفت خلال فترة قصيرة نتيجة للتقدم الكبير الذي تحقق في هذا المجال حيث أمكن رفع كفاءة تلك الخلايا مع خفض تكلفة انتاجها كما أن الدول النامية تواصل طريقها قدما للتوسع في استخدام طاقة الهيدروجين [5] .يتجه عدد متزايد من البلدان الى انتاج الهيدروجين كوسيلة متاحة لإزالة الكربون ووصول الى هدف صفر كربون ، لذلك يلقى الهيدروجين محل اهتمام من قبل الخبراء والمختصين في مجال الطاقة باعتباره نوع ناشئ من الطاقة المتجددة حيث يحتوي على انبعاثات كربون أقل بكثير من الهيدروجين الرمادي الذي ينتج من الوقود الأحفوري ، لذلك يمكن القول ان الهيدروجين الاخضر يمكن استخدامه كناقل للطاقة بمعنى وسيلة لتخزين من مصادر متجددة على نطاق واسع بدون بصمة كربونية [6] . ولكي نتوصل الى الغايات الرئيسة التي عرضناها في الدراسة ، قمنا بتقسيم الدراسة الى ثلاث فصول :

يتناول الفصل الأول أهم مصادر الطاقة ومعدل الاستهلاك العالمي لها والمقدار الاحتياطيات المتوفرة ومدى استمرارية هذه المصادر والمشاكل البيئية المترتبة عنه بالإضافة الى مجالات استعمالها وطرق استخراجها .

عرضنا في الفصل الثاني "الاطار المفاهيمي لمصادر الطاقة المتجددة " ، انواعها و ومزاياها وكيفية عمل كل مصدر من مصادرها مع ذكر استخداماتها ، مضافا اليها الأثر البيئي لكل مصدر منها .

أما في الفصل الثالث ، فسلطنا الضوء على "الهيدروجين الأخضر" ودراسة تحضيره كطاقة بديلة بواسطة تقنية التحليل الكهربائي للماء التي تعمل على انتاجه بالاعتماد على الطاقة المتجددة ، كما يتضن هذا الفصل مدى أهمية الهيدروجين الاخضر وتحديات انتاجه وكذا التجارب الدولية لاستخداماته .

وفي الختام ، لابد من السعي الى تطوير وانتاج الهيدروجين الأخضر فهو المصدر الطاقوي الذي يستحق لقب وقود المستقبل والبديل الأخضر النظيف لمصادر الوقود الأحفوري .

المراجع:

[1] بوعشة اسمهان ،"جدوى استغلال الطاقة الشمسية كطاقة متجددة وامكانية استخدامها في التبادلات التجارية الخارجية "، رسالة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه في العلوم التجارية ، جامعة محمد خيضر ، بسكرة (2019/2018) .

[2] آ شيخ بن محمد ، "اقتصاديات موارد الطبيعية والبيئة" ، دار كنعان ، المملكة العربية السعودية ، 2007 ، ص91 .

[3] منال مزراق ، "جيوبوليتيك النفط في الجزائر وتحديات الانتقال الى استغلال الطاقات المتجددة " ، المجلة الجزائرية للأمن والتنمية ، المجلة 10 ، العدد 3 ،2021 ،ص 95 .

[4] سارة جدي ، واقع وآفاق الطاقات المتجددة في الجزائر ،"مجلة الاصلاحات الاقتصادية والاندماج في الاقتصاد العالمي "، مجلد6 ، العدد 20 ، 2015 .

[5] فريدة كافي ، "الطاقات المتجددة ودورها في الاقتصاد وحماية البيئة" ، أطروحة دكتوراه ، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير ، جامعة باجي مختار ، عنابة ، الجزائر ، 2015 ، ص 69 .

[6] نعمة عبد الرحمان ، الهيدروجين الأخضر :مصدر للطاقة في المستقبل ،جريدة الأهرام ، المجلد 6 ، العدد 10 ، 2022 ، ص90 .

الفصل الأول:

عموميات حول الطاقة ومجالات استعمالها

المقدمة:

إن تعدد حاجات الانسان وتنوعها جعلته غير قادر على اشباع حاجياته بإنتاجه المباشر، فاهتدى إلى التخصص في فرع من فروع الانتاج ، وزيادة انتاجه بقدر ما يفيض عن استهلاكه ، ومبادلة الفائض مع منتجين آخرين وهذا ما ينطبق على الاحتياجات الطاقوية، إذ تعتبر الطاقة مطلب ضروري للتقدم الاقتصادي والاجتماعي والانساني ككل [1]، حيث أن توفير وتأمين الوصول الى الطاقة من القضايا الهامة على مستوى العالم ،ولكن هذه الطاقة تتميز بندرة نسبية في مناطق معينة من العالم وبوفرة في مناطق أخرى، وهنا يبرز دور التبادل التجاري الخارجي الطاقوي في انتقال الطاقة بين الدول .

I.1.مفهوم الطاقة:

للطاقة تعاريف عديدة نذكر منها :

-الطاقة هي كل ما يمدنا بالنور ويعطينا الدفء وينقلنا من مكان الى اخر .

-وهي مقدرة نظام ما على انتاج فاعلية او نشاط خارجي (ماكس بلانك)،[2]

-وهي كيان مجرد لا يعرف الا من خلال تحولاته .

-وهي عبارة عن كمية فيزيائية تظهر على شكل حرارة أو شكل حركة ميكانيكية أو كطاقة ربط في أنوية الذرة بين البروتون والنترون .

-كما هي القدرة على القيام بعمل ما وهناك صور عديدة للطاقة ،يتمثل أهمها في الحرارة والضوء والصوت أيضا عبارة عن طاقة ، وهناك الطاقة الميكانيكية التي تولدها الآلات والطاقة الكيميائية التي تتحرر عند حدوث تغيرات كيميائية ، ويمكن تحويل الطاقة من صورة الى اخرى ، فعلى سبيل المثال يمكن تحويل الطاقة الكيميائية في بطارية الجيب الى ضوء ، ويمكن أن تعمل يداك كأنهما الة ، فاذا فركت كفيك معا في الجو البارد فانهما تصبحان دافئتين ، ان الطاقة الميكانيكية الناتجة عن فرك الكفين بالاحتكاك قد تحولت الى حرارة . فالطاقة لا تفنى ولا تستحدث وعندما يبدو أن الطاقة قد استنفذت ، فإنها في حقيقة الامر تكون قد تحولت الى صورة اخرى. [3]

I.2.أنواع الطاقة :

تعرف الطاقة بأشكالها المختلفة نذكر منها ما يلي[2] :

I.2.1.الطاقة الكيميائية:

وهي الطاقة التي تربط بين ذرات الجزيء الواحد بعضها ببعض في المركبات الكيميائية ،وتتم عملية تحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة حرارية عن طريق حدوث تفاعل كامل بين المركب الكيميائي وبين الاكسجين لتتم عملية الحرق وينتج عن ذلك الحرارة ، وهذا النوع من الطاقة متوفر في الطبيعة ، مثال (النفط، الفحم، الغاز الطبيعي والخشب) .

I.2.2.الطاقة الميكانيكية:

وهي الطاقة الناتجة عن حركة الاجسام من مكان لآخر حيث أنها قادرة نتيجة لهده الحركة على بدل جهد ،والذي يؤدي الى تحويل طاقة الوضع الى طاقة حركة ،مثال: (حركة الرياح، ظاهرة المد والجزر) ،ويمكن أن تنشأ الطاقة الميكانيكية بتحويل نوع آخر من الطاقة الى آخر ، مثل المروحة الكهربائية (تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية) .

I.2.3.الطاقة الحرارية:

تعتبر من الصور الاساسية للطاقة التي يمكن ان تتحول كل صور الطاقة اليها ، فعند تشغيل الآلات المختلفة باستخدام الوقود ، تكون الخطوة الاولى هي حرق الوقود والحصول على طاقة حرارية تتحول بعد ذلك الى طاقة ميكانيكية أو الى نوع من أنواع الطاقة ، ولا تتوفر الطاقة الحرارية بصورة مباشرة في الطبيعة الا في مصادر الحرارة الجوفية [2].

I.2.4.الطاقة النووية :

وهي أحد أشكال الطاقة ، وتختص باستخراج الطاقة الموجودة في نواة أحد العناصر ،وهي التي تربط بين مكونات النواة (البروتونات او النيترونات) وهي تنتج نتيجة تكسر تلك الرابطة وتؤدي الى انتاج طاقة حرارية كبيرة جدا.

وقد بين العالم ألبرت انشتين [4]، أن المادة يمكن أن تتحول الى طاقة ، وفقا للمعادلة (1) :

$$E= mc^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث :

E : الطاقة وحدتها الجول

m : الكتلة وحدتها الغرام (g)

c : سرعة الضوء وحدتها m/s

I.2.5.الطاقة الكهربائية :

حيث لا يوجد مصدر طبيعي للكهرباء ،والسبب في ذلك ان جميع المواد تكون متعادلة كهربائيا ، فهي تنشأ بتحويل نوع من أنواع الطاقة الى طاقة كهربائية ، مثل تحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية (المولد الكهربائي) او تحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية (البطاريات) [2] .

I.2.6.الطاقة الضوئية :

هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تحتوي كل منها على حزم من الفوتونات ، وتختلف الموجات الكهرومغناطيسية في خواصها الفيزيائية باختلاف الاطوال الموجية ، ومن الامثلة عليها الاشعة السينية (وهي عبارة عن أشعة غير مرئية ذات طول موجي قصير جدا وتستخدم في المجال الطبي،)، وكذلك أشعة جاما وهي أشعة لا تتأثر بالمجالات الكهربائية أو المغناطيسية ولها القدرة على النفاذ وتعتبر من الاشعة الخطرة [2].

I.2.7.الطاقة الشمسية :

لقد بدأ استغلال الطاقة الشمسية بصورة جدية في أواخر الخمسينيات وأوائل الستينيات عندما استعملت الخلايا الشمسية الفوتوفولطية لتشغيل الأقمار الصناعية في الفضاء ، ومنذ ذلك الحين وحتى الآن دخلت الطاقة الشمسية ولو بصورة محدودة مرافق الحياة كافة ،وتكمن أهمية الطاقة الشمسية في عدم محدوديتها ومجانيتها ووصول الى مناطق معزولة ، اضافة الى عدم مساهمتها بأي شكل من الاشكال في مشاكل تلوث البيئة التي تعد من أخطر المشاكل المعاصرة . كما يختلف مقدار الطاقة الواردة من الشمس اختلافا كبيرا حسب فصول السنة ومن

منطقة لأخرى وتعتبر الطاقة الشمسية مصدرا متجددا غير قابل للنضوب ويسمح باقامة المشاريع في أي مكان دون أن يتطلب ذلك وسائل نقل أو تحميل [5] .

I.3.مصادر الطاقة :

مصادر الطاقة متعددة ومنها [2]:

I.1.3.الطاقة الغير متجددة (المواد الأولية):

وهي عبارة عن المصادر الناضبة ، أي التي ستنتهي مع الزمن لكثرة الاستخدام ،وهي موجودة في الطبيعة بكميات محدودة وغير متجددة ، وهي بالإضافة الى ذلك ملوثة للبيئة ، وتشكل 86 % من حاجة العالم بشكل عام من الطاقة ، أما النسبة الباقية فتأتي من خلال المفاعلات النووية وتقدر النسبة ب6،7% والمشاريع الكهرومائية بنسبة 7،6 % ولا تساهم مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة الا ب 8،0 % من طاقة العالم [2].

وتتكون مصادر الطاقة الغير متجددة من الأنواع التالية :

I.1.1.3.الوقود الأحفوري:[4]

البترول(الزيت الخام) هو زيت مدني لزج داكن يأتي من باطن الأرض ، ويأتي من بقايا الحيوانات والنباتات الميتة ، وبالتالي فان البترول هو مصدر الطاقة غير المتجددة

- **البنزين:**

يحتوي البنزين على المعادن مثل الرصاص ، يتم اطلاقه في الهواء في نفس الوقت من الغازات المنبعثة في السيارات حيث انبعاثات الرصاص ضارة بالصحة والبيئة

- **وقود ديزل :(diesel)**

هو الوقود المستخدم في محركات الديزل ، حيث تتميز محركات الديزل بأنها أعلى كفاءة محركات البنزين تنبعث منها أكثر من 14 مرة جزيئات ، هذه الجزيئات مسؤولة عن تلوث الهواء [2] . يتطلب وقود الديزل الناتج عن عملية التقطير وغيرها العديد من العمليات لتحسين خواصه الاحتراقية وازالة الملوثات منه ،مثل المركبات الكبريتية والنيتروجينية والأوكسجينية . ومن أهم اللقائم للحصول على وقود الديزل :

-مشتقات المقطرات الوسطى غير المعالجة الناتجة عن تقطير الزيت الخام .

-مشتقات المقطرات الناتجة عن عمليات التكسير بوجود الهيدروجين والتكسير الحفزي بالطور السائل والتكسير الحراري وتفحيم الزيوت المتبقية من أبراج التقطير تحت الضغط الجوي وتحت الفراغ [6].

- **الكيروسين** : (**kérosène**)

يمكن أن يصبح البترول أيضا بعد التحول ، كيروسين ، هاذا الوقود هو أثقل قليلا من البنزين ولكنه أخف من الديزل وهو يستخدم للطائرات [2] .يحتوي الكيروسين على 10 الى 25 % من البترول الخام ، ويمكن فصله عن باقي مكونات البترول عن طريق التقطير التجزيئي كما يمكن انتاجه عن طريق تكسير أو تفكيك الزيوت المعدنية الأقل تطايرا عند ضغط جوي ودرجة حرارة مناسبين ،في البداية صنع الكيروسين من قطران الفحم عام 1850 ولكن لاحقا أصبح البترول المصدر الأساسي له وكان ذلك في عام 1859[7].

I.3.1.2.الفحم :

الفحم هو مادة قابلة للاحتراق تأتي من بقايا الغابات ، عندما اكتشف الانسان الفحم استخدمه لتدفئة المنازل أو تشغيل القطارات، واليوم نستخدمه لإنتاج الكهرباء ، ولكن عندما يحترق الكربون فإنه يبعث الكثير من غازات CO_2، هذه الانبعاثات تعتبر من بين الملوثات التي تساهم في التسريع من ظاهرة الاحتباس الحراري [2].

I.3.1.3.الغاز الطبيعي :

وهو وقود جيد جدا يستخدم في الطهي ولتسخين مياه المنازل وتوليد التدفئة ، حيث أن احتراقه ينبعث منه كمية قليلة من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وبالتالي فهو أقل أنواع الطاقة تلويثا للهواء [2].

I.3.2.الطاقة المتجددة :

تعرف بالطاقة النظيفة لأنها مستمدة من الظواهر الطبيعية (الرياح و الاشعاع الشمسي) التي تتجدد ، حيث تختلف مصادرها جوهريا عن مصادر الوقود العادي (بترول، فحم ، غاز طبيعي) وعادة لا تترك بدورها مخلفات كثاني أكسيد الكربون أو غازات ضارة أو تعمل على زيادة الاحتباس الحراري كما يحدث عند احتراق الوقود العادي .

وتتميز الطاقة المتجددة بعدة مميزات نذكر منها :[2]

_ تعتبر طاقة محلية وطبيعية متيسرة لكافة الأفراد والشعوب والدول بشكل وفير وخاصة في المناطق الاقل حظا من ناحية التطور الحضاري

_تعتبر سليمة من الناحية البيئية ولا تتسبب في اصدار غازات تضر بطبقة الاوزون أو تؤدي الى ارتفاع درجة حرارة الأرض كغاز ثاني أكسيد الكربون

_تناسب الامكانات البشرية والتكنولوجية والاقتصادية لدى الدول المتقدمة

_ لامركزية وبالتالي تمنح لمستخدميها استقلالية خاصة عن الشبكة المركزية لتوزيع الطاقة .

I.3.3.التأثيرات البيئية للطاقة :

لو لم يحدث التحول الى الاعتماد على الوقود الاحفوري من الفحم الحجري الى النفط لكان لذلك آثار بيئية مدمرة على صحة الانسان في فترة وجيزة من الزمن ، و الجدول (1) يوضح أهم التأثيرات البيئية للفحم والنفط والغاز الطبيعي [8].

جدول (1): أهم التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة التقليدية [9].

مصادر الطاقة	التأثيرات البيئية
الفحم	- تلوث المياه السطحية والجوفية. - اضطراب وتغيرات في استخدام الاراضي وتدهور النظام البيئي. - انبعاثات غازات ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والنيتروجين
النفط	- تلوث سطح التربة بالغازات الثقيلة وبمخلفات الرماد والخث. - تدهور التربة وانجرافها نتيجة عمليات الاستخراج والنقل
الغاز الطبيعي	- تغيرات عالمية في المناخ بسبب انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون والغازات الحابسة للحرارة. - تلوث البحار والمحيطات

I.4.مجالات استعمال الطاقة :

تعتبر الطاقة هي شريان الحياة ، حيث تعددت مجالات استعمالها ويمكن أن نذكر منها مايلي :

I.1.4.المجال الصناعي :

تم تصنيفه في مجموعتين اساسيتين هما [10]:

1.1.4.الصناعات الاستخراجية :

تشمل الصناعات الاستخراجية صناعة استخراج النفط والغاز الطبيعي، واستخراج الخامات المعدنية وغير المعدنية .وتمثل عمليات انتاج ونقل وتكرير ومعالجة النفط والغاز الطبيعي المستهلك الرئيسي للطاقة في القطاع الصناعي العربي ، اذ يتطلب انتاج النفط والغاز الطبيعي كميات كبيرة من الطاقة لعمليات الاستخراج والمعالجة والنقل ، حيث تستهلك في تشغيل مضخات انتاج المواد الهيدروكربونية ، والمياه المرافقة ، وتوفير الحرارة اللازمة لعمليات فصل النفط المستخرج ، وانتاج البخار اللازم لعمليات الاستخراج المدعم ، وتشغيل مضخات اعادة حقن المياه ونقل النفط المنتج عبر الانابيب ، وتشغيل ضواغط اعادة ضغط الغاز الطبيعي المنتج أو تصديره عبر الانابيب ، وتأمين الوقود اللازم لمجموعات توليد الطاقة الكهربائية المستخدمة في عمليات التشغيل ، وتغذية التجمعات السكنية العاملة في هذا المجال.

كما تحتل الصناعات الاستخراجية أهمية كبيرة في عدد من الدول العربية حيث تشمل هذه الصناعات استخراج النفط والغاز الطبيعي، وخامات المعادن كالحديد والنحاس والزنك والخامات الغير معدنية كالفوسفات[11] .ويمكن توضيح ذلك من خلال الجدول (2)

.

الجدول (2): الانتاج لبعض الصناعات الاستخراجية في الدول العربية لعام 2018 [12].

	انتاج النفط الخام(ألف ب/ي)	الغاز الطبيعي المسوق (مليار متر مكعب)	انتاج الفحم الحجري (ألف طن)	الطاقة الانتاجية لاستخراج خام الحديد (الف طن /سنة)	طاقة انجاز صخر الفوسفات (الف طن)	انتاج خام الزنك (ألف طن)	انتاج خام الرصاص (ألف طن)	انتاج خام النحاس(ألف طن)
اجمالي الدول العربية	317،25	580.4	265،1	270.3،23	075،74	2،146	114.0	79.5

2.1.4.الصناعات التحويلية:

تعتبر الصناعات التحويلية قطاعا واسعا ومتنوعا يدخل في نطاقه منظومة عريضة من الصناعات المختلفة ، التي تصنف الى ثلاث مجموعات هي :

1- الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة وتتضمن الصناعات الكيميائية ، والمعدنية ، والغذائية ،وصناعة الورق ، والزجاج ، ومواد البناء .

2- الصناعات منخفضة الاستهلاك للطاقة وذات القيمة المضافة العالية وتتضمن صناعة وسائط النقل والاليات الصناعية والأجهزة الكهربائية ، والحواسب الالكترونية .

3- الصناعات منخفضة الاستهلاك للطاقة وتتضمن صناعة النسيج ، والتبغ ، والطباعة ، والبلاستيك ، وصناعة الجلود والمنتجات الجلدية .

وغيرها من الصناعات الأخرى :

_صناعة الاسمنت

_صناعة الحديد والصلب

_صناعة الألمنيوم

_صناعة التكرير

_الصناعات البيتروكيميائية

_الصناعات النسيجية

I.2.4.المجال الطبي :

توفر التقنيات النووية صورا لداخل جسم الانسان وتسهم في علاج بعض الأمراض ، فعلى سبيل المثال : تمكن الأطباء وفقا للأبحاث النووية من تحديد كمية الاشعاع اللازمة بدقة لقتل الخلايا السرطانية دون الاضرار بالخلايا السليمة.

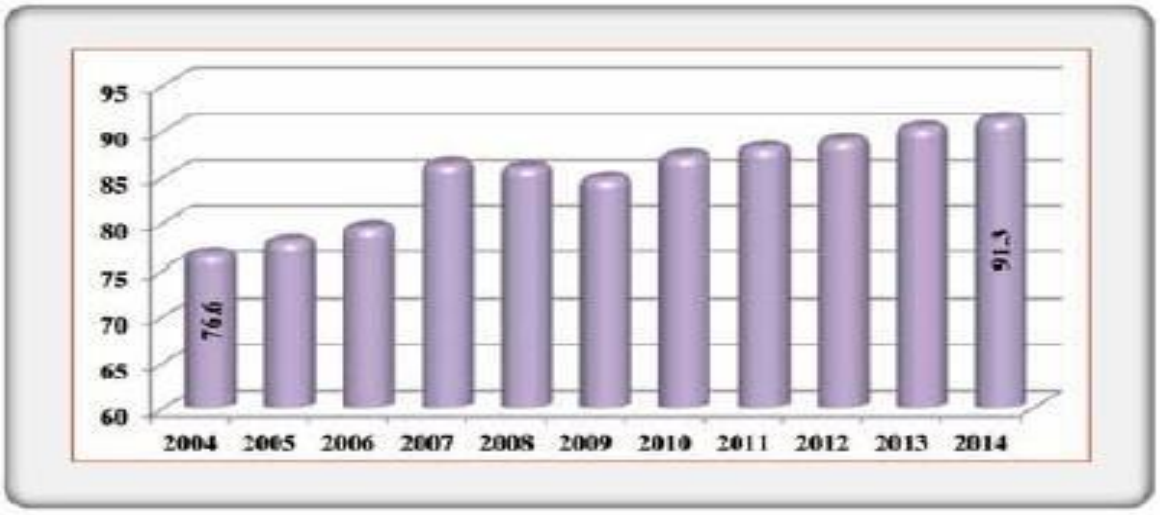
اضافة الى التصوير بالأشعة السينية التي تعتبر من أهم أدوات التشخيص الطبية الأكثر استخداما ، وهي تعتمد على الاشعاع وتتيح للأطباء فرصة الاطلاع على جسم الانسان من الداخل .

وتستخدم المستشفيات أشعة جاما لتعقيم المعدات الطبية بأمان وبتكلفة قليلة مثل :الحقن وضمادات الحروق والقفازات المستخدمة في الجراحة وصمامات القلب . [13]

I.3.4.المجال الاقتصادي:

من خلال الشكل رقم (1) نلاحظ تطورا ملحوظا في الطلب العالمي على البترول خلال الفترة (2004_2014)، حيث ارتفع من 6،76 مليون ب/ي في عام 2004 الى 5،86 مليون ب/ي في عام 2007 [12]، ويعزى ذلك الارتفاع بالدرجة الأولى الى معدلات النمو الاقتصادي المرتفعة لاسيما في اقتصاد الولايات المتحدة الأمريكية والصين والهند ومنطقة اليورو . وفي عام 2008 ، انخفض الطلب الى 1،86 مليون ب/ي ، وواصل انخفاضه في عام 2009 ليصل الى 8،84 مليون ب/ي وهو أدنى مستوى له خلال فترة الدراسة ، متأثرا بالتباطؤ في أداء الاقتصاد العالمي الذي أفرزته الأزمة المالية العالمية ، محققا بذلك اكبر انخفاض له منذ عام 1982 عندما بلغ الانخفاض 6،1 مليون ب/ي ، وبعد ذلك عاد الطلب ارتفاعه ليصل الى 3،87 مليون ب/ي في عام 2010 نتيجة لانتعاش نمو الاقتصاد العالمي ، وواصل الارتفاع ليصل الى أعلى مستوى له خلال فترة الدراسة وهو 3،91 مليون ب/ي في عام 2014 ، وبذلك تكون المحطة النهائية هي ارتفاع الطلب العالمي على البترول خلال الفترة المدروسة بحولي 7،14 مليون ب/ي ، أي بمعدل نمو بلغ 8،1بالمية سنويا [14].

الشكل (1).



الشكل رقم (1): اجمالي الطلب العالمي على البترول 2004_2014 [14].

I.4.4.مجال استكشاف الفضاء :

مكنت التقنية النووية العلماء من استكشاف الفضاء بدقة ، اذ تستخدم الحرارة الناتجة عن البلوتونيوم لتوليد الكهرباء في مولدات المركبات الفضائية التي تعمل بدون طيار ويمكنها العمل لعدة سنوات .

وعلى مدى الأعوام الخمسين الأخيرة ، استخدمت 27 بعثة فضائية تقنية الطاقة النووية لاستكشاف النظام الشمسي، فهي مصدر موثوق وطويل الأمد للكهرباء ، ويمكنها تشغيل هذه المركبات الفضائية حتى أثناء تجولها في عمق الفضاء .

وذكر في ملاحظات معهد الطاقة النووية أن المركبة الفضائية فوياجر 1 التي أطلقت عام 1977 لدراسة النظام الشمسي الخارجي ، أنها مازالت ترسل بيانات الى يومنا هذا ، اضافة لذلك ، تعمل المركبة الفضائية "مارس رورفر" أو ما يطلق عليها " كيوريوسيتي" بمولد للطاقة النووية ، الذي يوفر طاقة كافية تسمح للمعدات المتطورة من جمع العينات وتحليلها وارسال البيانات الى الأرض[13] .

ويساهم مولد الطاقة النووية في ابقاء أنظمة المركبة ضمن درجات الحرارة المطلوبة واللازمة لاستكمال العمليات بفعالية على كوكب المريخ الذي يمتاز بدرجات حرارة منخفضة تحت الصفر[13] .

I.4.5.واقع استهلاك الطاقة في الجزائر سنة 2017 :

بالنظر الى مشاريع الغاز الضخمة التي تمت الموافقة عليها في السنوات الأخيرة ، مشروع تيممون التي حصلت على 5ملايين متر مكعب في العام في مارس 2018 ، حقل ريغاني الشمالي الذي يبلغ 8 ملايين متر مكعب في السنة ، وحقل التوات تبلغ طاقته 8،12 مليون متر مكعب من الغاز سنويا .[15]

وتجدر الاشارة الى أن الجزائر أنتجت 100 مليار متر مكعب من الغاز سنة 2017 ، منها 55 مليار متر مكعب /يوم يتم تصديرها ، بينما تم استخدام الباقي لتلبية الطلب المحلي .

اذا كان انخفاض استهلاك للمنتجات البترولية سنة 2017 ،وذلك بفضل الضرائب التي أدرجت في اطار قانون المالية ، كان مختلفا عن الغاز واستمرار زيادة استهلاك الكهرباء في التأثير على قدرة التصدير من الجزائر.[15]

وبالتالي ، وفقا لميزانية سنة 2017 لوزارة الطاقة ، فان الاستهلاك الوطني للطاقة مع الخسائر عرف زيادة تصل الى (+1،2 %) لتصل الى 6،59 مليون طن من المكافئ النفطي .بلغ الاستهلاك الوطني النهائي 6،40 مليون مكافئ نفطي سنة 2017 من المنتوجات البترولية ، ما بين 2016-2017 عرف :

-استهلاك المنتجات البترولية انخفض بنسبة 6،1 % من 1،16 مليون الى 8،15 مليون مكافئ نفطي .

-استهلاك الغاز زيادة ب 4،1 % من 7،21 مليون الى 22 مليون مكافئ نفطي .

-استهلاك الكهربائية زيادة ب 5،5 % من 8،16 مليون الى 8،17 مليون مكافئ نفطي .

I.4.6.المجال الزراعي:

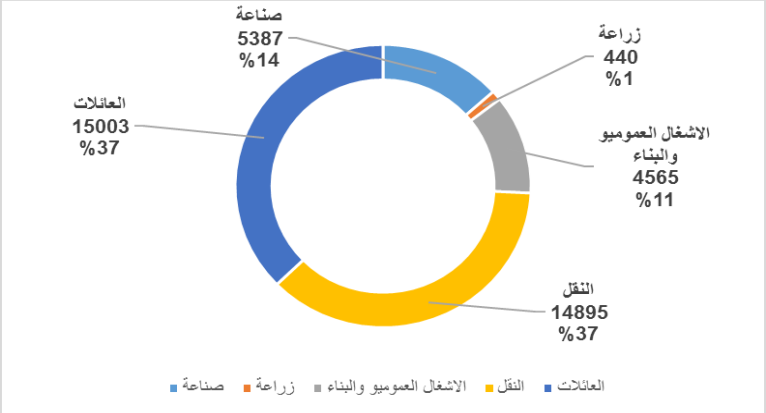
استهلك القطاع الزراعي حوالي 7 % من الطاقة الاجمالية سنة 2018 ، وذلك أساسا لزراعة أراضي وتدفئة المباني ، وتم استهلاك من المنتجات البترولية (زيت الوقود وزيت الوقود الثقيل والديزل والبنزين) ما يقرب من 79 % من اجمالي استهلاك الطاقة في القطاع الزراعي سنة 2018 ، واستهلاك حوالي 6 % من غاز البروبان ، ورغم أن استهلاك هذا الأخير يبقى متدنيا رغم كل الجهود المبذولة لتطويره منذ سنة 1980 ، علما ان الجزائر لا تستعمل الطاقات المتجددة الحرارية واستعادة النفايات حيث أنها تفكر في وضع برنامج لرفعها الى 4 % من استهلاك الطاقة الزراعية في سنة 2025 [15].

بلغ استهلاك الكهرباء في الزراعة ، ضعف ما كانت عليه في الثمانينات ، ويشكل هذا حوالي 14 % من استهلاك الكهرباء بالنسبة للطاقة الزراعية [15].

-كما يستعمل المزارعون الاشعاع في عدة دول حول العالم لمنع الحشرات الضارة من التكاثر والتقليل من أعدادها وحماية المحاصيل الزراعية ، وبالتالي توفير كميات أكبر من الغذاء للعالم .

ويعمل تعريض الطعام للإشعاع على قتل البكتيريا والكائنات الضارة الأخرى فيه ويعتبر نوعا من التعقيم ، وذلك دون تحويل الطعام الى غذاء مشع أو أن يؤثر على القيمة الغذائية للطعام ،وفي الواقع يعد التشعيع السبيل الوحيد لقتل البكتيريا في الأطعمة النيئة والمجمدة بطريقة فعالة . [13].

الشكل (2)يوضح استهلاك الطاقة في مختلف المجالات لسنة 2017 .



الشكل رقم (2):استهلاك الطاقة في مختلف المجالات 2017 [15].

I.5.الطرق المستعملة لاستخراج الطاقة :

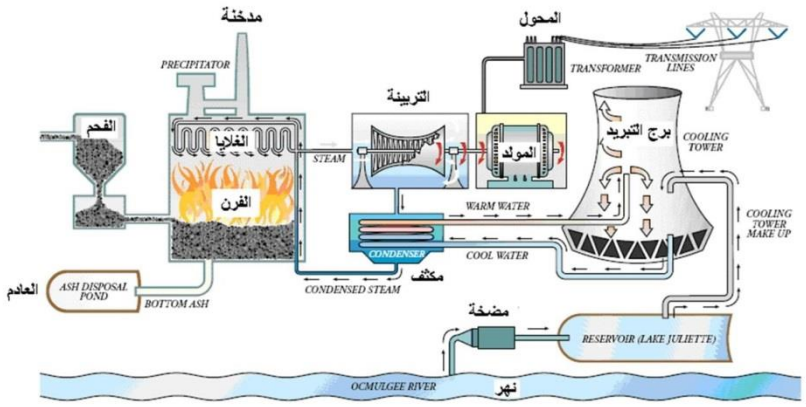
ان عملية توليد الطاقة أو انتاج الطاقة الكهربائية هي في الحقيقة عملية تحويل الطاقة من شكل الى اخر حسب مصادر الطاقة المتوفرة وهنا نذكر انواع محطات التوليد المستعملة على الصعيد العالمي :

I.1.5.محطات التوليد البخارية :

تعتبر هذه المحطات محولا للطاقة وتستعمل هذه المحطات أنواع مختلفة من الوقود حسب الأنواع المتوفرة مثل الفحم الحجري أو البترول السائل أو الغاز الطبيعي أو الصناعي .

تمتاز المحطات البخارية بكبر حجمها ورخص تكاليفها بالنسبة لإمكاناتها الضخمة كما تمتاز بإمكانية استعمالها لتحلية المياه المالحة ،الأمر الذي يجعلها ثنائية الانتاج خاصة في البلاد التي تقل فيها مصادر المياه العذبة .[16]

اذ تعمل بضخ البخار الساخن مباشرةً من مخزون المياه الحار الموجود في باطن الأرض إلى العنفة و التي بدورانها يدور المولد الكهربائي المربوط معها وبالتالي تتولد الطاقة الكهربائية. بعد مرور البخار الساخن وتدويره للعنفة يتم تكثيف البخار وبالتالي تحويله إلى ماء يعاد إلى جوف الأرض عن طريق بئر الحقن [17] .حيث توضح كيفية عمل هذه المحطة في الشكل رقم (3).



الشكل رقم (3) :مبدأ عمل محطة التوليد البخارية [18].

I.1.1.5.العوامل المؤثرة في اختيار مواقع المحطات البخارية :[19]

هناك عوامل تؤثر على اختيار مواقع المحطات البخارية وهي :

-القرب من مصادر الوقود وسهولة نقله الى هذه المواقع وتوفر وسائل النقل الاقتصادية .

-القرب من مصادر مياه التبريد لأن المكثف يحتاج الى كميات كبيرة من مياه التبريد (لذلك تبنى على شواطئ البحار أو بالقرب من مجاري الأنهار).

-القرب من مراكز استهلاك الطاقة الكهربائية لتوفير تكاليف انشاء خطوط النقل .

I.2.5.محطات التوليد النووية :

محطات التوليد النووية هي نوعا من محطات التوليد الحرارية لأنها تعمل بنفس المبدأ وهو توليد البخار بالحرارة وبالتالي يعمل البخار على تدوير التوربينات التي بدورها تدور الجزء الدوار من المولد الكهربائي وتتولد الطاقة الكهربائية على أطراف الجزء الثابت من هذا المولد . والفرق في محطات التوليد النووية أنه بدل الفرن الذي يحترق فيه الوقود يوجد هنا مفاعل ذري يتولد في الحرارة نتيجة انشطار ذرات اليورانيوم بضربات الالكترونات المتحركة في الطبقة الخارجية للذرة وتستغل هذه الطاقة الحرارية الهائلة في غليان المياه في المراجل وتحويلها الى بخار ذي ضغط عال ودرجة مرتفعة جدا .[20]

تحتوي محطة التوليد النووية على الفرن الذري الذي يحتاج الى جدار عازل وواق من الاشعاع الذري وهو يتكون من طبقة من الآجر الناري وطبقة من المياه وطبقة من الحديد الصلب ثم طبقة الاسمنت تصل الى سمك مترين وذلك لحماية العاملين في المحطة والبيئية المحيطة من التلوث بالإشعاعات الذرية ،حيث غير مستعملة في البلاد العربية حتى الان .[19]

I.3.5.محطات التوليد المائية :

يبنى السد على مجرى مائي، فيحجز الماء خلفه لتتكون بحيرة اصطناعية عالية بسعة مائية كبيرة. وتعتمد طاقة الوضع في ذلك الخزان الكبير على كمية المياه التي يحتويها ، وعلى ارتفاع منسوب الماء، وعلى الجاذبية الارضية،

عند فتح المنفذ المائي في السد، تتدفق المياه بتأثير الجاذبية، وتتحول طاقة الوضع الكامنة في الماء إلى طاقة حركية. وإذا أهملنا مقاومة أنبوب تدفق المياه أثناء حركتها إلى التوربين يمكن القول أن طاقة الوضع للماء تتحول بكاملها تقريبا إلى طاقة حركية تدير التوربين . يدير التوربين بدوره مولد الكهرباء في وجود حث كهرومغناطيسي وينشأ التيار الكهربائي ، في المولد الكهربائي تتحول طاقة التدوير الآلية بواسطة المجال المغناطيسي العالي الموجود به الى توليد الطاقة الكهربائية بالحث المغناطيسي ، تماما كما في مولد الدراجة (يسمى الدينامو) أو السيارة ، أخيرا تنقل الطاقة الكهربائية المولدة الى شبكة التغذية بجهد عال لتقليل الهدر الناجم عن مقاومة التيار الكهربائي في الأسلاك .[21]

I.1.3.5.مكونات محطة التوليد المائية :

تتألف بصورة عامة من الأجزاء الرئيسية التالية : [19]

- **مساقط المياه :**

وهو عبارة عن أنبوب كبير أو أكثر يكون في أسفل السد أو من أعلى الشلال الى مدخل التوربينة وتسيل في المياه بسرعة كبيرة .

- **التوربين :**

تكون التوربينة والمولد عادة في مكان واحد مركبين على محور رأسي واحد ، يركب المحور فوق التوربينة ' وعندما تفتح البوابة في أسفل الأنابيب المائلة تتدفق المياه بسرعة كبيرة في تجاويف مقعرة فتدور بسرعة وتدير معها العضو الدوار في المولد حيث تتولد الطاقة الكهربائية على أطراف هذا المولد .

- **انبوب السحب :**

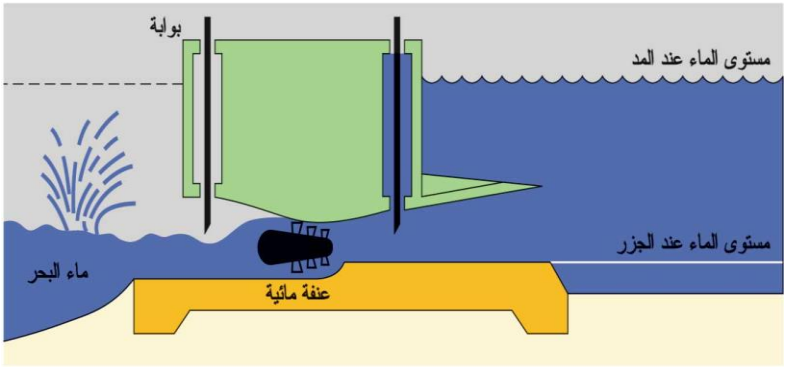
بعد ان تعمل المياه المتدفقة في تدوير التوربين فلا بد من سحبها للخارج بسرعة ويسير حتى لا تعوق الدوران ، لذا توضع أنابيب بأشكال خاصة لسحبها للخارج السرعة اللازمة .

- **المعدات والآلات المساعدة :**

تحتاج محطات التوليد المائية العديد من الآلات المساعدة مثل المضخات والبوابات والمفاتيح ومعدات تنظيم سرعة الدوران وغيرها .

I.4.5.محطات التوليد من المد والجزر:

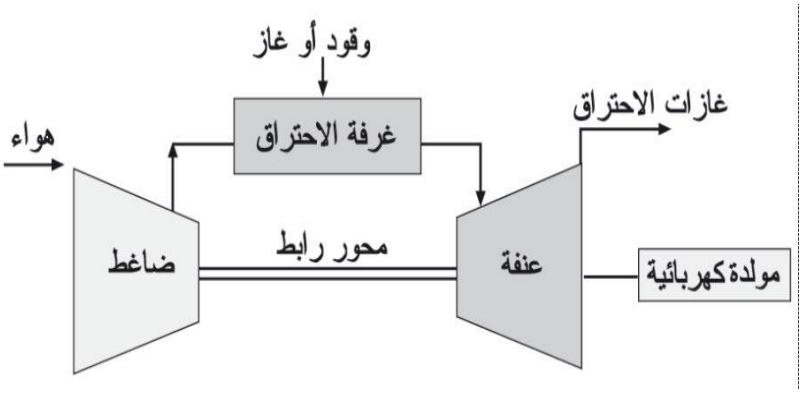
ان الحواجز التي تشيد على الخلجان المناسبة مصممة لاستخلاص الطاقة من ارتفاع الأمواج وانخفاضها وذلك باستخدام عنفات منصوبة في الممرات المائية عند الحواجز . والطاقة الكامنة الناتجة عن الاختلاف في مستوى الماء تتحول الى طاقة حركية على شكل ماء يمر بسرعة عالية خلال العنفة . وهذه الطاقة الحركية تتحول بدورها الى طاقة حركية دوارة ناتجة عن حركة شفرات العنفة . وهذه العنفة الدائرة تقوم بتسيير مولد لإنتاج الطاقة الكهربائية ، ومعدل القدرة الناتجة من حواجز المد والجزر يتناسب بصورة تقريبية مع مربع مستويات المد والجزر [22].



الشكل رقم (4) : توليد الطاقة من المد والجزر [23].

I.5.5.محطات التوليد ذات الاحتراق الداخلي :

هي عبارة عن آلات تستخدم الوقود السائل حيث يحترق داخل غرف احتراق بعد مزجها بالهواء بنسب معينة ، فتتولد نواتج الاحتراق وهي عبارة عن غازات على ضغط مرتفع تستطيع تحريك المكبس كما في حالة ماكينات الديزل أو تستطيع تدوير التوربينات حركة دورانية كما في حالة التوربينات الغازية [19].

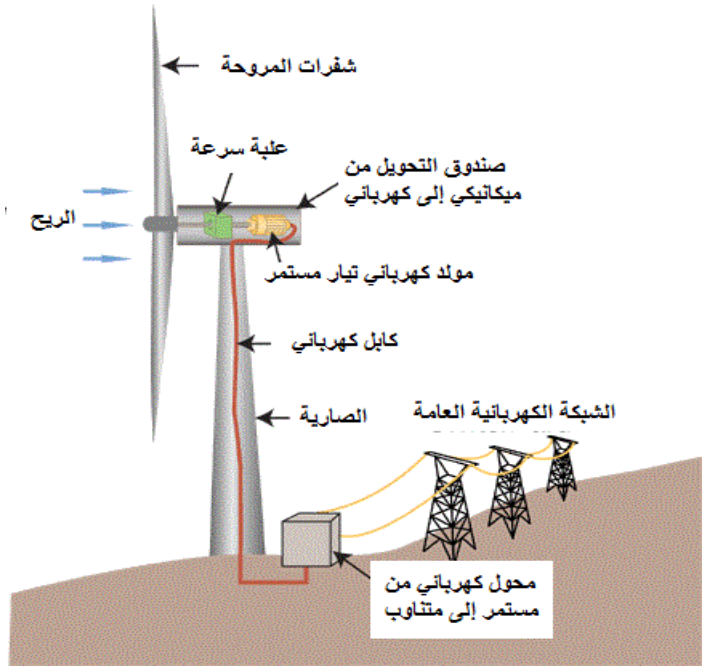


الشكل رقم (5):مبدأ عمل محطة توليد ذات احتراق داخلي [24].

I.6.5.محطات التوليد بواسطة الرياح :

محطة توليد الطاقة منشأة تنتج الطاقة الكهربائية حيث يتم تحويل الطاقة الحرارية المستخدمة في المحطة الى طاقة حركية لتشغيل المولد الكهربائي الذي يعتبر العنصر الرئيسي الذي تعمل كل عناصر المحطة من أجل تشغيله [25].

تحتوي العديد من محطات توليد الطاقة الكهربائية على مولد واحد أو أكثر ، وهو آلة دوارة تحول الطاقة الميكانيكية الى تيار كهربائي ثلاثي الأطوار . ينتج التيار الكهربائي عن الحركة النسبية بين الحقل المغناطيسي والموصل .تحرق معظم محطات توليد الطاقة الكهربائية في العالم الوقود الأحفوري مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي لتوليد الكهرباء كما هو مبين في الشكل (6).



الشكل رقم (6):كيفية عمل طاقة الرياح [26].

I.7.5.توليد الوقود من النفايات :

توجد عدة معامل تدوير للمخلفات الصلبة وذلك بطريقة الفصل الميكانيكي للمواد غير القابلة للحرق مثل المعادن والزجاج ،ثم توجيه المواد العضوية المتبقية الى منظومات انتاج الوقود ، حيث عملية استخراج الوقود من النفايات هي أكثر سهولة من عمليات الفصل الميكانيكي المعقدة ، وفيها أيضا يتم استخدام الرماد كمادة تحرق مع الفحم لأغراض توليد الطاقة . ولقد أدت القوانين والأنظمة الصارمة التي وضعتها بعض الدول الأوروبية بخصوص حرق النفايات الى التقليل من استخدام هذه الطريقة [27].

I.8.5.توليد الطاقة من قصب السكر :

يعتبر توليد الطاقة من تفل قصب السكر من أفضل مشاريع الطاقة جاذبية ونجاحا ، وهذا ما ثبت في أكثر الدول انتاجا لقصب السكر ، مثل مرشيوس وجزيرة ريونيون والهند والبرازيل ، وانتاج الطاقة والحرارة من قصب السكر هي من أفضل طرق تجديد الطاقة التي تضمن التطور المستدام للدول واستثمار الموارد المحلية وزيادة الانتاجية والتنافسية الصناعية .

يمثل استعمال التفل لتوليد الطاقة فرصة لربح ايرادات كبيرة من خلال بيع الكربون والكهرباء ، بالإضافة الى أن توليد الحرارة والطاقة تمكن منتجي السكر من تغطية احتياجاتهم من الطاقة وتخفيض في تكاليف تصنيعه في كثير من الحالات بنسبة تصل الى 25 % ، كما أن حرقه يخلص من النفايات من خلال استخدامها كمواد وسيطة للمولدات الكهربائية والتوربينات البخارية [28].

الشكل رقم (7): محطة توليد الطاقة من قصب السكر[28] .

خلاصة الفصل الأول:

تعتبر الطاقة من أهم المواضيع التي استقطبت انظار الباحثين ، وحظيت باهتماماتهم منذ الأزل ، ذلك لتعدد وتنوع مجالات استخدامها ،بما في ذلك النقل ، والصناعة ، والتدفئة ، والتبريد ،والاضاءة ، والاتصالات ، والحوسبة . حتى أن نمو الطلب العالمي عليها يزداد نتيجة التقدم الصناعي والنمو السكاني السريع ، مع ازدياد المعرفة بالتهديدات التي تواجه بيئة الكرة الأرضية نتيجة استخدام الطاقة التقليدية ،التي يمكن حصرها في الوقود الأحفوري (النفط والغاز ...الخ) والطاقة النووية ،هذا ما يخلف جملة من المشاكل ملمة بالفرد والبيئة في ان واحد ،فاستغلال مصادر الطاقة التقليدية يسبب التلوث الجوي بالغازات السامة التي من نتائجها ، توسع ثقب الأوزون ،والأمراض الصدرية ...الخ .

وأكثرها ضررا غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الذي يؤدي الى ارتفاع درجة حرارة الأرض ،مغيرا بذلك مناخها ،بالإضافة الى أن استغلال الطاقة النووية يخلف نفايات مشعة طويلة الأمد ، حيث أن انصهار او انفجار قلب مفاعل نووي واحد قادر على تلويث مئات الكيلومترات المربعة من الأرض بالإشعاع النووي لسنوات عديدة .

المراجع:

[1] هاني عبد القادر عمارة ، الطاقة وعصر القوة ، دار غيداء للنشر والتوزيع ، الأردن ، 2012، ص 33 .

[2] عبد المطلب النقرش ،الطاقة ،مفاهيمها ، انواعها ،مصادرها،المملكة الأردنية الهشمية ،2005 ،ص6.

[3] ياسين عيسى محمد ،مصادر الطاقة ،مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع ،عمان ،2006،ص9 .

[4] محمد مصطفى محمد الخياط،الطاقة أنواعها-مصادرها-استخداماتها،2006،القاهرة،ص73 .

[5] وسيلة واعر ، 'الطاقة الشمسية وطاقة الرياح' ، مجلة الاقتصاد الصناعي ، المجلد (11)، العدد (1)، 2021،ص593 .

[6] حامد بن عودة ، "وقود الديزل"، 1432هـ ،2011 م ، ص7 ،

[7] أكرم العلي ، "كيروسين" ، مصادر الكيمياء ، (www.chemistrysources.com)

[8] عابد عبد الله ، "أساسيات علم البيئة"، دار وائل للنشر والطباعة ،الاردن، الطبعة (2)، 2004 ، ص137 .

[9] شحاتة حسن أحمد ، التلوث البيئي ومخاطر الطاقة ، مكتبة الدار العربية للكتب ،القاهرة ، مصر،2003 ،ص 66 .

[10] نصري ذياب ،جيوغرافية الطاقة ، الجنادرية للنشر والتوزيع ،الأردن، 2011 ،ص 132،133 ،134.

[11] ريغي مليكة ،"الصناعة في الدول العربية وعلاقتها بالناتج المحلي الاجمالي"، مجلة الاقتصاد الصناعي ، العدد (14)، 2018 ص30.

[12] ع.بن عبد الله الحميدي ،آفاق الاقتصاد العربي ، الطبعة 9 ،العدد2019،ص322 .

[13]سلام أحمد العبلاني ، الطاقة النووية واستخداماتها السلمية ، مجلة علمية ، العدد 107، 2019، ص19،18.

[14] ماجد ابراهيم عامر، تطور خارطة سوق النفط العالمية والانعكاسات المحتملة على دول الأعضاء في أوبك ،المجلد 42 ، العدد 156 ، 2016، ص 15 .

[15] سيواني عدلان ،د.سليمان زواري فرحات،مراجعة الطاقوية الوطنية وزارة الطاقة والمناجم سنة 2018 ، ص18،دراسة تنبؤية للاستهلاك طاقة الكهرباء في المجال الزراعي بالجزائر لعام2025 ، المركز الجامعي ميلة.

[16]م. عبد الوهاب كعود، محطات التوليد ونقل الطاقة، المملكة العربية السعودية ، 2004، ص92.

[17]Thomas C. Elliott، Kao Chen، Robert Swanekamp. Standard Handbook of Powerplant Engineering، 1998). P95.

[18] A. abubaker.Stem power station ، 9/2022،(www.ae.linkedin.com)

[19] أحمد الحديدي ،الالكترونيات والكهرباء ، الأردن، 2009، ص6 .

[20] محمد البيلي ، طرق توليد الطاقة الكهربائية ، 2009 ، ص6 ،

[21] أحمد شمس الدين ، محطات انتاج الطاقة الكهربائية ، 2016 ، ص42،41 .

[22] أحمد ربيع أحمد يوسف ، الهندسة الميكانيكية ، 2007 ، ص173 .

[23] محمود السيد ، الموسوعة العربية ،الفيزياء والكيمياء ، المجلد 12، ص430 .

[24] غ.صندوق ، الموسوعة العربية ، التقنيات(التكنولجية)، المجلد 18 ،ص18 .

[25] Tompson ، Silvanus P ، Dynamo-electric machinery، manual for students of electrotecnics ، london ، 2016 ، p 140.

[26] نوردين شيخ عبيد ، مجلة نور ، فرنسا ، 2019 ، ص40 .

[27] م ، ربيع الريس ،الطاقة من النفايات ،ركن الهندسة الميكانيكية ،2010 ،ص131 .

[28]Salman Zafar ، Cogeneration of Bagasse،2021 ،www.bioenergyconsult.com .

الفصل الثاني:

الطاقة البديلة

مقدمة :

استخدم الانسان الطاقة التقليدية استخداما مكثفا مبالغا فيه والتي تعتمد على الوقود الاحفوري اي البترول ومشتقاته، الفحم والغاز الطبيعي مما تسبب في أضرار بالغة الخطورة على البيئة وللحد من هذه الأضرار والمحافظة على الطاقات التقليدية كاحتياطي استراتيجي الأجيال القادمة نجد أن العالم اليوم ازداد اهتمامه بموضوع الطاقات البديلة كمصدر رئيسي ومستقبلي للطاقة بحيث تكون بديلا للطاقة الأحفورية كونها طاقة متجددة ، نظيفة و صديقة للبيئة .

II.1.مفهوم الطاقة البديلة (المتجددة) :

هي تلك الطاقات التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري بمعنى أنها الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد أو التي لا يمكن أن تنفذ ، كما تعرف الطاقة المتجددة بانها الطاقة التي تولد من مصدر طبيعي لا ينضب وهي متوفرة في كل مكان على سطح الأرض ويمكن تحويلها بسهولة الى طاقة ، أي أن الطاقة المتجددة هي الطاقة المكتسبة من عمليات طبيعية تتجدد باستمرار . [1]

II.2.مصادر الطاقة البديلة (أنواعها) :

من بين أهم مصادر الطاقة المتجددة في العالم ما يلي :

II. 1.2.الطاقة الشمسية :

تتمثل في الضوء المنبعث من الشمس والحرارة الناتجة عنها ، حيث استطاع الانسان تسخيرها منذ العصور القديمة باستخدام مجموعة من الوسائل التكنولوجية التي تتطور باستمرار ، وتقدر كمية الاشعاع الشمسي الواصلة الى الأرض ب1،36 كيلو واط في المتر المربع وان حوالي 50 % تنعكس في الفضاء ، و15 منها تنعكس على سطح الأرض و35 % يمتص من قبل الهواء والماء والتربة ، من خصائصها أنها من أكثر المصادر وفرة وتتميز بسهولة تحويلها الى أشكال طاقوية أخرى . [2]

ويمكن الاستفادة من الطاقة الشمسية عن طريق المنظومات الحرارية التي تجمع الاشعاع الشمسي لرفع درجة مائع ما في الغالب الماء أو عن طريق المنظومات الضوئية التي تحول ضوء الشمس مباشرة الى طاقة كهربائية . وتحدد درجة الحرارة المطلوبة نوع المنظومة الحرارية المناسبة للاستخدام ، ففي التطبيقات التي تحتاج لدرجة حرارة منخفضة مثل تطبيقات تسخين المياه والهواء يمكن استخدام المجمعات المسطحة التي تستفيد من الاشعاع الشمسي الكلي . أما في التطبيقات التي تحتاج الى درجات حرارة متوسطة أو عالية مثل توليد الكهرباء فتستخدم المركزات الشمسية وهي مرايا مقعرة تركز الاشعاع المباشر .[3]

II.1.1.2.كيفية عمل الطاقة الشمسية :

ان تقنيات الطاقة الشمسية تستعمل الطاقة التي تجيء من الشمس إذ تندمج ذرات الهيدروجين بداخلها مكونة الهيليوم و تنتج هذه العملية كميات هائلة من الحرارة إذ تبلغ في مركز الشمس بحدود عشرين مليون درجة مئوية وعلى سطحها المسمى "فوتوسفير " أكثر من 5 آلاف درجة مئوية. ان الطاقة التي تولدها الشمس عليها ان تجتاز مليون كيلو متر للوصول الى سطح الأرض وان الناس لا تحس بقوتها الكاملة لان جو الأرض الأعلى يحجب معظم قدره الشمس الحرارية ومع ذلك فإن كمية الأشعة الشمسية التي تصل الى سطح الارض اكثر ب 10 آلاف مره من حيث الطاقة المستعملة من قبل العالم .[4].

يمكن تحويل أشعة الشمس الى صور أخرى للطاقة بواسطة عمليات تحويل متعددة ، يعتمد التحويل الحراري على امتصاص الطاقة الشمسية لتسخين سطح بارد ، ويعتمد التحويل الحيوي للطاقة الشمسية على التمثيل الضوئي ، ويولد التحويل الفولتضوئي طاقة كهربائية عن طريق توليد تيار كهربائي نتيجة عملية ميكانيكية كمية .[5]

II.2.1.2.تقنيات الطاقة الشمسية :

تتسم التقنية التي تعتمد على الطاقة الشمسية بشكل عام بأنها اما ان تكون سلبية او ايجابية وفقا للطريقة التي يتم استغلال وتحويل وتوزيع ضوء الشمس من خلالها ، وتشمل تقنية الطاقة الشمسية الإيجابية استخدام اللوحات الفولتوضوئية والمضخات والمراوح في تحويل ضوء الشمس الى مصادر اخرى مفيدة للطاقة ، هذا في حين تتضممن الطاقة الشمسية السلبية عمليات اختيار مواد ذات خصائص حرارية مناسبة وتصميم الأماكن التي تسمح بدوران الهواء بصورة طبيعية واختيار اماكن مناسبة للمباني بحيث تواجه الشمس .[6]

❖**المنظومات الشمسية المستكنة (السالبة):**

تستعمل مشاريع الطاقة الشمسية المستكنة ضوء الشمس فقط ولا تستعمل اي اشكال اخرى للطاقة و تهتم بصورة أولية بتصميم البنايات والبيوت والإضاءة. ويركز التصميم الشمسي المستكن على أماكن البيوت البنايات وكذلك على النوافذ و التهوية والعزل للتقليل قدر الامكان من الحاجة الى الطاقة الكهربائية باستعمال الشمس ،ويصمم البيت او البناية لزياده امكانية الطاقة الشمسية على التدفئة والتبريد في البلدان التي تكون فيها أشعه الشمس ليست قوية فان التدفئة الشمسية المستكنة تكون واحده من اسهل اشكال التقنية الشمسية التي يمكن استعمالها .

النوع الاخر للنظام الشمسي المستكن هو المجمع الشمسي المرتشح والذي يعتبر تقنية شمسية مستكينه حديثه نسبيا ، يصنع من معدن مثقب مظلم ، و تستعمل المجمعات الشمسية المرتشحة في تدفئة البنايات وذلك بتدفئة الهواء إضافة الى تبريدها في وقت الصيف.[4]

❖ **المنظومات الشمسية الفعالة(الموجبة) :**

تتضمن الأنظمة الفعالة المجمعات الشمسية والتي تعرف أيضا بالألواح الشمسية و التي تستعمل بصوره أولية في السخانات الماء الحار الشمسية ء كما انها تتضمن انظمة الطاقة الشمسية المركزة والتي تقوم بتوليد الطاقة الكهربائية . [4]

هناك على الأقل خمسة أنواع من أنظمة الطاقة الشمسية المركزية تقوم بتركيز الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية بكميات كبيرة ، و تتضمن :

.البرك الشمسية .

.منظومات المجرى.

.منظومات الصحن .

.الأفران الشمسية .

.الأبراج الشمسية.

II.3.1.2.الخلايا الشمسية الفولتوضوئية (الكهروشمسية) :

الفولتوضوئية هي التحويل المباشر للأشعة الى كهرباء ، وحيث أن الكهرباء تستخدم بشكل متزايد كمصدر للطاقة ، فان الفولتوضيية ستؤدي دورا مهما في مجال الطاقات المتجددة ، وتقنية الفولتوضيية هي عبارة عن أجزاء مركبة وهادئة ، وخالية من الانبعاثات في اثناء الاستخدام .[7].

والخلية الشمسية الكهروشمسية تكون قياسية ، ذلك أن واحدة منها يمكن أن تستعمل لتكوين كمية صغيرة جدا من الكهرباء أو عدد منها يمكن أن يستعمل لتكوين كمية كبيرة جدا من الكهرباء حيث أن خلية شمسية بقطر (10 سم) يمكن ان تنتج واط واحد من القدرة اذا كانت فوقها الشمس مباشرة والظروف مواتية ، لأن كل خلية شمسية تنتج حوالي فولت ونصف فقط من الكهرباء فان هذه الخلايا عادة ما ترتبط مع بعضها البعض بمجموعات تدعى "الوحدات" حيث تحتوي كل واحدة حوالي 40 خلية شمسية ، اذ يمكن دمج التيار الناتج عنها ، وان وحدات الخلايا الشمسية يمكن ربطها على التوالي أو على التوازي حسب الحاجة لزيادة القدرة الكهربائية الناتجة عنها [4].

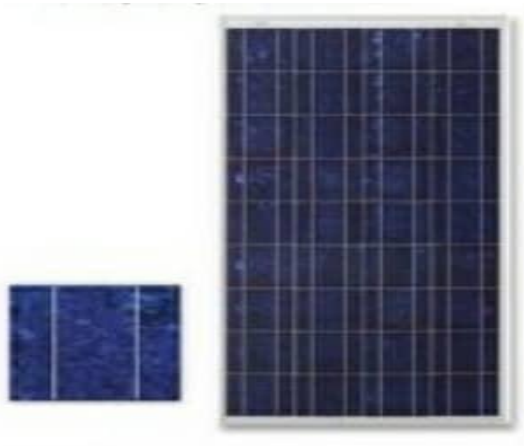
الشكل رقم (8): خلايا شمسية [4].

II. 4.1.2.انواع الخلايا الشمسية :

تركز الاهتمام على تصنيع الخلايا الشمسية وذلك لوفرة عنصر السليكون في الطبيعة علاوة على ان العلماء والباحثين تمكنوا من دراسة هذا العنصر دراسة مستيقظة وتعرفوا على خواصهم المختلفة وملاءمته لصناعة الخلايا الشمسية المتبلورة ومتصدعة التبلور وذلك كما يلي :[8]

❖ **الخلايا الشمسية السليكونية المتبلورة :**

تصنع هذه الخلايا من السلكون عبر انماء قضبان من السليكون أحادي أو عديد التبلور ثم يؤرب الى رقاءق وتعالج كيمياءيا وفيزياءيا عبر مراحل مختلفة لتصل الى خلايا شمسية ، كفاءة هذه الخلايا عالية تتراوح بين 9-17 % والخلايا السليكونية أحادية التبلور غالية الثمن من حيث صعوبة التقنية واستهلاك الطاقة بينما الخلايا السليكونية عديدة التبلور تعتبر أقل تكلفة وكفاء من أحادية التبلور .



الشكل رقم (9) :خلايا شمسية سليكونية متبلورة [4].

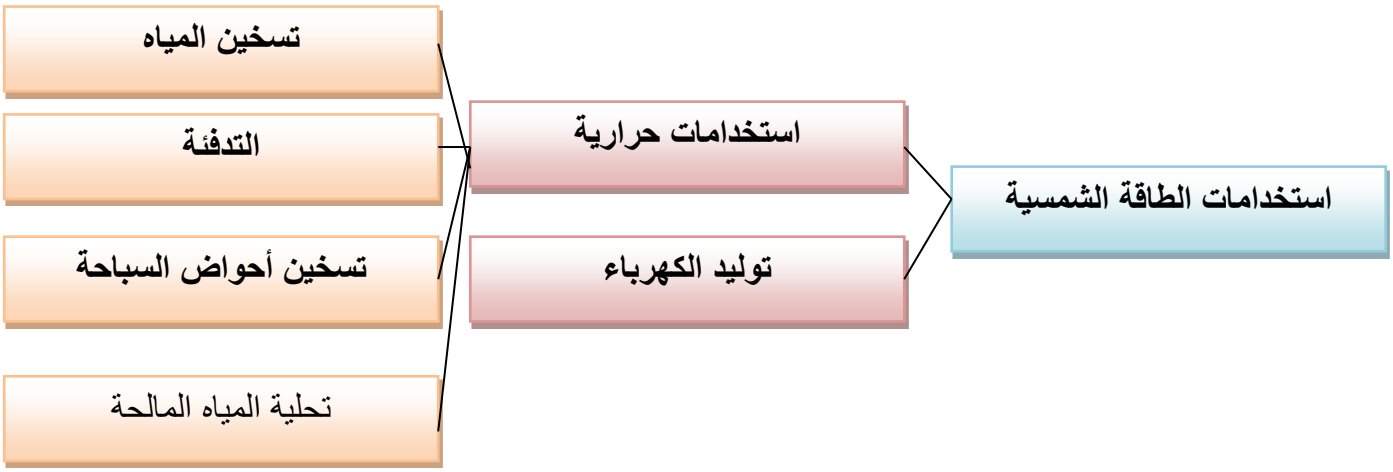
❖ **الخلايا الشمسية السيليكونية الامورفية (متصدعة التبلور) :**

مادة هذه الخلايا ذات شكل سيليكوني حيث التكوين البلوري متصدع هذا لوجود عنصر الهيدروجين أو عناصر أخرى أدخلت قصدا لتكسبها خواص كهرباءية مميزة . وخلايا السيليكون الامورفي زهيدة التكلفة عن خلايا السليكون البلوري ، حيث ترسب طبقة شريطية رقيقة باستعمال كميات صغيرة من المواد الخام المستخدمة في عمليات قليلة مقارنة بعمليات التصنيع البلوري ، ويعتبر تصنيع خلايا السليكون اكثر تطويعا وملاءمة للتصنيع المستمر ذاتي الآلية ، تتراوح كفاءة خلايا هذه المادة مابين 4-9 % بالنسبة للمساحة السطحية الكبيرة وتزيد عن ذلك بقليل بالنسبة للمساحة السطحية الصغيرة وان كان يتأثر استقرارها بالاشعاع الشمسي .

الشكل رقم (10): خلايا شمسية سيليكونية الأمورفية [4].

II. 5.1.2.استخدامات الطاقة الشمسية :

تجلت استخدامات الطاقة الشمسية في مجالات واسعة مثل الاستخدامات الحرارية وتوليد الكهرباء . (الشكل (11)).



الشكل رقم (11) : استخدامات الطاقة الشمسية [9].

II. 6.1.2.التأثير البيئي للطاقة الشمسية :

أن الطاقة الشمسية يمكن أن يكون لها كلا التأثيرين الإيجابي والسلبي و على البيئة :[4]

❖ **التأثير الإيجابي** : يمكن تحديد التأثيرات الإيجابية كتقنيات للطاقة الشمسية على البيئة بما يلي :

- معظم التقنيات الشمسية هي ودية بيئياً
- لا تلوث الجو بانبعاث غازات البيت الزجاجي
- لا تنتج الفضلات المشعة مثل مفاعلات الطاقة النووية .
- لا تساهم في رفع درجة حرارة الكون أو المطر الحامضي .
- معظم منظومات الطاقة الشمسية صامتة ،أو هادئة عندما تشتغل مما يقلل من تلوث الضوضاء .
- إذا أمكن اعتماد التقنيات التي تولد الطاقة الكهربائية بنطاق هام فإن العديد من البلدان يمكن أن تقلل من اعتمادها على الطاقة الكهربائية التي يتم توليدها بالوقود الأحفوري، وهذا التغير يمكن أن ينقص من كمية التلوث البيئي في العالم

❖ **التأثير السلبي** : أن تقنيات الطاقة الشمسية ليست مثالية فمن تأثيراتها السلبية ما يلي :

- بالنظر إلى المشاريع الكبيرة واسعة النطاق فأنها تؤثر سلباً على المناظر الطبيعية .
- التقنيات الشمسية يمكن أن تؤثر سلباً على الحياة الحيوانية حولها .
- منظومات الأطباق الكبيرة ومنظومات المجرى ، وأبراج الطاقة تأخذ مساحات من الأرض تعيش عليها الحيوانات وتؤثر على بيئتهم وعاداتهم .
- بناء المشاريع الشمسية يمكن أن يلوث الأراضي الأصلية النظيفة حتى وأن كانت التقنية الشمسية نفسها لا تفعل ذلك .
- بينما لا يلوث استعمال التقنية الشمسية البيئة ، فأن صناعة بعض أنواعها يمكن أن تفعل ذلك .

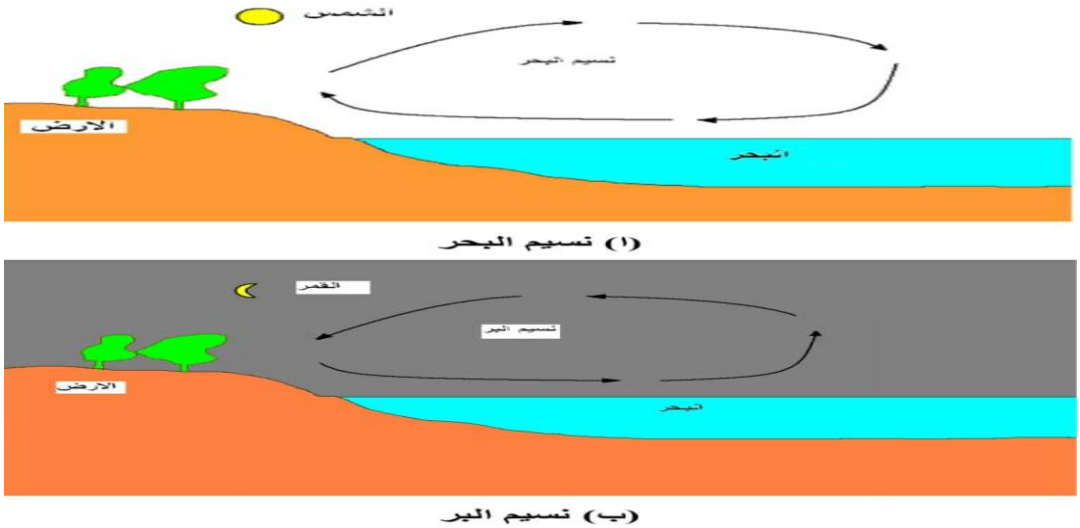
II. 2.2.طاقة الرياح :

يعتمد هذا النوع من الطاقة على المورد الطبيعي للرياح بحيث تتم عملية توليد الرياح عن طريق توربين المكون من مراوح تدور عندما تهب الرياح وهذا بدوره يؤدي الى تشغيل المولد وتوليد الطاقة الكهربائية .[10]

فطاقة الرياح تعتبر من أكثر التقنيات كفاءة في توليد الطاقة المتجددة ، يستخدم النظام الطاقة الحركية من الرياح لتشغيل التوربينات لتوليد الطاقة وتختلف كمية طاقة الرياح المتاحة يوميا وموسميا ، كما يعتمد المقدار الاجمالي لطاقة الرياح التي يمكن تسخيرها بشكل كبير على خصائص وأداء حجم توربينات الرياح .

II. 1.2.2.مصادر الرياح :

بما أن الارض لها حركة دورانية لذا تنشأ قوى تسمى بقوى كوريولس تؤثر على حركة الرياح ، لذلك لا تأخذ الرياح أثناء هبوبها اتجاها مباشرا وانما تنحرف الى يمين اتجاهها المباشر في نصف الكرة الشمالي والى يساره في نصف الكرة الجنوبي بسبب دورانها حول نفسها . وهناك نوع آخر من الرياح تسمى بالرياح المحلية والتي تهب على مناطق معينة من الأرض مثل نسيم البر والبحر والذي يتولد في المناطق الساحلية نتيجة لاختلاف السعة الحرارية للبحر والساحل كما في الشكل رقم (12) فالأرض تكتسب الحرارة بسرعة خلال النهار وتفقد حرارتها خلال الليل بينما يكتسب البحر الحرارة ببطيء ويفقدها ببطيء ، ولذلك يسخن الهواء الملامس للأرض أثناء النهار وتقل كثافته ويتجه الى الأعلى ليحل محله تيار هواء بارد قادم من البحر وهذا هو نسيم البحر ، أما خلال الليل فينعكس تيار الهواء ليتحرك من الأرض هواء بارد باتجاه البحر ويحل محله تيار دافئ قادم من البحر وهذا هو نسيم البحر ، بنفس الأسلوب يوجد هناك في المناطق الجبلية ما يعرف بنسيم الجبل والوادي ، ففي الليل تنزل الرياح عن السطوح الجبلية الباردة نحو الوديان الدافئة بسبب الضغط الواطيء الناشئ من تباين درجات الحرارة بين الوادي والجبل ، بينما في النهار حيث ترتفع حرارة أعالي الجبال فتتجه الرياح من الوادي نحو الجبل .[11]



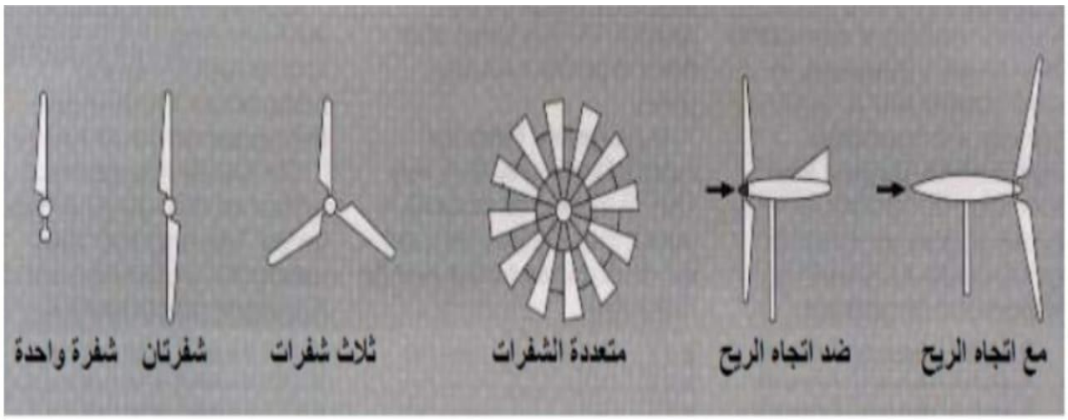
الشكل رقم (12) : نسيم البر والبحر [11].

II. 2.2.2.انواع العنفات (التوربينات):

تصنف توربينات الرياح بالنسبة لمحور الدوران الى نوعين هما [12] :

❖ **توربينات الرياح أفقية المحور :**

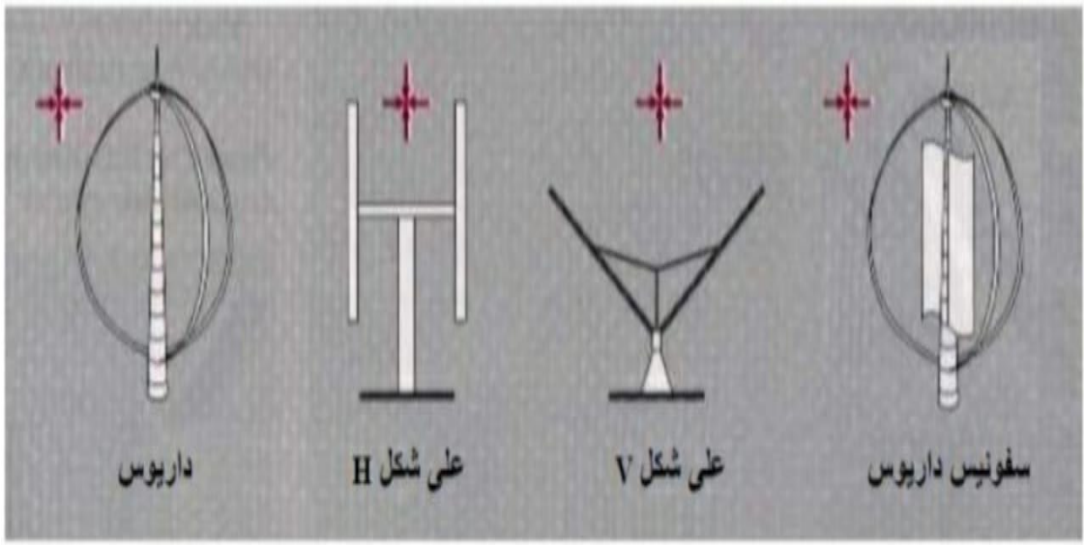
تتكون توربينات الرياح أفقية المحور من ثلاث ريش يمكن وضعها عكس اتجاه الريح أو في مواجهتها ، علما بأن بدايات هذا النوع بدأت بالتوربينة ذات الريشة الواحدة ثم تطورت الى توربينات ذات الريشتين ، ويرجع سبب استخدام الثلاث ريش الى أن توزيع الأحمال على محور الدوران يكون أفضل من استخدام ريشة واحدة أو ريشتين ، وحساب الأحمال الواقعة على محور الدوران له أهمية كبرى حيث يبلغ وزن الريشة الواحدة قرابة ال2000 كيلو جرام (2طن) ، أيضا تطورت قدرات التوربينات الأفقية المحور مع مرور الوقت ، في مصر استخدمت توربينات ذات قدرات 100 و300 كيلو وات في المزارع التجريبية التي أنشأت في الغردقة ، ثم تطور الأمر لتستخدم توربينات ذات قدرات 600 و850 كيلو وات بالزعفرانة . ومن خلال الشكل رقم (13) نتعرف على شكل توربينات الرياح الأفقية .



الشكل رقم (13) : رسم توضيحي لتوربينات أفقية المحور [12].

❖ **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 ثلاث ريش ، وتعتبر توربينة داريوس من أشهر أنواع التوربينات الرأسية المحور والتي تأخذ شكل مضرب البيض ، وتنسب هذه التوربينة الى المهندس الفرنسي "جورش داريوس" الذي استطاع أن يبتكرها في عام 1931 ، وتوجد أشكال أخرى للتوربينات الرأسية المحور منها ما هو على شكل v ومنها ما هو على شكل H وأيضا توربينة سافونيوس التي ابتكرها المهندس الفنلندي "سيجوارد سافونيوس" كما هو موضح في الشكل رقم (14) .[12].



الشكل رقم (14) :أنواع من طواحين الهواء عمودية المحور [13].

II.2.2.3.مبدأ عمل التوربينات :

تتلخص فكرة انتاج الطاقة الكهربائية من توربينات الرياح حيث تعمل الطاقة الحركية للرياح على ادارة الريش المثبتة على التوربينة ، حيث نجد أن ريش التوربينة مثبتة على صرة ترتكز على عمود الدوران الرئيسي الموصل بصندوق سرعات يتولى رفع سرعة الدوران ،ثم تنتقل الحركة الى عمود الدوران السريع فيقطع بدورانه مجال مغناطيسي داخل مولد ، مما يؤدي الى توليد الكهرباء . وبالتالي يمكننا الاعتماد على توربينة رياح صغيرة لإنارة منزل او مدرسة أما اذا ارتفعت سرعة الرياح فان الفرامل تمنع الريش من الدوران مخافة ان يؤدي دورانها بسرعة عالية الى تحطمها وتكسير الأجزاء الدوارة ، وتعرف السرعة العالية في التوربينة بأنها الأعلى من 25 (متر/الثانية)ولضمان توجيه ريش التوربينات نحو اتجاه الريح ، يوجد نظام توجيه خاص بالتوربينة يعمل على توجيه التوربينة في اتجاه الريح وتوجد توربينات رياح تستخدم نظام توجيه واحد يمين ويسار .[14]

II.2.2.4.استخدامات طاقة الرياح (الهوائية) :

ان الاستخدام الأهم لطاقة الرياح هو توليد الكهرباء حيث يتم تحويل الطاقة الهوائية الى طاقة ميكانيكية ومن ثم تحويلها الى طاقة كهربائية عن طريق مولد كهربائي ، ومع ذلك فقد كانت في القدم تستعمل في تحريك الرحي من أجل طحن الحبوب ، أيضا لضخ المياه في المناطق الزراعية ، علما أن هذه الاستعمالات قد تضاءلت بنسبة كبيرة مقارنة بالماضي ليبقى الاستخدام الأمثل هو توليد الطاقة الكهربائية خاصة بالمناطق الغير مربوطة بشبكة الكهرباء لكون طاقة الرياح هنا هي البديل الأفضل والحل الاقتصادي والبيئي . [15]

II. 2.2.5.التأثيرات البيئية لاستخدام طاقة الرياح :

بالرغم من أهمية طاقة الرياح كونها البديل الطاقوي النظيف والمتجدد رقم اثنان بعد الطاقة الشمسية ، الا أن هذا لا يعني أنها لا تعاني من بعض المشاكل والتي نذكر منها ما يلي . [15]:

- تهديد الحياة البرية : حيث تشكل طاقة الرياح خطرا محدقا على العديد من الطيور ، اذ يؤدي اصطدامها بشفرات التوربينات الى القضاء عليها مباشرة .
- الضوضاء : اذ تشكل التوربينات التي تستخدم لتوليد الطاقة من الرياح عامل ازعاج للأشخاص والسكان الذين يعيشون بالقرب منها ، لذا يوصل بعدم بناء في المناطق المأهولة بالسكان .
- تعرية التربة : يمكن أن تسبب طاقة الرياح بالإضرار بالتربة من خلال عمليات التعرية التي تحدث نتيجة تشييد مشاريع بناء المحطات المخصصة لتوليدها .
- التأثير الجمالي : يرى البعض بأن التوربينات الضخمة لإنتاج طاقة الرياح تمثل تشوها جماليا بالنسبة للمناظر الجميلة الموجودة في الطبيعة فهي تصرف نظر المرء عما هو جميل في البيئة المحيطة بها .

II.3.2.الطاقة المائية :

هي الطاقة التي تولد الطاقة الكهربائية ، ومصدرها بالطبع الماء ويعتبر هذا المصدر أيضا من المصادر الأكثر نظافة ورفقا بالبيئة وتستمد هذه الطاقة من مجاري الأنهار ، وبناء السدود ويتحقق انتاج الطاقة بوضع توربينات التي تولد الكهرباء ، كما تولد الطاقة الكهرومائية من طاقة المد والجزر وحركة الأمواج . [16]

II. 2.1.3.كيفية عمل الطاقة المائية :

لفهم طبيعة الطاقة المائية يجب معرفة عاملين بصورة دقيقة هما: الطاقة ، الشغل .

فالغاز الطبيعي والفحم مواد كيماوية ليست طاقة فطاقتها في داخل أواصرها الكيماوية وتتحرر عند احتراقها وبطريقة مختلفة فإن هذه المواد يمكنها تنجز الكثير من الشغل فإن الشغل يعني عملية تحويل الطاقة من شكل الى أخر لجعل الماء ينجز شغلا فإنه يجب ان يكون في حركة والطريقة المثلى لوضع كميات كبيرة من الماء في حركة هو جعل الجاذبية تنجز الشغل .

وهذا هو العلم الاساسي وراء الطاقة الحركية فإن انحدار جريان الماء المسحوب عن طريق الجاذبية يحتوي على طاقة حركية وان ادوات ووسائل مثل الناعور يمكن ان تستعمل لتحويل هذه الطاقة الحركية الى طاقة ميكانيكية تسخر لإنجاز مهمات مثل طحن الحبوب او لنشر الخشب او عمليات النسيج .[4]

II.2.3.2.مصادر الطاقة المائية :

تبدو طاقة المياه واضحة على شكل ظواهر مائية أخرى يمكن أن يستفاد منها لتوليد الكهرباء ويمكن تصنيف المصادر المائية الى مجموعتين رئيسيتين هما [17] :

- المصادر البحرية : وهي مصادر الطاقة ذات الأصل البحري ، أي ترتبط بالمسطحات البحرية المحيطية ، وتمثلها حركة الأمواج وحركتي المد والجزر .
- مصادر الطاقة المرتبطة بالمجاري النهرية : وهي اما اصطناعية ، تمثلها السدود والخزانات التي شيدها الانسان لعدة أعراض منها توليد الكهرباء عند مواقع محددة من مجاري العديد من أنهار العالم ، واما طبيعية تتمثل في الشلالات والمندفعات الطبيعية .

II.2.3.3.استخدامات الطاقة المائية:

هناك عدة استخدامات للطاقة المائية ويمكن التطرق الى أهمها فيما يلي [18] :

- ❖ النواعير : التي استخدمت لمئات من السنين في المطاحن وتسيير الآلات ...الخ.
- ❖ الطاقة الكهرومائية : والمقصود هنا السدود والمنشآت النهرية التي تنتج الكهرباء .
- ❖ طاقة المد والجزر : وهي استغلال طاقة المد والجزر في الاتجاه الأفقي .
- ❖ طاقة التيار المدي : وهي استغلال طاقة المد والجزر في الاتجاه العمودي .
- ❖ طاقة الأمواج : التي تستخدم طاقة على شكل موجات .

II.2.3.4.التأثير البيئي للطاقة المائية:

الضرر الأساسي لاستعمال الطاقة المائية هو إمكانية تأثيرها السلبي على البيئة و على نفس المستوى فان استعمال الطاقة المائية له منافع للبيئة يضمن ذلك الهواء الانظف وتخفيض ظاهرة الاحتباس الحراري مقارنة باستعمال الوقود الاحفوري وعلى ايه حال فان محطات الطاقة نفسها فعلا لها تأثير تدميري على الأنظمة البيئية المحلية فالسدود على سبيل المثال تتطلب خزانات الماء وفي الواقع فان هذا يحول منظومة النهر البيئية الى منظومة البحيرة البيئية علاوة على ذلك فإنها تمنع هجره الأسماك ، فبناء وتشغيل محطات كمحطة المد والجزر لتوليد الطاقة الكهربائية يمكن ان يكون لها تأثير جدي على الملاحة والأنظمة البيئية الساحلية. [4]

II.2.4.طاقة الحرارة الجوفية :

الطاقة الحرارية الأرضية الجوفية هي حرارة من باطن الأرض يمكن استخدامها في توليد الكهرباء

ان حجما من الصخر في باطن الارض مقداره حوالي 520 كلم مكعبا وهو حجم جبل عادي على درجة حرارة اسخن بعدة مئات الدرجات من الصخر السطحي يحتوي طاقة تعادل الطاقة المستخدمة في العالم بأسره في سنة واحدة. وللإفادة من هذه الطاقة الحرارية ينبغي تحويلها الى شكل من الطاقة كالكهرباء يمكن نقله الى حيث يحتاج اليه وهذا ما تقوم به محطات القدرة الحرارية الأرضية اذ تستخدم الطاقة الحرارية الأرضية لتوليد قدرة كهربائية .[19]

تزيد درجة الحرارة كلما تعمقنا في باطن الارض فاذا تعمقنا 100 م نجد ان درجة الحرارة ترتفع حوالي ثلاث درجات مئوية وهو ما يعني اننا اذا تعمقنا في باطن الأرض حوالي 3000 متر فسنجد ان درجة الحرارة ستكون كافيه لغلي الماء .

مع زيادة العمق في باطن الأرض نجد أن الماء يضع له مسارات قريبة من الصخور الساخنة وبالتالي ترتفع درجة حرارته ليغلي ثم يتحول الى بخار تصل درجة حرارته الى حوالي 148 درجة مئوية عندما يصعد الماء الساخن في الشقوق الموجودة بباطن الأرض الى سطحها يتكون ما يسمى بينبوع ساخن كما في الشكل (15) ويتميز الينبوع بان مائه متجدد وفي حركة مستمرة لكنها هادئة أما إذا خرج البخار و الماء الساخن مندفعين فوق سطح الأرض فهو يسمى فوار ساخن كما في الشكل (16) .[12].

الشكل رقم (15) : ينبوع ساخن [12] .

الشكل رقم (16) : فوار ساخن [12].

II.1.4.2.تولید الكهرباء باستخدام طاقة الحرارة الجوفية :

محطات البخار الجاف :

تستخدم هذه المحطات الماء الموجود بشكل طبيعي في الطبقات الارضية العميقة والموجودة تحت تأثير ضغط وحرارة عاليين فيتم استخراجه بواسطة حفر ابار عميقة فيخرج على شكل بخار ماء بسبب حرارته العالية وبسبب فرق الضغط يسير هذا البخار في أنابيب ثم يعرض لتوربينات تدور المولدات الكهربائية التي تنتج الطاقة الكهربائية، يضخ الماء المتكاثف الى الأرض عبر بئر اخر يسمى بئر الحقن.[20]

II.2.4.2.استخدامات طاقة الحرارة الجوفية :

تستعمل طاقة الحرارة الجوفية لتوليد الكهرباء كما يمكن استعمالها في مجالات أخرى كالتدفئة المركزية و للاستخدامات الزراعية و الصناعية و الأغراض الطبية ، و تحقيق المحاصيل في صناعة الورق و النسيج ، و تستخدم الينابيع الساخنة في الجزائر لأغراض طبية و سياحية [21] .

II.2.4.3.التأثير البيئي لطاقة الحرارة الجوفية :

تعد الأثار السلبية لتقنية طاقة الحرارة الجوفية المكلفة أقل حدة من تلك الناتجة عن مصادر الطاقة الأخرى و لكنها مع ذلك تشمل المشكلات البيئية المرتبطة بطاقة الحرارة الجوفية على انتشار الضوضاء في الموقع و انبعاث الغاز ، و حدوث الندوب على الأرض . [13]

II.2.5.الطاقة النووية :

تعمل منظمات الطاقة النووية المستعملة حاليا على ما يعرف بالانشطار النووي وهو نفس فكرة القنبلة الذرية ، و تقوم فكرة استخراج الطاقة من الانشطار النووي على أن بعض العناصر تنشطر نواتها حيث يهدمها بروتون و ينتج عن الانشطار ظهور مواد جديدة و اشعاعات و يتحول جزء من المادة الى طاقة حرارية اضافة الى نيوترونات أخرى تقوم بدورها بالاصطدام مع ذرات أخرى ، و هكذا ينشأ عن هذه العملية تفاعل متسلسل لا ينتهي لا بتحويل كل المادة القابلة للانشطار الى مواد جديدة و اطلاق كمية كبيرة من الطاقة .

ان المادة المستعملة في عمليات الانشطار النووي هي اليورانيوم 235 و الذي يوجد بكميات قليلة في الطبيعة مع عنصر اليورانيوم 238 ، فحين يهدم نيوترون نواة عنصر اليورانيوم 235 فان نواته تنقسم الى قسمين متساويين تقريبا و ينتج أيضا تحرير نيوترويين يقومان بدورهما بالاصطدام مع نوى أخرى لليورانيوم 235 و يترافق مع هذه العملية تحول جزء من مادة النواة الى كميات هائلة من الطاقة الحرارية [22].

II.2.5.1.كيفية عمل الطاقة النووية :

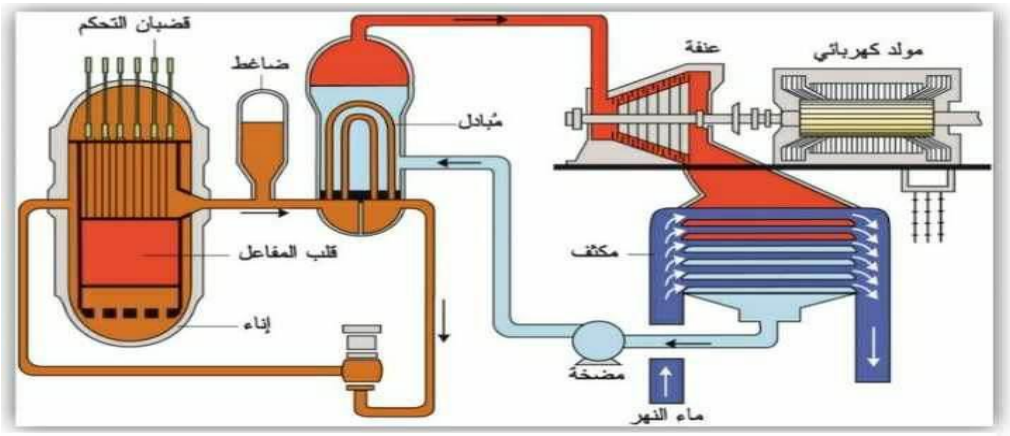
ان توليد الطاقة الكهربائية بواسطة الطاقة النووية هو عمل تقني معقد و ضخم اشتركت بين مهارات الجيولوجيين و المشتغلين بالألغام و المهندسين و العلماء بالإضافة الى أعداد كبيرة من مشغلي المحطات من ذوي التدريب الممتاز المهارات العالية . و أن الحكومات تشرف على بناء و تشغيل هذه المحطات لتتأكد من أنها بنيت و عملت وفق أعلى المعايير القياسية .[4]

II.2.5.2.تقنيات الطاقة النووية : [4]

للطاقة النووية تقنيات عديدة ومتنوعة تتمثل في :

- نظام مفاعل لماء المكيف الضغط .
- نظام مفاعل الماء المغلي .
- امكانية الاندماج النووي (الاندماج الحار / الاندماج البارد) .

والشكل (17) يبين لنا كيفية توليد الطاقة الكهربائية بواسطة مفاعل نووي .



الشكل رقم (17) : مخطط مفاعل نووي لتوليد الطاقة الكهربائية [20].

II. 2.5.3.استخدامات الطاقة النووية :

تعددت الاستخدامات السلمية للطاقة النووية وهي كالتالي [23] :

- توليد الكهرباء .
- تحلية المياه .
- دعم البحث العلمي .
- في المجال الطبي .

- في مجال الزراعة وانتاج الغذاء .

II.4.5.2.التأثير البيئي للطاقة النووية :

ان محطات الطاقة النووية لها تأثير منخفض على البيئة ، و أن الفائدة الرئيسية من الطاقة النووية بأنها لا تتطلب احتراق الوقود الأحفوري مثل الفحم .... و هكذا فهي أنظف من الوقود الأحفوري ولا تساهم في التلوث . [4]

II. 6.2.طاقة الكتلة الحيوية :

هي الطاقة المتجددة التقليدية (غير التجارية) و هي من مصادر الطاقة التي كانت شائعة في القرون الماضية ، خاصة قبل ظهور النفط ، و تعتمد على استعمال مواد الكتلة الحية التي تنتج محليا و من خلال الكتلة الحيوية يمكن انتاج الوقود الديازيل الحيوي و الايثانول و يعد هذا الأخير من أفضل أنواع الوقود المستخدمة من الكتلة الحيوية ، و على الرغم من التطورات الحاصلة في مجالات استعمال الطاقة لا يزال هذا النوع مصدرا وحيدا للطاقة لأكثر من 02 بليون نسمة يعيش معظمهم في جنوب أسيا و في أوساط افريقيا كما أنها تشكل حوالي 10 % من المصادر الأولية للطاقة العالمية ، علما أنه من الصعب جدا تقدير كميات الكتلة الحية عالميا و هذه الأرقام هي الأرقام العالمية التقديرية فقط .[24]

II.1.6.2.مصادر الكتلة الحيوية :

مخلفات الغابات و المخلفات الزراعية ، استغلال (قطع) أخشاب الغابات بشكل مدروس ، فضلات المدن ، المحاصيل التي تزرع خصيصا لغايات الحصول على الطاقة منها . [21]

II. 2.6.2.استخدامات طاقة الكتلة الحيوية :

يمكن ادراج استخدامات الكتلة الحيوية لفئتين هما [25] :

- ❖ الكتلة الحيوية التقليدية منخفضة النجاعة : تتمثل في الخشب والقش والروث وغير ذلك من أنواع السماد الطبيعي (الفضلات الحيوانية) للطهي والانارة وتدفئة الأماكن ، ويستخدمها عادة السكان الأكثر فقرا في البلدان النامية وغالبا ما يجري حرق هذا النوع من الكتلة الحيوية ، مما يؤدي الى آثار سلبية خطيرة على الصحة والظروف المعيشية .
- ❖ الكتلة الحيوية الحديثة عالية النجاعة : تستخدم مواد صلبة ، سائلة وغازية كناقلات للطاقة لتوليد الحرارة والكهرباء وتوليد الطاقة ولوقود النقل لقطاعات متنوعة ، وتشمل أنواع الوقود السائل الحيوي كل من الايثانول والديزل الحيوي للنقل على الطرقات وبعض

الاستخدامات الصناعية ، وتستخدم الغازات المشتقة من الكتلة الحيوية لاسيما الميثان الناتج عن المعالجة اللاهوائية للمخلفات الزراعية ومعالجة النفايات الحضرية الصلبة لتوليد الكهرباء أو الطاقة الحرارية أو كلتيهما .

II.3.6.2.التأثير البيئي لطاقة الكتلة الحيوية :

الكتلة الحيوية تحوي الكربون و حرق الكتلة الحيوية يطلق الكربون في الجو كغاز ثاني أكسيد الكربون ، الذي يسمى في سياق الحموي العالمي (غاز دفيئات) فالكثير من العلماء يرتأون أن غازات الدفيئات هي سبب الحمو العالمي . و والواقع أن حرق الكتلة الحيوية أقل اضرارا بالبيئة من حرق الوقد الأحفورية كالفحم أو النفط فحرق الكتلة الحيوية هو مجرد تدوير ثاني أكسيد الكربون المتواجد في جونا اليوم و ليس اطلاق كميات اضافية من ثاني أكسيد الكربون الذي كان محتبسا على مدى ملايين السنين بعيدا عن جونا . [19]

خلاصة الفصل الثاني :

تعد الطاقات المتجددة احدى البدائل المطروحة في المجال الطاقوي لتعويض الطاقات النفطية لكونها طاقات غير ناضبة و توفر عامل الأمان البيئي .

فهذا الفصل هدف الى استعراض مفهوم الطاقات المتجددة و التعرف على مختلف مصادرها من طاقة شمسية ، طاقة الرياح ، طاقة مائية ، طاقة حرارة جوفية ، طاقة نووية و طاقة الكتلة الحيوية و طرق استخراجها .

و من خلال عرضنا لمصادر الطاقة المتجددة تطرقنا الى معرفة كيفية العمل بها و ذكر استخداماتها بالإضافة الى ابراز الأثار البيئية لكل نوع منها .

المراجع:

1.عقون شراف:" الطاقات المتجددة كبعد استراتيجي للسياسة الطاقوية الجديدة في الوطن العربي"، مجلة البحوث الاقتصادية و المالية، العدد الأول، جوان 2017، ص: .318

2.مروش صبيحة،"جيوبوليتك الطاقة دراسة في المفهوم و التطور"، المجلة الجزائرية للعلوم السياسية و العلاقات الدولية، العدد 12 جوان 2018 ص:.31

3.جمال سعيد، " الطاقة وتغيير المناخ"، الطبعة الأولى، 2019ص:150، ص .151

4. سمير سعدون مصطفى و آخرون، الطاقة البديلة مصادرها و استخداماتها"، دار اليازوري العلمية 2012، ص:99، 137، 177، 103، 104، 140، 139، 142، 81 ، 84، 85، 86، 90، .143

5.جون رفينشي،" الطاقة التقنية و التوجهات للمستقبل" الطبعة الأولى، 2011،ص .298

6. نصري ذياب، " جغرافية الطاقة"، الجنادرية للنشر و التوزيع، الأردن، 2012، ص .24

7. ك. ستيفان وكرواتر، " توليد الفترة الكهربائية من الطاقة الشمسية"، سلسلة كتب التقنيات الاستراتيجية و المقدمة، المنظمة العربية للترجمة، مركز دراسات الوحدة العربية للعلوم، لبنان 2011 ص: 57

8. عيسى محمد الجوخي، "مصار الطاقة"، مكتبة لمجتمع العربي للنشر، عمان 2006، ص 108، .109

9. كرم شبيب، " الهيدروجين وقود المستقبل"، المركز الوطني للمتميزين، سوريا (2014-2015) ص: .3

10. I. youm and others (2005)، '' Analysis of wind data and wind energy potentiel along the northen coast of senegal، rev ren. vol 08

11. عمر أحمد الجبوي، " مبادئ الطاقات المتجددة" ، وحدة بحوث الطاقات المتجددة، المعهد التقني الحويجة 2010ص: .2012،211

12. محمد مصطفى الخياط، " الطاقة مصدرها أنواعها استخداماتها"، القاهرة، 2006ص: 54 ص :.58

13. بوعشة اسمهان، " وجدوي استغلال الطاقة الشمسية كطاقة متجددة و امكانية استخدمها في المبادلات التجارية الخارجية (دراسة حالة الجزائر)، رسالة مقدمة لنيل شهادة الدكتورة في العلوم التجارية جامعة محمد خيضر، بسكرة (2019/2018) ص: 95، .106

14.العيد منصور، " طاقة الرياح و تطبيقاتها المختلفة: تشغيل وتركيب توربينات الرياح"، هيئة الطاقة الجديدة و المتجددة (2018)، ص:.28

15. ذبيحي عقيلة، واقع وافاق طاقة الرياح في الوطن العربي"، مجلة رقاق علوم الادارة و الاقتصاد، المجلد:5، العدد:1 (2001) ص 344.

16. حليمة حوالف، "أهمية الطاقة المتجددة في حماية البيئة و انعكاساتها الايجابية، على الاقتصاد"، المجلة الجزائرية للقانون المقارن، العدد 2 ص:.5

17. محمد الزوكة،" جغرافية الطاقة "،دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية 2001، ص.344

18. علي العرادي،" الطاقة المستدامة"، إدارة شؤون اللجان و البحوث، مجلس الشورى ، الأردن 2012، ص:.17

19. أحمد الخطيب، " الطاقة الحرارية الأرضية و الطاقة الحيوية"، موسوعة الطاقة المستدامة، مكتبة لبنان ناشرون، لبنان 2002، ص: 4،27.

20. وسام نزيه، " تقييم عملية فصم الرابطة O-Hالقوية و الضعيفة وبوجوه محفز بالاثارة الليزرية لتأمين الطاقة الهدروجينية"، رسالة مدمة لنيل درجة الماجيستر في علوم الليزر و تطبيقاته، جامعة دمشق 2014، ص: 38، .34

21. محمد طالبي ساحل، " أهمية الطاقة المتجددة في حماية البيئة لأجل التنمية المستدامة"، مجلة الباحث، العدد 6، 2008، ص: .204

22. سعود عياش،" تكنولوجيا الطاقة البديلة"، سلسلة كتب ثقافية مقدمة، الكويت1978 ص: .20،21

23. محمد يوسف " الاستخدامات السليمة الصناعية للطاقة النووية"، مجلة دراسات و أبحاث اقتصادية في الطاقات المتجددة، المجلد 8، العدد 1، 2021، ص.234

24. فروحات حدة، " الطاقات المتجددة كمدخل التحقيق للتنمية المستدامة في الجزائر"، مجلة الباحث، العدد 11، 2012، ص.150

25. بوكرة كاميلية،" طاقة الكتلة الحيوية بين بين اشكالية الأمن الطاقوي و معضلة ارتفاع اسعار الغداء"، مجلة رؤى اقتصادية، العدد 11، 2016، ص: 221.

الفصل الثالث:

الهيدروجين الأخضر

مقدمة :

يتميز غاز الهيدروجين بعدد من الخصائص الهامة التي تؤهله لأن يكون وقود المستقبل ، فهو وقود نظيف وامن للبيئة . ولا يطلق غازات ضارة عند حرقه ويمتلك طاقة عالية ، لذلك يعد من المصادر المميزة للطاقة كوقود أو كناقل للطاقة في خلايا الوقود ، حيث يمكن استخدامه سواء بشكل مباشر أو عند خلطه بالغاز الطبيعي بنسب محددة .

يعتبر عنصر الهيدروجين من أخف العناصر الكيميائية والأكثر وفرة في الكون ، وهو غاز عديم الرائحة واللون والطعم وغير سام وقابل للاشتعال ، ولا يوجد منفردا في الطبيعة بل في العادة يكون متحدا مع عددا من العناصر ليشكل مركبات كيميائية مختلفة ، سواء كانت بالحالة الغازية كالغاز الطبيعي أو سائلة كالماء والنفط أو صلبة كالمركبات الكربونية المختلفة .

ويمكن استعمال الهيدروجين لإنتاج الطاقة بعدة طرق ، منها استعماله لتشغيل محركات الاحتراق الداخلي للسيارات والمركبات ، أو في خلايا الوقود لإنتاج التيار الكهربائي ، كما يستعمل الهيدروجين كوقود في المركبات الفضائية وصواريخ الدفع .

III.1.ماهية الهيدروجين :

تم التعرف على الهيدروجين لأول مرة من قبل العالم البريطاني هنري كافندي ، الذي أثبت للجمعية الملكية في لندن عام 1766 أن هناك نوعين مختلفين من الهواء : "الهواء الثابت " أو ثاني أكسيد الكربون و "الهواء القابل للاشتعال " أو الهيدروجين ، بعد أن طور غاز الهيدروجين عن طريق تفاعل معدن الزنك مع حمض الهيدروكلوريك . كما أظهر السيد كافندي أيضا أن الهيدروجين أخف بكثير من الهواء ، وكان أول من أنتج الماء من الهيدروجين والأكسجين بمساعدة شرارة كهربائية .[1]

يعتبر الهيدروجين هو العنصر الأبسط في الكون حيث تتكون ذرة الهيدروجين من بروتون واحد والكترون واحد فقط ، وهو كذلك عنصر الأكثر وفرة في الكون . لكن على الرغم من وفرته ، لا يتواجد الهيدروجين بشكل منفرد وطبيعي كغاز على الأرض فهو دائما مقترن بعناصر أخرى مثل جزيئة الماء التي هي مزيج من الهيدروجين والأكسجين ورمزها الكيميائي (H_2O) . يتواجد الهيدروجين أيضا في العديد من المركبات العضوية ، لاسيما الهيدروكربونات التي تشكل العديد من أنواع الوقود ، مثل البنزين والغاز الطبيعي والميثانول والبروبان . يمكن فصل الهيدروجين عن الهيدروكربونات من خلال عمليات حرارية تعرف باسم "الاصلاح التحفيزي" . يمكن أيضا استخدام تيار كهربائي لفصل الماء الى مكوناته من الأكسجين والهيدروجين باستخدام عملية التحليل الكهربائي.[1]

III.1.1.مركبات الهيدروجين :

يمكن تصنيف المركبات الهيدروجينية في قسمين بحسب درجة الأكسدة للهيدروجين وهي : (1+) لـ H^+ و (1−) لـ H^- لكن من الأفضل تصنيفها بحسب طبيعة الروابط التي تتشكل بين الهدروجين والعناصر ، وبحسب هذا التصنيف تقسم المركبات الهيدروجينية الى أربع انواع هي :[2]

III.1.1.1.مركبات ملحية (شاردية) :

وهي مركبات شبيهة بالأملاح ، الروابط فيها بشكل عام شاردية وتكون مع العناصر الكهروجابية (فصيلة اولى وثانية رئيسة) وتسمى بالهيدريدات وتحتوي على الشاردة H- مثل KH ، NaH و CaH ، وهي مركبات بلورية صلبة تحتفظ بمعزل عن الهواء حتى لا تتأكسد . وتتحلمه هذه الهيدريدات بالماء مشكلة اساسا ،كما توضحه المعادلة (2)

$$NaH + H_2O \rightarrow \quad NaOH + H_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

III.1.1.2.مركبات معدنية أو شبه معدنية :

وهي مركبات شبيهة بالمعادن ، ناقلة للكهرباء أو نصف ناقلة ، الروابط فيها بشكل عام معدنية أو شاردية وتتشكل مع العناصر الانتقالية بدخول ذرات الهيدروجين في الفراغات الموجودة في بنية المعدن البلورية فتسمى بالهيدريدات البينية (دخول ذرات الهيدروجين بين ذرات المعدن) . في أكثر الأحيان لا تخضع هذه المركبات لقوانين التكافؤ الكيميائي .

III.1.1.3.المتماثرات أو ثنائية الجزيء أو على شكل سلاسل :

وهي مواد صلبة أو سائلة أو غازية ، غير ناقلة للتيار الكهربائي ، تتشكل مع العناصر المذبذبة والعناصر المحيطة بالعناصر المذبذبة ، أي الموجود بشكل قطري من اليسار الى اليمين ، الروابط بشكل عام مشتركة .

-مركبات جزيئية غازية أو سائلة سريعة التطاير على شكل جزيء واحد روابطها مشتركة مثل :H_2O، NH_3، H_2S وHX حيث Xهالوجين .

III.1.2.خصائص الهيدروجين الفيزيائية والكيميائية : [3]

- ❖ الطاقة النوعية للهيدروجين عالية جدا ومع ذلك فان كثافتها الحجمية منخفضة للغاية ، ويجب أن يتم تحويلها قبل أن يتم تخزينها في حجم قابل للاستخدام لتقليل الضغط الى 700 بار : يمكن أن يحتوي 7 لترات من الهدروجين على نفس كمية الطاقة مثل 1 لتر من البنزين أو عن طريق تسييله لضغطه بشكل أكبر عن طريق تبريده الى 253 درجة مئوية (1لتر من البنزين يساوي 4لترات من الهيدروجين السائل) .
- ❖ يسمح تكثيف الهيدروجين له بالعمل تحت ضغوط أقل ، ولكنه يتطلب أيضا المزيد من الطاقة مما يجعله الخيار الأكثر تكلفة .
- ❖ اعتمادا على الغرض المطلوب ، تتوفر العديد من حلول التخزين (البطاريات ، التخزين الكبير السعة في كهوف الملح) .
- ❖ غالبا ما يتم تسليم الهيدروجين في شكل مضغوط عبر شبكة عالمية من خطوط الأنابيب يبلغ مجموعها أكثر من 4500 كلومتر ، مع 1600 كلومتر في أوروبا و2500 كلومتر في الولايات المتحددة .
- ❖ يمكن استعادة الطاقة من الهيدروجين المخزن مسبقا بطريقتين : كحرارة عن طريق الاحتراق المباشر بالأكسجين أو ككهرباء عبر خلية وقود .

III.1.3..نظائر الهيدروجين : [4]

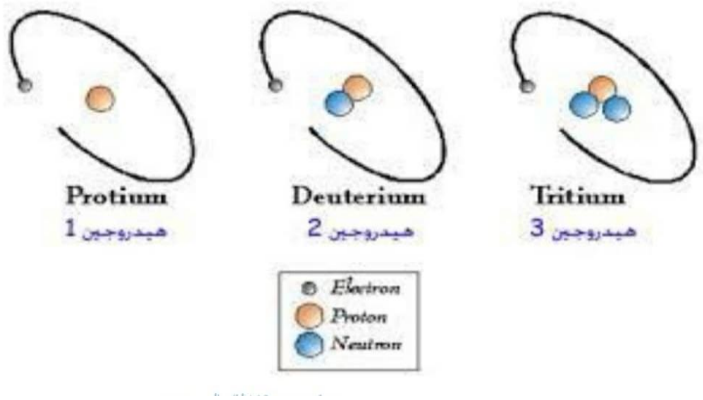
هي ذرات للعنصر نفسه لها نفس الخواص الكيميائية لامتلاكها العدد الذري نفسه وتختلف بالخواص الفيزيائية لاختلافها بالعدد الكتلي بسبب الاختلاف بعدد النترونات وليس لجميع العناصر في الجدول الدوري نظائر وانما تنحصر في عناصر معينة وسنتكلم الان عن نظائر الهيدروجين الوحيدة المختلفة في اسمها من حيث نظائر باقي العناصر والتي تتضمن :

1-البروتيوم (H^1) رمزه H

2-الديتريوم (H^2) رمزه D

3-التيريتيوم (H^3) رمزه T

للهيدروجين ثلاث نظائر رئيسية موجودة بشكل طبيعي وهي (البروتيوم ،الديتريوم والتريتريوم)الموضحين في الشكل رقم (18).



الشكل رقم (18): نظائر الهيدروجين [4].

كما نذكر أن للهيدروجين نظائر أخرى مشعة غير موجودة في الطبيعة بل يتم تحضيرها صناعيا وهي [4]:

4-الهيدروجين(H^4)

5-الهيدروجين $(H^{4.1})$

6-الهيدروجين (H^5

7-الهيكساهيدرو H^6

III.2.طاقة الهيدروجين :

الهيدروجين من العناصر الحاملة للطاقة ، فهو وسيلة فعالة لتخزين ونقل الطاقة ، ويعد وقود الهيدروجين فعال للغاية ، فهو أكثر كفاءة بثلاثة أضعاف من البنزين . الهيدروجين هو الناقل للطاقة النظيفة المقبول في جميع أنحاء العالم كما هو مصدر مستقل ويحتوي على نسبة عالية من الطاقة في الكتلة مقارنة مع أنواع الوقود الأخرى كما هو موضح في الجدول رقم (1) مقارنة بين الهيدروجين وأنواع مختلفة من الوقود كمصدر للطاقة [5]:

الجدول رقم (3) : مقارنة بين الهيدروجين وأنواع مختلفة من الوقود كمصدر للطاقة [5].

الوقود	المحتوى الطاقي (Mj/kg)
الهيدروجين	**120**
الغاز الطبيعي المسال	**54.4**
فحم	**27**
بنزين السيارات	**46.4**
مازوت السيارات	**45.6**
ايثانول	**29.6**
الميثانول	**19.7**

أما الطريقة الفعالة للحصول على طاقة الهيدروجين واستخدامها . حيث تعمل هذه الخلايا على تحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية . في خلية الوقود ، يندمج الهيدروجين والأكسجين معا في تفاعل كهروكيمياوي . والنتيجة هي انتاج كهرباء وماء نقي وحرارة . يماثل عمل خلايا الوقود البطاريات لأنها هي كذلك تعمل على تحويل الطاقة الناتجة عن التفاعل الكهروكيمياوي الى طاقة كهربائية . فخلال عملية التشغيل يتأكسد الوقود عند القطب السالب بوجود المادة المحفزة وتتحرر الالكترونات ، وفي نفس الوقت يتم الاختزال عند القطب الموجب بوجود المادة المحفزة أيضا، تسمح صفيحة المحلل فقط بمرور البروتونات حاملة الشحنات الموجبة عبرها في حين تمنع مرور الالكترونات ، فتنتقل الالكترونات المتحررة من القطب السالب الى القطب الموجب عبر الدارة الكهربائية الخارجية وبذلك يتولد تيار كهربائي مباشرة ، كما يمكن تحويله الى تيار متردد لإداء مهام أخرى ، وللحصول على القدرة الكهربائية المطلوبة توضع أكثر من خلية وقود في اطار واحد على شكل مصفوفات تمثل خلايا الوقود تقنية محتملة لتوفير مصدر للكهرباء والحرارة في المباني . كما أنه أيضا مصدر طاقة للسيارات الكهربائية وبعض المصانع [1] .

III.1.2.التأثير البيئي لطاقة الهيدروجين :

ان استعمال الهيدروجين كمصدر طاقة بديل ، سيكون له تأثيرات عديدة، وربما الأكبر سيكون في ميدان البيئة، وان معظم التأثيرات الناتجة عن تبني الهيدروجين كمصدر للطاقة سيكون ايجابي للبيئة . ان استعمال الهيدروجين من المحتمل أن يأتي مع انخفاض استعمال الوقود الاحفوري كمصدر للطاقة ، وبهذا التخفيض ربما يجيء تخفيض ارتفاع درجة حرارة الكون .[7]

لأن استعمال الوقود الاحفوري يعتقد بأنه المساهم في ارتفاع درجة حرارة الكون هذه ، وعلى أية حال فان انتاج الهيدروجين يمكن أن يؤثر فعلا على البيئة وبنحو سلبي اعتمادا على طريقة الانتاج فان ثاني أكسيد الكربون والانبعاثات السلبية الأخرى يمكن أن تدخل الى الجو بينما الهيدروجين يتم انتاجه . وهذه القضية يمكن أن تعالج بجمع وخزن ثاني أكسيد الكربون ، ولكن حتى هذا الخزن يمكن أن يؤثر على البيئة فعلا ، وعلى أية حال ، اذا كانت المصادر القابلة للتجدد ملائمة للبيئة مثل الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح تستعمل لتشغيل وسائل انتاج الهيدروجين فان التأثير السلبي يمكن أن يزال .[7]

III. 2.2.أنواع الهيدروجين حسب المادة الخام ومصدر الطاقة المستخدمة في الانتاج :

يتم تحديد لون الهيدروجين من خلال انبعاثات الغازات الدفيئة وطريقة التصنيع .[8]

- **الهيدروجين الرمادي** : يتم انتاج الهيدروجين الأسود من الفحم الصلب ، والهيدروجين البني من الليغنيت والهيدروجين الرمادي من الغاز الطبيعي . بشكل جماعي ، غالبا ما تندرج هذه الأنواع تحت مصطلح "الهيدروجين الرمادي" أين يتم اعادة تشكيل غاز الميثان بالبخار ، وهي عملية يتم فيها تسخين الميثان من الغاز الطبيعي بالبخار لإنتاج خليط من أول أوكسيد الكربون والهيدروجين . والآن العملية لا تزال للغاية ملوثة لأنها تنتج أكثر من 9 كيلوغرامات من ثاني أكسيد الكربون لكل كيلو غرام من الهيدروجين المتولد .
- **الهيدروجين الأصفر** : يتم انتاجه عن طريق التحليل الكهربائي باستخدام طاقة كهربائية مختلطة المصدر ، مثل الطاقة النووية أو تحويل النفايات الى هيدروجين ، قد يتم ذلك أيضا عن طريق تغويز القمامة .
- **الهيدروجين التركواز** : ينتج الهيدروجين من خلال عملية ماصة للحرارة باستخدام الغاز الطبيعي او الكتلة الحيوية كمصدر للطاقة ، مع الكربون الصلب كمنتج ثانوي . في حين أن الانحلال الحراري للكتلة الحيوية عملية قذرة الى حد ما من حيث البيئة .
- **الهيدروجين الأخضر** : يعتبر من أفضل أنواع الهيدروجين كونه لا ينبعث منه غازات ملوثة اثناء انتاجه .

III. 3.2.الطرق المستخدمة لإنتاج الهيدروجين :

يمكن انتاج وقود الهيدروجين من خلال عدة طرق ، أكثرها شيوعا اليوم هي عملية الاصلاح التحفيزي للغاز الطبيعي ، وعملية التحليل الكهربائي للماء . ويوجد أساليب وطرق أخرى تعمل بالطاقة الشمسية والبيولوجية وغيرها من الطرق .

❖تتضمن عمليات الاصلاح الحرارية لإنتاج الهيدروجين عملية اصلاح بالبخار ، وهي عملية يستخدم فيها درجات حرارة عالية حيث يتفاعل فيها البخار مع أحد عناصر الهيدروكربونات لإنتاج الهيدروجين . يمكن استخدام العديد من أنواع الوقود الهيدروكربوني لإنتاج الهيدروجين ، بما في ذلك الغاز الطبيعي والديزل والوقود السائل المتجدد والفحم . يتم انتاج حوالي (95 %) من الهيدروجين من عملية الاصلاح الحراري للغاز الطبيعي باستخدام البخار .

ان ما يقارب من نصف الهيدروجين المنتج بالعالم يتم استخراجه من الغاز الطبيعي وذلك من خلال اجراء تفاعلات كيميائية بين الغاز الطبيعي وبخار الماء وتعريضه لعوامل أخرى محفزة ، حيث نقوم بتفاعل غاز الميثان مع بخار الماء اضافة الى محفز النيكل ويكون هذا التفاعل في درجة حرارة عالية كما مبين في المعادلات (1)و(2)و(3). ويتم في النهاية فصل ذرات الهيدروجين عن ثاني أكسيد الكربون الذي يلعب دورا أساسيا في ارتفاع درجة حرارة الأرض أو ما يسمى بظاهرة الاحتباس الحراري .

ويمكن أيضا تنشيط هذه المحفزات المستخدمة بإضافة عناصر أخرى مثل اليورانيوم والبوتاسيوم ، وينتج من هذا التفاعل غاز غنيا بH_2 و CO و قليل من CO_2 حيث أن هذا الغاز مضر بالنسبة للطبيعة لذا يجب التخلص منه عن طريق تفاعل آخر [9] .

$$CH_4 + H_2O \leftrightarrow CO + 3H_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

$$CH_4 + 2H_2O \leftrightarrow CO_2 + 4H_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

$$CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

ينتج من هذا التفاعل غاو اساسيا يتكون من CO_2 و H_2 وقليل من CO ويتم فصل CO_2 والهيدروجين مع ازالة الشوائب وهذا ما يسمى بتنقية الهيدروجين .

❖وطريقة أخرى لتكوين الهيدروجين هي اعادة تشكيل بالحرارة الذاتية والأكسدة الجزئية حيث يتبين ذلك وكما مبين في التفاعلات (6)،(7)،(8)و(9) :

$$CH_4 + \frac{1}{2}O_2 \leftrightarrow CO + 2H_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

$$CH_4 + O_2 \leftrightarrow CO_2 + 2H_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

$$CH_4 + 2O_2 \leftrightarrow CO_2 + 2H_2O \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

$$CO + H_2O \leftrightarrow CO_2 + H_2 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (9)$$

❖ كذلك يمكن تحضيره من تفاعل الكتلة الحيوية مع غاز ثاني أكسيد الكربون وكما مبين في التفاعل(10) [10] :

$$CH_4 + CO_2 \leftrightarrow 2CO + 2H_2 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (10)$$

❖ وطريقة أخرى يمكن انتاج الهيدروجين فيها من الفحم مباشرة والذي هو مورد محلي متوفر وغير مكلف نسبيا حيث هذه العملية تتطلب درجة حرارة عالية حيث تعتمد هذه الطريقة على خلط كمية من الفحم اما على شكل طين أو في حالة صلبة مع أكسدة الهواء أو الأكسجين النقي وبخار الماء وذلك في درجة حرارة من 1000–1500 تتفاعل المركبات الهيدروكربونية الناتجة مع الماء ويتم تحويل الفحم او الكربون الى غاز أول أوكسيد الكربون والهيدروجين . كما مذكور في المعادلة (11) :

$$C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (11)$$

ان انتاج الهيدروجين من الفحم تكون اكثر تعقيدا مقارنة من انتاجه من الغاز الطبيعي ، لكن ممكن استخدم هذه الطريقة كمصدر للطاقة وذلك لوفرة الكربون الكثيرة في العالم كما أن انتاج الهيدروجين من الوقود الاحفوري ينتج عنها حتما غاز ثاني أكسيد الكربون حيث يختلف هذه الكمية حسب المواد الأولية المستخدمة في التحضير ولضمان استدامة انتاج الهيدروجين مع انعدام أي انبعاثات ناتجة لذا يجب التقاط وتخزين غاز CO_2 حيث يتم تحويل الوقود الأحفوري الى حرارة في عملية الاحتراق وذلك باستعمال التوربينات البخارية التقليدية مع الأكسجين النقي كمؤكسد ويمكن فصل CO_2 بسهولة عن طريق تكثيف بخار الماء ، ومنه يمكن تخزين ثاني أكسيد الكربون في طبقات المياه الجوفية وكذلك في المكونات الجيولوجية مثل النفط والغاز .

❖ التركيب الضوئي الحيوي : تعتمد هذه الطريقة على انتاج الهيدروجين خلال مرحلتين وهما التركيب الضوئي والمحفز الهيدروجيني مثل بعض الطحالب الدقيقة والبكتيريا الزرقاء .

تعتبر طريقة ناجحة في انتاج الهيدروجين المتجدد وتعتمد على الأنظمة الوراثية باستخدام التركيب الضوئي للحصول على الهيدروجين كما هو موضح في المعادلة (12)و(13) [11] .

$$2H_2O \rightarrow 4H^+ + 4e^- + O_2^- \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (12)$$

$$4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (13)$$

❖ كما يمكن تحضير الهيدروجين من فصل الماء الى أوكسجين وهيدروجين من خلال عملية التحليل الكهربائي . تتم عمليات التحليل الكهربائي في محلل كهربائي يتكون من أنود وكاثود مفصولين بالكتروليت ، حيث يقوم المحلل الكهربائي بإنشاء الهيدروجين من فصل جزيئات الماء على الكاثود وتتجمع الأيونات الهيدروجينية مع الالكترونات في الكاثود لتشكل غاز الهيدروجين . ان الماء الذي يتم تحليله

يجب أن يكون نقيا بأكبر قدر ممكن لأن الشوائب تبقى في الجهاز وتتراكم على مدى التحليل الكهربائي . يعتبر انتاج الهيدروجين بطريقة التحليل الكهربائي للماء أكثر طريقة شيوعا في انتاج الهيدروجين كما أنه لا ينتج اي ملوثات أو انبعاثات كما هو موضح في المعادلة (14).

$$2H_2O \rightarrow O_2 + 2H_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14)$$

❖كذلك يمكن تحضيره باستخدام طريقة تعتمد على ازاحة الهيدروجين من مركباته بعناصر تسبقه في السلسلة الكهروكيميائية مثل ازاحة فلز لهيدروجين الحامض او القاعدة او الماء ولا يتم ذلك الا باستخدام عناصر أقوى منه في السلسلة الكهروكيميائية . فمثال ذلك عند اضافة معدن الزنك الى حامض الهيدروكلوريك فان الزنك سوف يزيح الهيدروجين لينتج لدينا ملح كلوريد الزنك بالإضافة الى غاز الهيدروجين ، وهذه الطريقة مكلفة نوعا ما ولكنها غير مؤذية للبيئة ويمكننا استبدال الزنك بالألمنيوم أو حتى ببرادة الحديد .(المعادلة (15))

$$Zn + 2Hcl \rightarrow Zncl_2 + H_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (15)$$

اما بالنسبة لتفاعل الزنك مع الهيدروكسيد (القاعدة) فهو موضح في المعادلة (16) .

$$Zn + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (16)$$

يتفاعل الماء مع المغنيسيوم مشكلا المعادلة (16) :

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (17)$$

تعتبر هذه الطرق مكلفة ولا يمكن الاعتماد عليها في تحضير الهيدروجين فالفلزات تعتبر من الطاقات غير المتجددة والاستخدام الزائد لهذه الفلزات سيولد مشكلة جديدة نحن في غنى عنها .

❖في أساليب أخرى ، يتم استخدام الضوء كعامل لإنتاج الهيدروجين . هناك عدد من العمليات التي تعمل بالطاقة الشمسية ، بما في ذلك العمليات الضوئية والكيميائية الكهروضوئية . حيث تستخدم تلك العمليات النشاط الضوئي الطبيعي للبكتيريا والطحالب الخضراء لإنتاج الهيدروجين . كما تستخدم العمليات الكهروكيميائية الضوئية أشباه الموصلات لفصل الماء الى الهيدروجين والأكسجين وكذلك باستخدام الرياح التي تعتبر من مصادر الطاقات المتجددة .[1]

ان من أفضل الطرق الواعدة لتوفير طاقة نظيفة محلية خالية من غازات الكربون الضارة لوحدات الطاقة الكهربائية تكمن بإنتاجها من مصادر الطاقات المتجددة كالشمس والرياح ، هذا اذا اخذنا بنظر الاعتبار مراعاة التأثيرات البيئية .

III. 3.الهيدروجين الأخضر:

الهيدروجين الاخضر يتم انشاؤه عن طريق التحليل الكهربائي للماء في محلل كهربائي باستخدام الطاقة المولدة من مصادر متجددة بما في ذلك الطاقة المائية ، الطاقة الهوائية والطاقة الشمسية . تكون انبعاثات الغازات الدفيئة خلال عملية الانتاج صفر ، اذا كانت جميع المدخلات الكهربائية تأتي من مصادر الطاقة المتجددة .[3]

هناك رغبة كبيرة وتفاؤل لاستخدام الهيدروجين الأخضر لأسباب التالية :[12]

- **انخفاض أسعار الطاقة الكهربائية النظيفة ودون انبعاثات** : مع وجود الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ، أو في المناطق الغنية بالشمس التي يعد توليد الكهرباء فيها أرخص كثيرا من الكهرباء القائمة على الوقود الأحفوري تقترب أسعار الهيدروجين الأخضر الناتج عن التحليل الكهربائي كثيرا من أسعار الهيدروجين الرمادي الذي يتم انتاجه باستخدام الوقود الهيدروكربوني ، اذ لا يمثل النوع الأخير من الهيدروجين تحسينا للوقود التقليدي فيما يتعلق بانبعاثات ثنائي أكسيد الكربون .
- **لم يعد التعامل مع قضية التغير المناخي أمرا اختياريا بل صار أمرا حتميا** : تمتلك العديد من الشركات أهدافا للقضاء على الانبعاثات الكربونية ، ولكن التوسع في توليد الطاقة المتجددة وحدها لن يؤدي الى تحقيق ذلك . ان الشمس لا تظهر ليلا ، كما أن انتاج الطاقة من الرياح متقلب بطبيعته ، لذلك يمكن للهيدروجين الأخضر زيادة نسبة مساهمة الطاقة المتجددة اذ يمكن تخزينه لفترات أطول ، ويمكن نقله الى أماكن لا تتوفر فيها امكانية توليد طاقة متجددة ، كما أنه يمكن لباقة متنوعة من القطاعات الصناعية والتطبيقات استخدامه .
- **يمكن للهيدروجين القضاء على الانبعاثات الكربونية في العديد من القطاعات بصورة أكبر من مصادر الطاقة المتجددة الأخرى** : ان انتاج الطاقة في الوقت الحالي يساهم ب 40 % من انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون عالميا ، ولكن هذا الرقم سينخفض مع استمرار نمو الطاقة المتجددة وانتشارها . أما القطاعات الأخرى مثل الصناعة والنقل فتساهم بنسبة 55 % من انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون على مستوى العالم ، وتستخدم نسبة أقل كثيرا من مصادر الطاقة المتجددة مقارنة بمحطات الطاقة لأن التطبيقات المباشرة للرياح والطاقة الشمسية محدودة . أما الهيدروجين الأخضر والمنتجات الأخرى المشتقة منه فتوفر امكانيات هائلة للتخلص من الانبعاثات الكربونية في هذه القطاعات . [12]

III. 1.3 .مميزات الهيدروجين الأخضر :

يتم انتاج الهيدروجين من الماء بطريقة التحلل الكهربائي للماء ، ان الطاقة اللازمة لكسر جزيئة الماء وتوليد الهيدروجين هي أكبر من الطاقة المتولدة نتيجة حرق الهيدروجين واعادة تكوين الماء لأن عملية تفكك الماء هي عملية ماصة للحرارة بينما عملية تكوين الماء من

الهيدروجين والأكسجين هي عملية باعثة للحرارة ، اي أن هناك طاقة يتم خسارتها على شكل حرارة عند توليد الطاقة الكهربائية من الهيدروجين ، هذا يعني ان انتاج الطاقة الكهربائية من الهيدروجين هي عملية خاسرة للطاقة الكهربائية حيث يتم استهلاك طاقة كهربائية اثناء التحلل الكهربائي للماء لإنتاج الهيدروجين اكبر من الطاقة الكهربائية التي سيرجعها الهيدروجين . بشكل عام فان لكل مول واحد من الماء تتولد خسارة قدرها 1.5ev . لذلك فان انتاج الهيدروجين بالطرق التقليدية ليس ذو جدوى اقتصادية . في الآونة الأخيرة وبعد انتشار مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية ، تولدت مشكلة الفائض بالطاقة في أوقات الذروة الشمسية والتي تضيع عادة بسبب عدم امكانية خزن هذه الطاقة . لذلك اتجهت الأنظار نحو الاستفادة من هذه الطاقة الفائضة في توليد الهيدروجين من الماء اثناء أوقات الذروة الشمسية ومن ثم الاستفادة من هذه الطاقة لاحقا ، ان الهيدروجين المتولد بهذه الطريقة يسمى الهيدروجين الأخضر اذ يتم توليده من طاقة نظيفة فائضة فلا يكون لخسائر الطاقة المذكورة نفاذ وتأثير . [12]

III.2.3.متطلبات الأمان في التعامل مع الهيدروجين :

يعتبر الهيدروجين عنصرا خطرا جدا وتجدر الاشارة هنا الى الحادث الشهير الذي حدث في عام 1973 في ولاية نيوجرسي الأمريكية وهو الاحتراق المنطاد والذي كان يعتمد على الهيدروجين كعنصر مليء نظرا لخفة وزنه ، علما أن الهيدروجين حينها لم يكن المسبب في الحادث بل كان طلاء المنطاد الذي اشتعل . وتعتبر تعليمات الأمان التي تعطيها وكالة (ناسا) وهي أكثر هيئة تستخدم الهيدروجين في العالم أساسا في الوقاية من أخطاره ، ومن هذه التعليمات هي :[13]

- ان الهيدروجين يشتعل بلهب غير مرئي ذو درجة حرارة عالية لذلك يجب الحذر الشديد من ان يمس الجلد وأبسط طرق الكشف عنه عند الشك بوجوده هو استخدام مكنسة من القش ذات ذراع طويلة لنتفحص بها مكان التسرب.
- ان الهيدروجين السائل وبسبب الحرارة المنخفضة جدا له يسبب ما يسمى بالحرق البارد وهو أشد تأثيرا من الحرق المعروف .
- ان الهيدروجين من أكثر العناصر نفوذية على الاطلاق لذلك يجب ارتداء الملابس الواقية والقفازات وواقيات الوجه عند عمليات التعبئة والتفريغ أو عند صيانة الشبكة والصمامات وعند فك كل ما يمر به الهيدروجين .
- استنشاق الهيدروجين خطير ويسبب حروقا في الجهاز التنفسي وبالتالي يجب ضرورة الحذر عند التعامل مع الهيدروجين مع العلم أن الالتزام التام بتعليمات الأمان يضمن بشكل كامل سلامة الشخص فالهيدروجين عنصر أمين بمدى ادراكنا بكيفية التعامل معه .

III. 4.التحليل الكهربائي :

ان التحليل الكهربائي هو العملية التي يمر بها التيار الكهربائي من خلال الماء ويكسر الروابط الكيمياوية بين الهيدروجين والأكسجين ان المحلول الالكتروليتي وهو المادة الكيمياوية السائلة التي يمكنها امرار التيار يساعد في عملية كسر الأواصر .[7] عندما تنكسر الأواصر فان ذرات الهيدروجين والأكسجين تصبح اما أيونات موجبة أو سالبة ، وعموما وبوجود قطبين أنود وكاثود فان أيونات الهيدروجين الموجبة تتجمع على الأنود (القطب السالب) ، بينما تستقر أيونات الأكسجين السالبة على الكاثود (القطب الموجب) ، عندها يتشكل الغاز عند كل طرف .انه من الممكن أداء التحليل الكهربائي في درجات الحرارة العالية . ان التحليل الكهربائي في درجات الحرارة العالية يعرف أيضا بالتحليل الكهربائي البخاري ويعمل بطريقة متشابهة كثيرا للتحليل الكهربائي التقليدي ، والاختلاف بينهما هو بدلا من استعمال كمية قياسية من التيار الكهربائي فان الحرارة تطبق بدلا من ذلك . وهذا يقلل من مجموع الكمية المطلوبة من الطاقة الكهربائية لإنتاج غاز الهيدروجين . [7]

III.1.4.العوامل المؤثرة على نتائج التحليل الكهربائي :

تعتمد عملية التحليل الكهربائي على انتقال التيار الكهربائي المتمثل في انتقال الالكترونات من الكاثود الى الأنود والعكس ، وتعتمد عملية التحليل الكهربائي على عدة عوامل كالتفاعلات الكيميائية المعتادة ، وفيما يأتي توضيح لأهم هذه العوامل :[14]

***الجهد الزائد** : يمكن في بعض التفاعلات (خاصة الغازية) استخدام جهد زائد للحصول على النتائج المطلوبة مما قد يسبب بعض ردود الفعل غير المتوقعة للتحليل .

***نوع القطب** : يؤثر نوع القطب المستخدم في التحليل على نتائجه اذ يشكل القطب الفعال جزء من التفاعل بينما يقدم القطب الخامل سطحه لإجراء التفاعل دون أن يتدخل فيه .

***التفاعلات الحاصلة على القطب** : يمكن أن تحدث العديد من ردود فعل للتفاعل على القطب الواحد ، الأمر الذي يؤدي للحاجة الى التخلص من التفاعلات الغير اللازمة والابقاء على التفاعلات اللازمة والموائمة لإجراء التحليل الكهربائي والحصول على النتائج المطلوبة.

***طبيعة المواد المتفاعلة** : تسبب الخواص الفيزيائية والكيميائية الغير قياسية للمواد المتفاعلة في الحصول على نتائج غير مرغوبة .

III.2.4.استخلاص الهيدروجين الأخضر بواسطة عملية التحليل الكهربائي :

يتم انتاج الهيدروجين الأخضر أو الهيدروجين المتجدد من خلال التحليل الكهربائي باستخدام مصادر الطاقة المتجددة [15] . انه طريق انتاج كربون شبه معدوم دون الحاجة الى احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون . لتحقيق بصمة خالية من الكربون ، يجب توصيل المحلل

الكهربائي مباشرة بمصدر الطاقة المتجددة [16] . تعمل تقنية التحليل الكهربائي للمياه على تحويل الطاقة الكهربائية المولدة من مصادر الطاقة المتجددة الى طاقة كيميائية قابلة للتخزين : هيدروجين عالي النقاء . يعتبر الهيدروجين الأخضر أنظف مصدر للطاقة [17] .

III.3.4.تقنيات التحليل الكهربائي لإنتاج الهيدروجين :

يعد انتاج الهيدروجين عن طريق التحليل الكهربائي أحد أكثر طرق انتاج الهيدروجين المحتملة نظرا لحماية البيئة الخضراء والانتاج المرن ونقاوة الهيدروجين العالية والمنتج الثانوي عالي القيمة للأكسجين .[18]

يمكن تقسيم انتاج الهيدروجين عن طريق التحليل الكهربائي الى ثلاث تقنيات :

III. 1.3.4.التحليل الكهربائي القلوي : [12]

هي أحد أكثر التقنيات تطورا واستعملت منذ منتصف الستينات من قبل ناسا في برامج المكوكات الفضائية وأبولو. خلايا الوقود على متن هذه المركبات الفضائية تؤمن الكهرباء للأنظمة المختلفة على سطح المكوك ، بالإضافة الى أنها تؤمن ماء للشرب لرواد الفضاء . تعتبر الكفاءة الكهربائية لخلايا الوقود القلوية كفاءة أعلى من بقية الأنواع الأخرى فمردودها بحدود 70 % . تستخدم خلايا الوقود كوسيط محلول ذو أساس مائي من هيدروكسيد البوتاسيوم محفوظ في مصفوفة مثقبة مستقرة حسب الشكل (13) . ان تركيز هيدروكسيد البوتاسيوم يمكن أن يتغير بتغير درجة حرارة الخلية حيث تتراوح درجة حرارة التشغيل ما بين 65°c الى 220° c . تكون حاملات الشحنة في الخلايا القلوية هي أيونات الهيدروكسيل التي تسري من القطب الموجب حيث تتحد مع الهيدروجين لتنتج ماء والكترونات . الماء المولد في القطب الموجب يعود للقطب السالب ليعيد توليد أيونات الهيدروكسيل . العمليات الكيميائية في خلية الوقود هذه موضحة بالمعادلات (18)،(19)و(20) حيث أن هذه التفاعلات تنتج كهرباء مفيدة وحرارة .

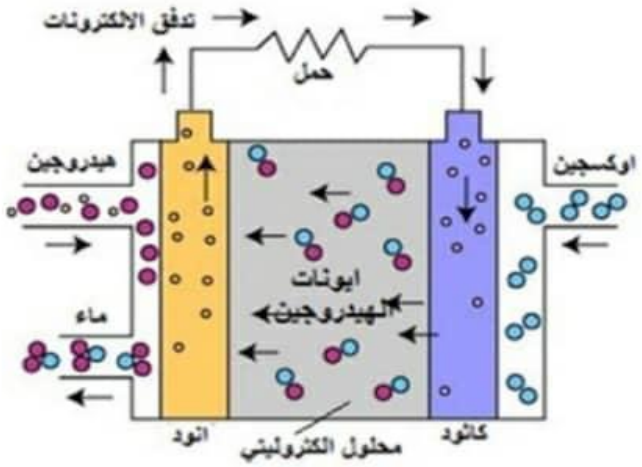
التفاعلات في القطب الموجب : $H_2 + 4OH^- \leftrightarrow 4H_2O + 4e^- \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (18)$

التفاعلات في القطب السالب : $O_2 + 2H_2O + 4e^- \leftrightarrow 4OH^- \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (19)$

التفاعل النهائي : $H_2 + O_2 \leftrightarrow 2H_2O \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (20)$

أحد الخصائص لخلايا الوقود القلوية أنها حساسة جدا لغاز ثنائي أكسيد الكربون الذي قد يتواجد في الوقود أو الهواء . يتفاعل ثنائي أكسيد الكربون مع الوسيط بسرعة كبيرة ويسبب تلوثه مما يخفض من أداء خلية الوقود بشكل كبير موضحا ذلك في الشكل (19). لذا فان استخدام خلايا الوقود القلوية محدد في بيئات مغلقة ، مثل الفضاء ووسائل النقل في داخلا البحار ، ولابد أن تعمل على هيدروجين وأكسجين نقي . علاوة على ذلك فان الجزيئات مثل أول أكسيد الكربون والماء والميثان والتي تعتبر غير مؤذية بل قد تعتبر وقود لبعض

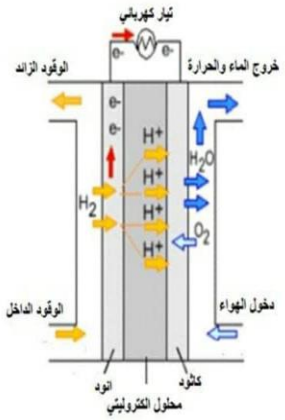
خلايا الوقود الأخرى تعتبر ملوثة لخلية الوقود القلوية . وبالنظر لمزايا هذا النوع من خلايا الوقود فهي أرخص أنواع خلايا الوقود (تصنيعها اقتصادي) ، هذا لأن المحفز على الأقطاب يمكن أن يكون عدد من المواد التي تعتبر رخيصة نسبيا مقارنة مع المحفزات المستخدمة بخلايا الوقود الأخرى . لم تستخدم خلايا الوقود القلوية بوسائل النقل . فحساسيتها للمواد الملوثة وحاجتها الى أكسجين وهيدروجين نقي يعتبر عتبة في طريق استخدامها في الوقت الحالي . بالمقابل تعمل خلايا الوقود القلوية بدرجات حرارة منخفضة نسبيا وذات مردود عالي الخصائص وهذه تجعل الوقت المطلوب لبدء عملها قصير (اي تتوفر حرارة التشغيل بسرعة) وذات كفاءة وقود عالية . [12]



الشكل رقم (19) : خلية الوقود القلوية(AFC) [12]

III. 2.3.4.التحليل الكهربائي للحمض (غشاء تبادل البرتون) :

يتضمن هذا النوع من التحليل الكهربائي على الغشاء عادة من بوليميرات حمض السولفينيك بيورفلود حيث تعمل أقطابها على تحفيز المعادن التي تسهل اختراقها ويتم التحليل ماء الى أكسجين والالكترونات والبروتونات في الأنود حيث تهاجر البروتونات من خلال الغشاء الى الكاثود حيث يتم تخفيضها الى جزيئات الهيدروجين حيث تهاجر الالكترونات من خلال الدائرة الخارجية الى الكاثود موضحا ذلك في الشكل (20)، وتعتبر هذه التكنولوجيات ناجحة ويمكن اجراء هذه العملية في ضغط جوي ، ويعتبر هذا النوع من التحليل الكهربائي كمصدر للطاقات المتجددة ، وهي أفضل من التحليل الكهربائي القلوية حيث نلاحظ اختلاف في الطاقة الكهربائية بالإضافة الى ذلك يعتبر التحليل الكهربائي هو أفضل طريقة لإنتاج الهيدروجين .[12]



الشكل رقم(20): خلية الوقود ذات غشاء التبادل البروتوني (PEM)[12]

III.3.3.4.التحليل الكهربائي عالي درجة الحرارة :

يعتمد التحليل الكهربائي عالي درجة الحرارة على تكنولوجيا خلايا الوقود ذات درجة الحرارة العالية ، حيث أن الطاقة الكهربائية اللازمة لتقسيم الماء عند 1000 c° (أقل بكثير) أقل بكثير من التحليل الكهربائي عند 100c° (درجة مئوية) ، هذا يعني أن المحلل الكهربائي ذو درجة الحرارة العالية يمكن أن يعمل عند كفاءات عملية أعلى بكثير من المحلل الكهربائي العادي ذي درجة الحرارة المنخفضة . [19]

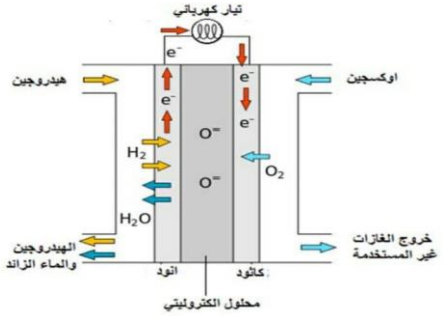
التكنولوجيا النموذجية في هذا الباب هي خلية التحليل الكهربائي للأكسيد الصلب والتي هي في مرحلة أقل تقدما اليوم ، تهدف الى تحقيق كفاءة عالية في تحويل الكهرباء الى هيدروجين ، حيث يتم اجراء التحليل الكهربائي عند درجات الحرارة العالية (700c° الى 800c°درجة مئوية) ، مما يسمح لتقليل استهلاك الكهرباء بشكل كبير ، ومع ذلك تتطلب درجات الحرارة المرتفعة استخدام مواد محددة . [19]

يعد ادخال بخار الماء الى الكاثود حيث يتم انتاج الهيدروجين و أيونات الأكسجين O^{-2}، تهاجر أيونات O^{-2}،عبر الغشاء الالكتروليتي نحو الأنود ويتم تشكيل الأكسجين حسب التفاعلات (21)و(22) :[20]

Cathode $H_2O + 2é^- \rightarrow H_2 + O^{-2}$ ……(21)

Anode $2O^{-2} \rightarrow O_2 + 4é^-$ ……(22)

والشكل (21) يبين آلية عمل خلية وقود الأكسيد الصلبة .



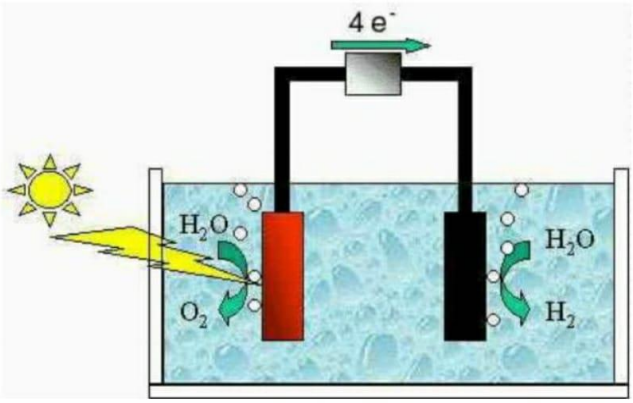
الشكل رقم (21) : خلية وقود الأكسيد الصلبة (SOFC)[12]

III.4.3.4.التحليل الضوئي للماء :

التحليل الضوئي للماء هي طريقة يتم فيها تحليل الماء الماء بالكهرباء الناتجة من المحفز الضوئي مع أشباه المواصلات حيث أن خلايا الكهروضوئية تكون مغمورة في الماء ومقابلة لأشعة الشمس حيث يتم عنها تحليل الماء الى أكسجين وهيدروجين ، ويمكن بالأجهزة الضوئية أو الكهروضوئية وهناك أربعة مراحل رئيسية في هذه الطريقة :[21]

- لابد أن تكون اللوحة معرضة لأشعة الشمس .
- تتم عملية الأكسدة في الأنود لإنتاج جزيئات الأكسجين .
- تنتقل أيونات الهيدروجين والالكترونات من الأنود الى الكاثود .
- تنخفض أيونات الهيدروجين لتشكل جزيئات الهيدروجين للكاثود .

وفوائد هذه الطريقة هي انتاج المباشر للهيدروجين وتعتبر تكاليف ذ الطريقة في زيادة محتملة من ناحية الكفاءة العامة وأخيرا فان أهم حاجز تكنولوجي في هذه الطريقة يكمل في صناعة أشباه الموصلات ومن ناحية أخرى فهي قادرة على امتصاص فوتونات الشمسية .[22]



الشكل رقم (22) : خلية التحليل الضوئي للماء (PEC) [22]

III. 4.4.انتاج الهيدروجين باستغلال مصادر الطاقات المتجددة :

توجد هناك عدة طرق شيوعا في انتاج الهيدروجين وذلك باستخدام الطاقات المتجددة والقابلة للاستغلال حيث تعتبر طاقة الرياح والطاقة الشمسية من مصادر الطاقات المتجددة أكثر الاستغلال حاليا ويمكن استخدامها كنقلات حيوية لإمدادات الطاقة وذلك لتطور الحاصل في تقنيات لتوليد الطاقة الكهربائية من هذين المصدرين . [23]

III.1.4.4.من طاقة الرياح :

يمكن لهذا النظام الريحي انتاج الكهرباء واستغلال فائض من الطاقة الكهربائية في انتاج الهيدروجين وذلك عن طريق التحليل الكهربائي للماء ، ويعتبر هذا المصدر صديق للبيئة وطاقة بديلة حيث لا ينتج عنها أي انبعاثات ولا أي غازات ملوثة .[24]

III. 2.4.4.من الطاقة الشمسية :

يعتبر التحليل الكهربائي للماء من الطرق الأكثر شيوعا في انتاج الهيدروجين ، حيث نقوم باستغلال واستخدام الطاقة الشمسية في عملية التحليل الكهربائي وهو من الطرق الأكثر فعالية من حيث التكلفة وأكثر حماية للبيئة ، وتعتبر هذه الطريقة من أبسط الطرق لإنتاج الهيدروجين حيث تشمل هذه الطريقة عدة مراحل منها :[25]

- **وحدة الضوئية** : هي عبارة عن ألواح تتكون من مواد الكهروضوئية التي تقوم على تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية ، وبشكل عمومي فان هذه المواد عبارة عن موصلات أو مركبات أشباه الموصلات .
- **نظام التكييف** : المقصود بهذا النظام هو شكل الاشارة المنبثقة من الوحدة الضوئية .
- **نظام تحليل كهربائي** : هي عبارة عن مجموعة من الخلايا تتكون من ثنائي الأقطاب الكهربائية وتكون مغمورة في المحلول الكهربائي مع توصيلها بإمدادات الطاقة حيث نضيف الى الماء مادة كيميائية موصلة .

_ويمكن توفير طاقة لتشغيل هذه الأنظمة اما بواسطة وحدة الضوئية أو بواسطة طاقة اضافية ويمكن أن تكون هذه الطاقة الاضافية تقليدية واما تكون طاقة الرياح أو الطاقة الحرارية الأرضية .

والشكل (23) يبين لنا آلية انتاج الهيدروجين الشمسي بواسطة الخلايا الشمسية .

الشكل رقم (23) : التمثيل التخطيطي لنظام الشمسي –هيدروجيني [25]

✓ **نظام ضخ المياه والتحليل الكهربائي :**

يشمل هذا النظام كلا من التضامن المساعدين مثل أنظمة التحكم والتنقية التي تنتج عن نظام الضخ ومعالجة المياه حيث أن المياه المستخدمة في التحليل الكهربائي يمكن أن تأتي من عدة مصادر مختلفة ، فالمياه المأخوذة من المنابع الساخنة يمكن أن تكون حلا جيدا ،**[24]** فان هذا الماء الساخن يعتبر مصدر للطاقة مع زيادة فقط في العائدات انتاج الهيدروجين مع العلم أن الطاقة اللازمة لضخ المياه تعتمد دوما على مصدرها . **[25]**

III.5.استخدامات الهيدروجين الأخضر:

يشكل الهيدروجين مصدر الطاقة واعدا للاستخدام التجاري اذ أن وفرة هذا العنصر والقدرة على انتاجه من الماء عبر التحليل الكهربائي يجعله خيارا جيدا واكثر نظافة يمكنه ان يحل مكان الوقود الأحفوري وأن يعالج التحديات المتمثلة بإزالة انبعاثات الكربون من المجالات التالية : [26]

❖ **النقل** : يعتبر وقود الهيدروجين مرشحا جيدا للمساهمة في ازالة الكربون عن قطاع النقل البري اذا تم انتاجه من مصادر الطاقة المتجددة من خلال عملية التحليل الكهربائي . في هذه الحالة تتمثل المزايا الرئيسية للمركبات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود في انعدام انبعاثات ثاني أكسيد الكربون

والملوثات (الانبعاثات في عادم السيارة تكون عبارة عن الماء فقط) .كما أن كفاءة الأداء في حالة خلايا الوقود تكون أعلى مقارنة بمحركات الاحتراق الداخلي .

- ❖ **الصناعة** : يستخدم الهيدروجين في مختلف التطبيقات الصناعية ، وتشمل هذه الأعمال المعدنية (بشكل أساسي في صناعة السبائك المعدنية)، وانتاج الزجاج المسطح (يستخدم الهيدروجين كغاز أو وقائي) ، وصناعة الالكترونيات(يستخدم الهيدروجين كغاز واقي وناقل ، في عمليات الترسيب ، للتنظيف ، النقش ، وفي عمليات الاختزال وما الى ذلك).كما يستخدم الهيدروجين في تطبيقات توليد الكهرباء ، على سبيل المثال لتبريد المولدات أو بمنع التآكل .[26]
- ❖ **التخزين** : يمكن استخدام الهيدروجين لتخزين طاقة الكهرباء لفترات طويلة فمن الممكن انتاجه على سبيل المثال بالاستفادة من ذروة انتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة من أجل تشغيل عملية التحليل الكهربائي لإنتاج الهيدروجين من الماء ومن ثم يمكن نقله في السفن أو الأنابيب لمسافات طويلة واستخدامه في مكان آخر .

III.6.تخزين الهيدروجين الأخضر:

يخزن الهيدروجين الأخضر عادة كسائل مع أنه يمكن أن يخزن كغاز أو صلب أيضا ، ولأن الهيدروجين منخفض في الكثافة فأن خزنه يعتبر تحدي هذا حقيقي لكلا طريقتي خزن الهيدروجين سواء كانت في موقع انتاجه أم في العجلات التي تستعمله كوقود .

من خلال طرق خزن الهيدروجين يمكن أن تظهر الملاحظات التالية :

- ✓ ضغطه في اسطوانات من مختلف الأحجام : وهذه احدى الطرق الأكثر شيوعا لخزن الهيدروجين للاستعمال الصناعي .
- ✓ استعمال الغاز المضغوط في خزانات العجلات : العديد من مصنعي السيارات والباحثين يجرون التجارب على هذه الخزانات ، وبدلا من الاسطوانات فان الهيدروجين سيضخ داخل خزان الغاز المضغوط في السيارة ويخزن هناك .
- ✓ خزن الهيدروجين السائل بدرجات حرارة واطئة جدا . [7]

III.7.أهمية الهيدروجين الأخضر :

وتكمن أهمية الهيدروجين في أنه أكثر استدامة حيث تقنياته المتطورة ساعدت على استخدامه كوقود للقطارات والناقلات العملاقة وسيارات الركوب ، أيضا يمكن أن يكون غاز وسيط للصناعات مثل الكيماويات التكرير والصلب والمعادن والزجاج ، كما يمكنه تخزين

الطاقة المتولدة من المصادر المتجددة ، ويمكن استخدامه كناقل للطاقة بمعنى وسيلة لتخزين الطاقة من مصادر متجددة (الشمس–الرياح) على نطاق واسع بدون بصمة كربونية .[27]

III. 8.ايجابيات وسلبيات الهيدروجين الأخضر :

مصدر الطاقة بواسطة الهيدروجين الأخضر له ايجابيات وسلبيات أهمها :[28]

III. 1.8.الايجابيات:

- ✓ مستدام : الهيدروجين الأخضر لا ينبعث منه غازات ملوثة سواء أثناء الاحتراق أو أثناء الانتاج .
- ✓ قابل للتخزين : من السهل تخزين الهيدروجين ، مما يسمح باستخدامه لاحقا لأغراض أخرى وفي أوقات أخرى غير مباشرة بعد انتاجه .
- ✓ متعدد الاستخدامات : اذ أنه يمكن تحويل الهيدروجين الأخضر الى كهرباء أو غاز اصطناعي واستخدامه للأغراض المنزلية أو التجارية أو الصناعية أو التنقل .
- ✓ قابل للنقل : يمكن مزجه مع الغاز الطبيعي بنسب تصل الى 20% واستخدام نفس أنابيب الغاز والبنية التحتية ، تتطلب زيادة هذه النسبة تغيير العناصر المختلفة في شبكات الغاز الحالية لجعلها متوافقة .

III.2.8.السلبيات :

- ✓ التكلفة العالية : الطاقة من المصادر المتجددة ، والتي تعتبر أساسية لتوليد الهيدروجين الأخضر من خلال التحليل الكهربائي ، وتعتبر أكثر تكلفة في توليدها ، مما يجعل الحصول على الهيدروجين أكثر تكلفة .
- ✓ استهلاك عالي للطاقة : يتطلب انتاج الهيدروجين بشكل عام والهيدروجين الأخضر بشكل خاص طاقة أكثر من أنواع الوقود الاخرى .
- ✓ قضايا السلامة : الهيدروجين عنصر شديد التقلب وقابل للاشتعال ولذلك يلزم اتخاذ تدابير أمان شاملة لمنع التسرب والانفجارات .[28]

III. 9.محاور الدراسة :

III.1.9.مبادرات معيار الهيدروجين الأخضر في جميع أنحاء العالم :

وتجدر الاشارة الى أن طاقة الهيدروجين يمكن أن تقفز قفزة كبيرة فقط من خلال الاعتماد على منصة موحدة لإدارة الطاقة العالمية والسوق العالمية . لذلك من الضروري انشاء وتحسين نظام المعايير الدولية لجودة الهيدروجين ، مع مراعات تكلفة حساب انبعاثات الكربون [29]

هناك أربع نقاط رئيسية ، فيما يتعلق بمبادرات الهيدروجين الأخضر وهي : [29]

- تعريف الهيدروجين الأخضر ، من ناحية اذا ما كان يجب ان يقتصر مصدر الهيدروجين على الطاقة المتجددة ومن ناحية أخرى ما اذا كان يعتمد على التقدير الكمي لدورة الحياة لانبعاثات الغازات الدفيئة او ما اذا كان التعريف يعتمد على تأهيل تكنولوجيا انتاج ومصدر الهيدروجين .
- حدود النظام ، استنادا الى تعريف التقدير الكمي لانبعاثات الغازات الدفيئة ، هناك العديد من الخيارات لحدود محاسبة انبعاثات الكربون مثل نقطة الانتاج ونقطة الاستخدام .
- عتبة خط الأساس للغازات الدفيئة
- مستوى التأهيل ، وفقا لهدف الحد من الكربون او هدف الحد من تلوث الهواء في السياسات الوطنية .

III.2.9.تحديات انتاج الهيدروجين الأخضر :

يمكن القول أن تكلفة انتاج الهيدروجين الأخضر حاليا حوالي من 5 الى 6 دولارات بينما يتكلف الهيدروجين الرمادي أقل من 2 دولار لذلك تهدف التطويرات التكنولوجية الى خفض تكلفة انتاج الهيدروجين الأخضر ، والمشكلة الرئيسية تكمن في ارتفاع تكلفة الانتاج ومع توقعات نمو سوق الهيدروجين يمكن أن يسهم ذلك في انخفاض تكلفة الانتاج من 6 الى 2 دولار بحلول سنة 2025 ، وبذلك يكون هذا السعر نقط تحول متوقعة تجعل الهيدروجين الأخضر منافس قوى لمصادر القوى الأخرى .

في سنة 2021 أشار مجلس الهيدروجين العالمي الى أن استخدام الهيدروجين الأخضر لإنتاج الأمونيا الخضراء)المكون الرئيسي لإنتاج الأسمدة(سيجعل تكلفة الأمونيا الخضراء أعلى تنافسية من الأمونيا المنتجة تقليديا ودلك بحلول سنة 2030 ، هدا يجعل لإنتاج الهيدروجين قيم مضافة تزيد من أهميته الاقتصادية والصناعية وأيضا لزراعية وسوق العمل .[27]

III. 3.9.فجر اقتصاد الهيدروجين الأخضر :

يوجد نوعان من حوامل الطاقة وهما الكهرباء والتي تمثل ربع الاحتياج للطاقة في العالم والوقود الذي يمثل ثلاثة أرباع الاحتياج الكلي للطاقة .

ويعتقد العلماء بان الوقود المناسب الذي من شأنه المحافظة على البيئة من التلوث وذا الكفاءة العالية كوقود وكحامل للطاقة هو الهيدروجين . فالهيدروجين وسط لنقل وتخزين الطاقة وحلقة وصل بين الطاقة والمستهلك . ويعتقد بأنه الحل الأمثل لتخزين الطاقات المتجددة المتقطعة أو التي لا تتصف بالديمومة مثل الاشعاع الشمسي والرياح . كما أنه وسيلة لنقل الطاقة من أماكن توافرها الى أماكن استخدامها . وفكرة انتاج الهيدروجين ليست جديدة وانتاجه من بعض مصادر الطاقة المتجددة أيضا قديمة ، فقد اقترح هالدين عام 1923 انتاج الهيدروجين من تحليل الماء كهربائيا وذلك باستخدام طاقة الرياح كمصدر كهرباء للمحلل الكهربائي ومن ثم استخدام الهيدروجين كوقود . وفي عام 1927 اقترح ستيوارت انتاج الهيدروجين بواسطة المساقط المائية واستخدامه أيضا كوقود . أما المهندس الألماني ادجستي فقد أوضح بأن نقل الطاقة في شكل هيدروجين ارخص من نقلها عبر خطوط الكهرباء . [30]

III.4.9.تجارب دولية لاستخدامات الهيدروجين :

لا يمكن اغفال دور المجتمع العالمي في تطوير صناعة الهيدروجين الأخضر من خلال الأبحاث والدراسات باعتبار أن سيناريو المناخ الأخضر وهو الوصول لصفر انبعاثات كربونية بحلول عام 2050 يتزايد معه الطلب على الهيدروجين الأخضر بكميات تصل الى 1300 مليون طن وهو ما يعادل 60 % من الطاقة المستخدمة اليوم ، لذلك اهتم مركز المناخ كوبنهاجن التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة بتقنيات الهيدروجين الأخضر لهذا أنشأ مركز لكفاءة الطاقة وذلك لشر التكنولوجيا وخلق مطورين لتلك الطاقة الواعدة . [27]

- **اهم الانجازات العالمية في مجال الهيدروجين الشمسي** : في الوقت الحاضر ينتج الهيدروجين بواسطة الطاقة الشمسية الملتقطة بالعناصر الضوئية أو بواسطة الأبراج المنشأة في مناطق غنية بالإشعاع الشمسي كإفريقيا والسعودية ، والمحطة الأولى في العالم التي استخدمت فيها الطاقة الشمسية الملتقطة بالعناصر الضوئية لإنتاج الهيدروجين كانت في السعودية . في ألمانيا اعدت برامج كبيرة لاستغلال الهيدروجين الشمسي منها البرنامج السعودي الألماني .[30] وترتب على هذا البرنامج اقامة مشاريع تجريبية في كل من ألمانيا والسعودية ، أحد هذه المشاريع أقيم بألمانيا بستيتغارت حيث يبلغ متوسط الاشعاع الشمسي 1000 كيلو وات ساعي للمتر مربع /على السنة وبقدرة 10 كيلو وات ، كما أقيم مشروع بقدرة 35 كيلو وات في قرية شمسية في السعودية قرب الرياض . هذه المشاريع تهتم بتطوير استخدام الهيدروجين الشمسي والتخطيط لاستخدامه .
- **التعاون المغربي الأوروبي في مجال الهيدروجين الشمسي** : ان الشراكة بين دول جنوب أوروبا والجزائر يمكن أن تتحقق خلال السنوات القادمة من خلال المشروع المغربي –الأوروبي للهيدروجين الشمسي حيث كلف مركز تطوير الطاقات المتجددة

بالجزائر بتنسيق الجهود على مستوى الدول المغربية وعهدت مسؤولية تنسيق الجهود على مستوى الدول الواقعة شمال ضفة البحر الأبيض المتوسط للشركة الأوروبية لتكنولوجيات الهيدروجين .**[31]**

تم اتفاق مجموعة من الخبراء (الجزائر ، فرنسا ، اليونان ، ألمانيا ،سويسرا، تركيا ، الولايات المتحدة ، ليبيا ،تونس ، المغرب ، مصر) على انشاء هذا المشروع من خلال اعلان الجزائر خلال المؤتمر العالمي حول طاقة الهيدروجين في 14 جوان 2006 ، حيث أبرز هؤلاء الخبراء ثقتهم حول استغلال القدرات الشمسية الهائلة لدول المغرب لإنتاج الهيدروجين الشمسي على مستوى عالي من خلال انشاء اتحاد شركات كبرى وميلاد مشروع مستقبلي كبير مشروع المغرب – أوروبا . [32]

III. 5.9.الاهتمام المصري بالهيدروجين :

ازداد الاهتمام العالمي بإنتاج الهيدروجين الأخضر أملا في تحقيق حماية كوكب الأرض من الانبعاثات الملوثة للبيئة . [27] ، ففي مصر بدأت الحكومة في اتحاد خطوات الاستفادة من زخم الاستثمار ، و ذلك في مؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي دورة ال 27 الذي عقد في مدينة شرم الشيخ المصرية ، حيث أنشأت هيئة قناة السويس ضمن أنشطة منطقة القناة الاقتصادية مركز اقليمي للطاقة الخضراء حيث وقعت الشركات العالمية على اتفاقيات أولية قدرت بحوالي 10 مليار دولار لإقامة مشروعات الهيدروجين الأخضر والأمونيا الخضراء في منطقة العين السخنة . [27]

III. 6.9.امكانية انتاج الهيدروجين الأخضر في الجزائر :

تقدير انتاج الهيدروجين باستخدام الطاقة المتجددة في الجزائر تعتمد في المقام الأول على تقدير امكانيات انتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة (طاقة الرياح والطاقة الشمسية) ، هذا التقدير مبني على مقدمة جمع أشعة الشمس وبيانات سرعة الرياح على وجه الخصوص . وحسب دراسة (سامية رحموني وآخرون–حول احتمالات انتاج الهيدروجين من موارد متجددة في الجزائر ،سنة 2016) ،حيث اعتبرت أن الخطوة الأولى لتقييم انتاج الهيدروجين باستخدام الطاقات المتجددة هي تحليل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في الجزائر ، لهذا ركزت في اتباع منهجية لتقييم امكانات كل مورد الطاقة المتجددة ، وهو أمر مختلف بسبب تنوع طبيعة المصدر ، وبسبب مواصفات الموقع الجغرافي ، والظروف المناخية والقيود التكنولوجية لكل مصدر .[33]

خلاصة الفصل الثالث:

ان جميع الدراسات تشير الى أن الهيدروجين الأخضر يلعب دورا رئيسيا في نقل الطاقة والتخلص من الكربون في القطاعات التي يصعب فيها ذلك ، وتأتي أهميته في قدرته على توفير طاقة هائلة القدرة وقليلة الانبعاثات من أجل حماية البيئة ، لكن ارتفاع تكلفة انتاجه

من الطاقات البديلة لثلاثة أضعاف المنتج من الوقود الأحفوري بجانب تحديات تخزينه ونقله من أهم التحديات التي تحتاج لتطوير التكنولوجيات التي تعمل على زيادة انتاجه ووفرته في العالم .

لقد تناولنا في هذا الفصل دراسة لتحضير الهيدروجين الأخضر كطاقة بديلة ، وقد تم توضيح أهميته ، استخداماته ، إيجابياته وسلبياته وكذلك طرق تخزينه ونقله ، بالإضافة الى ذكر تحديات انتاجه والتطرق الى التجارب الدولية لاستخدامه .

المراجع:

[1] لحظة عدوان عبود ، "الهيدروجين وقود المستقبل" ، قسم الكيمياء ، جامعة الكوفة ،(2021) ، ص 8،2،3.

[2] بشرى عيسى نعمة ، "الهيدروجين" ، كيمياء عامة ولا عضوية ، جامعة المنارة ، ص8،7 .

[3]Ait.Bachir Linda . "algerien green hydrogen production opportunities and chalanges in light of a sustainable energy system ".International journal of economic . volume 4 . issue. Special . 2021 . p16

[4] كرم شبيب ، "الهيدروجين وقود المستقبل" ، المركز الوطني للمتميزين ، سوريا (2015) .

[5] cau . G . cocoo . D . Petrollese (2014) . Energy management strategy bazed on short –term generation scheduling for a reneuable microgrid using a hydrogen storage system ، energy ، convertion and management ،87،820-831 .

[6] أكرم العلي ، "مصادر الكيمياء" ، (www.chemistrysources.com) .

[7] سمير سعدون وآخرون ، "الطاقة البديلة مصادرها واستخداماتها" ، دار اليازوري العلمية ، 2021 ، ص، 75 ، 61.

[8]Matthes ،c،Aruffo،v،(9/2020)، The Risks and opportunites of green hydrogen production and export from the MENA . Amman : Friedrich –ebert-stifung.

[9]Khazaal، M.H ، Staniforth، j.Z ،Alfatlawi، Z، A ، Ormerod، R . M ،& Darton ، R. j. (2018). Enhanced methane reforming activity of a hydrothermally synthesized codoped perovskite catalyst . Energy & Fuels، 32 (12).12826-12832.

[10] khazaal ،M.H.(2019). Enhaced reforming of methane to synthesis gaz by co-doped perovskite catalysts (Doctaral dissertation ، Keele University).

[11]Xu، Z ، Wang ،s، Zhao ، c ، li، s، liu،X ، wang ، L ، &،Mann ، s.(2020). Photosynthetic hydrogen production by droplet-bazed microbial micro-reactors under aerobic condition ، Nature communication ، 11(1) ، 1-10.

[12] م، خليفة ، "طرق انتاج الهيدروجين وخزنه واستخدامه"، هيئة البحث والتطوير الصناعي ، مركز بحوث الطاقة المتجددة والبيئة ،2022، ص5 .

[13]Rivkin ، R ، Burgess ،and Buttner ، "Hydrogen Technologies safety guide " ، National Renawable Energy laboratory-(1/2015).

[14] ش، مروة ، "ماهو التحليل الكهربائي "، مجلة أراجيك عدد (2020/2). (www.arageek.com)

[15] N ،Anguitz Z ، qusano D ، "Renvisting the role of steam methane reforming with capture and storage for long-term hydrogen production" ، Sci Total Environ 2021m 771.

[16] M ، Newborough ، gooley G، "Developments in the global hydrogen market : the spectrum of hydrogen colours ، Fuel cell Bull 2020 ، 16-22 .

[17] Yu j ، Dai y، wu x ، NiM ، "ultrafine rutenium –iridium alloy manoparticles well –dispersed on N-riche carbon frameworks as afficient hydrogen-generqtion electrocatalysts " .chem Eng 2021، 417 .

[18] Long yqndjishi Zhoa ، "Technical and Economic Feasibility of Renewable Energy to hydrogen progects in southerm provinces for supply to guangdong"، p26.

[19]Tzimas ، Evangelos ، "Hydrogen storage: state –of- the –art and future perspective "، eu commission ،JRC petten ، EUR 20995EN(2003).

[20] De Dianous m valerie ، "compartive study of regulation ، guides –and standar regarding hydrogen elevtrolysers and storage ، study raport" (2016).

[21] A . Hachinoto ،"Developement of PEM water electrolysis type hydrogen production system for we-NET"، proceedings of 14th WHEC، montreal، 2002.

[22] Kuranen p.s، lund p، D "Development of a sell –sufficient solar hydrogen energy system"، international journal of hydrogen Energy، 1994، vol19p: 99-106.

[23] T.C.Tishreen university journal .Eng . sciences series (2016)vol 38 m،issue (4).

[24] R. Benchrifa، "centre National pour la recherche scientifique et Technique unité technologie économies renouvelables"،(Algerie)-10/2007.

[25]F.Fondation pour l'appui technologique canadien au dévlopment durable de canada –Rapport d'investissement du dévoloppement vertion 1: 9/2006.

[26] مروان أحمد ، "الطاقة المتجددة" ، الطبعة الأولى 2016 ، ص398،395 .

[27] ن. عبد الرحمان ، "الهيدروجين الأخضر :مصدر للطاقة في المستقبل" ، جريدة الأهرام، العدد 10 ، 2022 ، 91،92،93،95.

[28]، ج. محمد ، "الهيدروجين الأخضر" ، مجلة المصري اليوم(2022)، عدد 2022/11 .

[29]Liu، W، wan، Y.2022. green hydrogen standardin china :standar and evaluation of law-carbon hydrogen ، clean hydrogen، and renewable hydrogen . International journal of hydrogen Energy ، 47(58)m24584-24591.

[30] أ.وداد ، الهيدروجين الشمسي وقود المستقبل ، مجلة الطاقة والحياة ، عدد(2)، ليبيا ، 1993/12 ، ص86 ،90،91.

[31]A.chrigui "les énergies du future en algerie : hydrogen solaire"(12/9/2011).

[32] B.MAHMAN et al ، progect Maghreb-Europe: production d'hydrogen ، congrée mondiale sur l'énergie ، home، (11-9/9/2007)p3.

[33] Rahmouni.S،et al، prospects of hydrogen production potential from renewable resources in Algeria. Int J Hydrogen Energy.2016 p5.

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة:

أصبحت دول العالم في الوقت الحاضر تدل اهتماما كبيرا للنمو والتطور الاقتصادي والتكنولوجي ، لذا فالتوجه الحديث اصبح يبحث في كيفية تحقيق هذا الهدف لكن ليس على حساب الوسط البيئي الذي نعيش فيه.

فالطاقات التقليدية كالبترول ، الفحم والغاز مصادر أحفورية غير متجددة تفرز غازات دفيئة عند استغلالها كغاز ثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان اللذان يسببان ثقب في طبقة الأوزون والاحتباس الحراري والحاق الضرر بالوسط البيئي، وبالتالي فقد كان اللجوء الى الطاقات المتجددة (الطاقة الشمسية ،طاقة المياه ، طاقة الرياح والطاقة الهيدروجينية) الحل للحفاظ على وتيرة النمو التكنولوجي وخفض معدلات استخدام الطاقة التقليدية والحفاظ عليها للأجيال القادمة.

كما تبرز أهمية الدراسة أن الطاقة المتجددة مستقبل واعد جدا ، حيث يتجلى ذلك واضحا في الاستخدامات الصناعية والتنموية في الكثير من المجتمعات وهذا راجع لكونها طاقة تتواجد بشكل دائم وقابلة للتجدد مرة أخرى . فهي تساعد على خلق فرص عمل جديدة وتساهم بشكل فعال في تحقيق التنمية المستدامة ، فاستغلالها ليس لديه أي تأثير سلبي على البيئة عكس الطاقات الأحفورية وهذا ما يساهم على الحفاظ عليها وتطوير تقنياتها والعمل بها.

فالبشرية حاليا تواجه حرب شاقة وعسيرة للمحافظة على استمرارية الكوكب نتيجة لتغيرات المناخية ، ويقول الخبراء و المتخصصين أننا محتاجين الى تخفيض درجة حرارة الأرض $1{,}5c°$ والرجوع الى مستويات عصر ما قبل الصناعة ولنصل الى الهدف المنشود لابد من وصول درجة انبعاث الكربون على مستوى العالم الى الصفر حلول عام 2050 وبالتالي يوجد عدة حلول لتحقيق الهدف ، أحد هذه الحلول هو الهيدروجين الأخضر الذي يتم انتاجه من مصادر الطاقة المتجددة باعتباره الوقود المستقبل الأكثر أمانا وصداقة للبيئة ولا ينتج عند أي انبعاثات كربونية تؤثر سلبا على البيئة لذلك اعتبره خبراء الطاقة على أنه الركيزة الأساسية لمستقبل التحول الأخضر للصناعة والطاقة في العالم.