جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بابل – كلية العلوم
قسم الفيزياء

الطاقات المتجددة

مشروع بحث مقدم الى مجلس كلية العلوم _ قسم الفيزياء
كجزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في علم الفيزياء

إعداد الطالب

باقر سليم لازم عوده

بأشراف

أ. د. حيدر محمد عبد الجليل

١٤٤٥هـ ٢٠٢٤م

Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Babylon
College of Science
physics department
Fourth stage

Renewable energies

A research project submitted to the Council of the College of Science – Department of Physics
As part of the requirements for obtaining a Bachelor's degree in Physics

student name

Baqer Salim Lazem

Supervisor

Dr. Hayder Mohammed Abdeljalil

1445 A.H

2024 A.D

بسم الله الرحمن الرحيم

{ هُوَ الَّذِي أَنزَلَ عَلَيْكَ الْكِتَابَ مِنْهُ آيَاتٌ مُّحْكَمَاتٌ هُنَّ أُمُّ الْكِتَابِ وَأُخَرُ مُتَشَابِهَاتٌ فَأَمَّا الَّذِينَ فِي قُلُوبِهِمْ زَيْغٌ فَيَتَّبِعُونَ مَا تَشَابَهَ مِنْهُ ابْتِغَاءَ الْفِتْنَةِ وَابْتِغَاءَ تَأْوِيلِهِ وَمَا يَعْلَمُ تَأْوِيلَهُ إِلَّا اللَّهُ وَالرَّاسِخُونَ فِي الْعِلْمِ يَقُولُونَ آمَنَّا بِهِ كُلٌّ مِّنْ عِندِ رَبِّنَا وَمَا يَذَّكَّرُ إِلَّا أُولُو الْأَلْبَابِ }

صدق الله العلي العظيم

(سورة آل عمران ، الآية : ٧)

اقرار المشرف

أشهد إن إعداد البحث الموسوم بعنوان **{ الطاقات المتجددة }** ، من قبل الطالب **(باقر سليم لازم عوده)** قد جرى تحت اشرافي في قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة بابل كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الفيزياء .

التوقيع :-

المشرف :- أ. د. حيدر محمد عبد الجليل

المرتبة العلمية :- استاذ

التاريخ :- / / ٢٠٢٤

إهداء

إلى أمي رمز التضحية والعطاء ...

إلى والدي الذي اعطاني الثقة كي أستمر ...

إلى أشقائي الذين كانوا نعم السند لي ...

إلى كل من آمن بي ودعمني خلال مسيرتي ...

إلى كل من طلب العلم وابتغى إليه سبيلاً ...

أهدي إليكم جميعاً ثمرة هذا الجهد

سائله المولى عز وجل أن ينفعنا به وأن يتقبله ويجعله في ميزان حسناتي

الباحث

الشكر والعرفان

بسم الله الرحمن الرحيم والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى إله الصالحين لابد لي وانا أخطوا خطواتي الأخيرة في الحياة الجامعية من وقفة أعود بها الى أعوام قضيتها في رحاب الجامعة مع أساتذتي الكرام الذين قدموا لي الكثير باذلين بذلك جهودا كبيرة في بناء جيل الغد لتبعث الأمة من جديد .....

وقبل أن أمضي أتقدم بأسمى آيات الشكر والامتنان والمحبة الى الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة.....

الى الذين مهدوا لنا طريق العلم والمعرفة.....

الى جميع أساتذتنا الأفاضل .....

الى جميع اقاربي واصدقائي الاعزاء .....

واخص بالشكر الجزيل الى

(الأستاذ الدكتور حيدر محمد عبد الجليل)

الذي تفضل بالإشراف على هذا البحث فجزاه الله عني كل خير

فله مني كل التقدير والاحترام.....

الباحث

الخلاصة

ارتبطت التنمية الاقتصادية تاريخياً ارتباطاً وثيقاً بزيادة استخدام الطاقة من المصادر التقليدية والتي رافقها زيادة انبعاث غازات الاحتباس الحراري. الامر الذي استلزم البحث عن مصادر طاقة جديدة يمكن أن تساعد في الحد من الانبعاثات الضارة وفصل هذا الارتباط المتزامن، والتي في ضوئها تم الاهتداء الى توظيف تقنيات الطاقات المتجددة، لتوفر فرصة الوصول إلى خدمات الطاقة النظيفة وتلبي حاجة الاقتصاد من الطاقة. لاسيما ان الخوض في غمار الطاقة المتجددة ينطوي على أنها تسلسل هرمي للأهداف والقيود وفقاً للاعتبارات العالمية وإلاقليمية أو المحلية، بما يسمح من تهيئة المقومات الضرورية للمساهمة في بلوغ غايات وأهداف التنمية المستدامة والتي منها الحصول على الطاقة من مصادر متجددة وآمنة للحد من الآثار السلبية على البيئة والصحة الناجمة عن تغيرات المناخ. اذ يُنظر إلى التخفيف من التغيرات الخطيرة في المناخ على أنها أحد الاسباب القوية الدافعة وراء زيادة استخدام الطاقة المتجددة في جميع أنحاء العالم. يهدف البحث التطرق الى اهمية الطاقات المتجددة لتعزيز كفاءة استخدام الطاقة في ظل التحديات الراهنة وانعكاساتها في مدى تسريع تحقق أهداف التنمية المستدامة، فضلا عن محاولات العراق الجادة لتطوير العمل في هذا المجال لتتوائم مع متطلبات البيئة المحلية.

Abstract

Economic development has historically been closely linked to increased use of energy from traditional sources, which has been accompanied by increased emissions of greenhouse gases. This necessitated the search for new energy sources that could help reduce harmful emissions and separate this simultaneous connection, in light of which the decision was made to employ renewable energy technologies, to provide access to clean energy services and meet the economy's energy need. Especially since delving into renewable energy involves a hierarchy of goals and restrictions according to global, regional or local considerations, which allows for the creation of the necessary elements to contribute to achieving the goals and objectives of sustainable development, including obtaining energy from renewable and safe sources to reduce negative impacts on the environment and health. caused by climate changes. Mitigating dangerous changes in climate is seen as one of the strong reasons behind the increased use of renewable energy around the world. The research aims to address the importance of renewable energies to enhance the efficiency of energy use in light of the current challenges and their implications in the extent to which the achievement of sustainable development goals is accelerated, as well as Iraq's serious attempts to develop work in this field to be compatible with the requirements of the local environment. The research is based on the hypothesis that sustainable development is a function of renewable energies.

جدول المحتويات

ت	المحتويات	الصفحة
	الخلاصة	
	الفصل الاول	
١ـ١	المقدمة	١
١ـ٢	الاستثمارات في الطاقة المتجددة	١
١ـ٣	الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة	٢
١ـ٤	الاهمية الاقتصادية للطاقة المتجددة في العراق	٤
١ـ٥	الاثار الايجابية للطاقة العالمية المتجددة	٥
١ـ٦	الدراسات السابقة	٧
١ـ٣	الهدف من البحث	١٢
	الفصل الثاني	
٢ـ١	مفهوم الطاقات المتجددة	١٣
٢ـ٢	مصادر الطاقات المتجددة	١٤
٢ـ٢ـ١	الطاقة الشمسية	١٤
٢ـ٢ـ٢	الطاقة الهوائية (طاقة الرياح)	١٧
٢ـ٢ـ٣	طاقة المياه	٢٢
٢ـ٢ـ٤	الطاقة الحرارية داخل باطن الارض / الجوفية	٢٤
٢ـ٢ـ٥	طاقة الهيدروجين	٢٥
٢ـ٢ـ٦	الطاقة الحيويه (النباتية والحيوانية)	٢٦
	الفصل الثالث	
٣ـ١	المقدمة	٢٨
٣ـ٢	تحضير العينات	٢٩
٣ـ٣	منظومات الترذيذ	٣٠

٣-٤	طريقة الترذيذ	٣٠
٣-٥	طريقة عمل الترذيذ	٣٢
٣-٦	ترسيب العينات	٣٢
٣-٧	سمك الاغشية	٣٣
٣-٨	الاتصالات الاومية والاقنعة المستخدمة	٣٤
٣-٩	القياسات البصرية	٣٤
٣-١٠	القياسات الكهربائية	٣٥
٣-١١	القياسات الكهربائية والفوتوفولتائية	٣٦
	الفصل الرابع	
٤-١	المقدمة	٣٧
٤-٢	الخواص البصرية	٣٧
٤-٣	الخواص الكهربائية	٤٩
	الفصل الخامس	
٥-١	الاستنتاجات	٥٣
٥-٢	التوصيات	٥٤
٥-٣	الدراسات المستقبلية	٥٥
	المصادر	٥٦-٥٨

الفصل الاول

١-١ المقدمة Introduction

تشكل مصادر الطاقة المتجددة من الرياح والمياه والطاقة الشمسية، ما نسبته ٢٠ % من مصادر توليد الطاقة الكهربائية، لكنها لا تتعدى نسبة ٥ % من أجمالي استهلاك الطاقة في الأرض التي تعتمد بمعظمها على الفحم والنفط، ويبدو أن الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة التي لم تكن موجودة قبل خمسة عشر عاما ما عدا الطاقة الكهرومائية لها تأثير جيد في تخفيض أنبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وبحسب الوكالة الدولية للطاقة، فان انبعاثات غازات الدفيئة الناجمة عن توليد الطاقة الكهربائية ستزداد بوتيرة اقل من زيادة وتيرة استهلاك التيار الكهربائي وفي العام ٢٠٢٠ "ستشكل مصادر الطاقة المتجددة ٦٢ % من انشاءات توليد الطاقة الكهربائية المشيدة في العالم" بحيث تصبح "المحرك" في نمو قطاع الكهرباء، بحسب باولو فرانكل مدير قسم الطاقة المتجددة في الوكالة الدولية [1] .

بحسب فرانس برس. وفي العام ٢٠٤٠ يصبح نصف انتاج التيار الكهربائي من مصادر الطاقة المتجددة، ويقول عدنان امين "لقد حددت ١٦٠ دولة اهدافها في ما يتعلق باستخدام مصادر الطاقة المتجددة"، لكن هذه المصادر ما زالت تحتاج الى اثبات كفاءتها وقدرتها على منافسة المصادر التقليدية، في المانيا وبريطانيا، أصبحت محطات توليد الكهرباء من الرياح اقل كلفة من الفحم والغاز، ويقدر الخبراء أن يتواصل هذا الاتجاه.

أما في الصين والولايات المتحدة فان أنتاج الكهرباء من الفحم والغاز ما زال أوفر، ولا شك إن الدول النامية ستبقى على خياراتها في مصادر الطاقة التقليدية ولاسيما الفحم الأقل ثمنا لتلبية حاجاتها المتزايدة.

١-٢ الاستثمارات في الطاقة المتجددة

لقد ساهم التعاون الدولي في صوغ سياسات الطاقة العالمية، فهناك حاليًا اهتمام وتنافس متزايد نحو الاستثمار الجاد في تطوير برامج وتكنولوجيات الطاقة البديلة، وتبني التكنولوجيا الخضراء واستخدامها في عدة مجالات، والتي ستشكل في مجموعها طاقة المستقبل. وتكمن أهمية الطاقة المتجددة بأن تصبح المصدر الرئيس للطاقة في البلدان الفقيرة والمناطق النائية، خصوصًا أن هذه المناطق ولا سيما منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا والاتحاد الأوروبي، تتوافر فيها ظروف مناخية مؤاتية (أشعة الشمس،

الرياح) ، وأكد تقرير برنامج الأمم المتحدة للبيئة في أول تموز/ يوليو للعام ٢٠٠٧ أن الاستثمارات في مجال الطاقة البديلة حققت مستوى قياسيًا جديدًا العام ٢٠٠٧ على الرغم من تقلبات أسواق المال. وأشار التقرير إلى أن المخاوف المتعلقة بالتغير المناخي وارتفاع أسعار النفط وأمن الطاقة وزيادة الدعم المقدم من حكومات العالم دفع باستثمارات الطاقة إلى رقم قياسي بلغ ١٤٨ مليار دولار العام ٢٠٠٧ بزيادة قدرها ٦٠% عن الاستثمارات العام ٢٠٠٦. وحول الاتجاهات العالمية في استثمارات الطاقة، يظهر التقرير أن طاقة الرياح جذبت أغلب الاستثمارات العام ٢٠٠٧، حيث استأثرت بمبلغ ٥٠.٢ مليار دولار. لكن الطاقة الشمسية هي أكثر القطاعات نموًا، حيث جذبت نحو ٢٨.٦ مليار دولار من رؤوس الأموال الجديدة، كما أنها تنمو بمعدل سنوي يبلغ في المتوسط ٢٥٤% منذ العام ٢٠٠٤.[2]

وذهبت أغلب الاستثمارات في مجالات الطاقة البديلة أو ما بات يعرف «بالتكنولوجيا الخضراء» إلى أوروبا تتبعها الولايات المتحدة، لكن دولًا مثل الصين والهند والبرازيل أضحت تجتذب الاستثمارات بشكل متزايد وزاد نصيبها من ١٢% العام ٢٠٠٤ إلى ٢٢% العام ٢٠٠٧، أي ما يعادل ما بين ١.٨ مليار دولار و٢٦ مليار دولار حاليًا. من جانب آخر، أظهر التقرير أن الاستثمارات في قطاع الطاقة النظيفة في أفريقيا زاد خمسة أمثال ليصل إلى ١.٣ مليار دولار العام ٢٠٠٦ بعد انكماش تدريجي بدأ العام ٢٠٠٤. وأضاف التقرير أن الطاقات المتجدّدة أصبحت تمثل ٢٣% من إمدادات الطاقة الجديدة، ومن المتوقع أن ينمو قطاع الطاقة المتجددة إلى ٤٥٠ مليار دولار العام ٢٠١٢ وإلى ٦٠٠ مليار العام ٢٠٢٠.[3]

١-٣ الطاقة المتجددة والتنمية المستدامة :

أصبحت البيئة اليوم عنصرا من عناصر الاستغلال العقلاني للموارد ومتغيرا أساسيا من متغيرات التنمية المستدامة،نظرا لما يحدثه التلوث من انعكاسات سلبية على المناخ من جهة،ولكون الكثير من الموارد الطبيعية غير متجددة مما يحتم استغلالها وفق قواعد تحافظ على البقاء ولا تؤدي إلى الاختلال أو كبح النمو ، إن من أهم التأثيرات البيئية المرتبطة باستخدامات الطاقة التقليدية ما يعرف بظاهرة الاحتباس الحراري التي ارتبطت بظاهرة ارتفاع درجة حرارة الأرض نتيجة لزيادة تركيز بعض الغازات في الغلاف الجوي وأهمها غاز ثاني أكسيد الكربون.[3]

وعلى العكس من ذلك ، فلاستخدام الطاقة المتجددة أثر معروف في حماية البيئة نتيجة لما تحققه من خفض انبعاث تلك الغازات ومنه التلوث البيئي،حيث من المتوقع أن تبلغ الإنبعاثات الناتجة عن الوقود

التقليدي حوالي ١٩٠ مليون طن من غاز ثاني أكسيد الكربون سنة ٢٠١٧ بالإضافة إلى الغازات الأخرى. كذلك في تقرير أصدرته شبكة سياسة لطاقة المتجددة للقرن الواحد والعشرين (آر إي أن ٢١) يقول بأنه يجب أن تلعب الطاقة المتجددة دورا رئيسيا في إمدادات الطاقة العالمية وذلك من أجل مواجهة التهديدات البيئية والاقتصادية للتغير المناخي التي تتزايد خطرا .

في هذا الإطار توقع خبراء ألمان تفاقم أزمة الطاقة خلال السنوات القليلة المقبلة (الطاقة التقليدية) وخاصة الخشب والمخلفات الحيوانية والنباتية.وهذه المصادر تشكل نسبة ٩٥ %من مجموع استهلاك الطاقة تبعاً لمستوى التنمية في الدول النامية.واستنادًا الى التقديرات التي نشرتها منظمة الأغذية والزراعة الدولية (الفاو) أن هناك نحو ملياري شخص في الدول النامية يسدون احتياجاتهم من الطاقة في الوقت الحاضر عن طريق اجتثاث الأشجار القريبة أكثر مما تنمو عادة،وتستخدم مصادر الطاقة التقليدية عادة كالخشب والسماد والقش لإعداد الطعام وتسخين المياه والتدفئة، وحسب التقديرات ذاتها فان متوسط الأشجار والغابات القريبة من المدن والمناطق السكنية تتراجع بصورة مستمرة، هذا بالإضافة إلى ما يسببه ذلك من جفاف في الأرض والتربة والإضرار بالمياه الجوفية وزيادة في التصحر وزحف الرمال . [4]

مما يضف صورة كئيبة للعالم بسبب ازدياد معدلات غاز ثاني أكسيد الفحم وأن احتراق مصادر الطاقة المنجمية يؤدي إلى انطلاق غازات مختلفة كالميثان وأكسيد الكبريت وأكسيد النتروجين وبصورة خاصة أكسيد الفحم،التي تتسبب بصورة كبيرة في مشكلة انحباس الحرارة،ويرى "تسافادتسكي" الخبير الألماني:أنه يمكن للطاقات المتجددة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والمواد العضوية أن تلعب دورًا مهما في مجال تجهيز الطاقة وحماية المناخ مستقبلا . خاصةً وأن كلفة توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة آخذة في النقصان،وفي بعض الأحيان واعتمادا على المكان فإن كلفة التوليد هي أقل من كلفة التوليد من المصادر التقليدية،فمثلا فإن كلفة توليد الكهرباء من الخلايا الضوئية كانت بحدود دولارا لكل كيلوواط ساعة في عام ١٩٨٠ وهي ألان بحدود ٢٠- ٣٠ سنتا لكل كيلو واط ساعة .

مما سبق نستكشف أن للطاقة المتجددة أهمية بالغة في حماية البيئة باعتبارها طاقة غير ناضبة و توفر عامل الأمان البيئي.[4]

١-٤ الأهمية الاقتصادية للطاقة المتجددة في العراق

أشار برنامج الأمم المتحدة للبيئة/ المكتب الإقليمي لغرب آسيا في دراسة شاملة حول الوضع الراهن للطاقات المتجددة في بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا للعام ٢٠٠٦ إلى أن المنطقة العربية تتمتع بثروة هائلة من الطاقة المتجددة، إضافة إلى مواردها النفطية والغازية. فهي تمتاز بأعلى سطوع شمسي على الأرض، لكن على الرغم من الفرص الواعدة، فإن برامج الأبحاث والتطوير ونقل التكنولوجيا والتطبيقات العملية ما زالت أقل بكثير مما هو متيسر أو مطلوب. وتعتبر إمكانات الموارد الطاقوية الشمسية ممتازة في بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، حيث يراوح الإشعاع الشمسي السنوي بين ٤ و٨ كيلوواط/ ساعة على المتر المربع. وتحظى المنطقة أيضًا بمستوى عال من الإشعاع الشمسي المباشر، إذ أن معدلاتها تزيد على ١٨٠٠ كيلوواط/ ساعة على المتر المربع في السنة وانخفاض في معدل تواجد الغيوم .[5]

وبالتالي، فإن المستقبل واعد في تلك المنطقة لإنتاج الكهرباء من الطاقة الحرارية الشمسية المركزة والنظم الفوتوفولطية ، وقد ورد في شبكة سياسة الطاقة المتجددة للقرن الحادي والعشرين (REN21) للعام ٢٠٠٩ أن الانتاج العالمي للطاقة الشمسية بلغ ٢٠ كيغاواط. حيث تحتل الصين المرتبة الأولى بنسبة ٣,٨٠% ويليها الاتحاد الأوروبي بنسبة ٥,٩%، ومن ثم تركيا بنسبة ٥,٣% .

جدول(١) يبين السطوع الشمسي في العراق وبعض البلدان العربية .

البلد	سطوع طبيعي مباشر كيلوواط ساعة/م^{2}يوم(للطاقة الحرارية الشمسية)	سطوع افقي عالمي كيلوواط ساعة/م^{2}يوم (للنظم الفوتوفولطية)
البحرين	٢.٠٥٠	٢.١٦٠
العراق	٢.٠٠٠	٢.٠٥٠
الأردن	٢.٧٠٠	٢.٣١٠
الكويت	٢.١٠٠	١.٩٠٠
لبنان	٢.٠٠٠	١.٩٢٠
عُمان	٢.٠٠٠	٢.٠٥٠

قطر	٢.٠٠٠	٢.١٤٠
السعودية	٢.٥٠٠	٢.١٣٠
سورية	٢.٢٠٠	٢.٣٦٠
الإمارات	٢.٢٠٠	٢.١٢٠
اليمن	٢.٢٠٠	٢.٢٥٠
الجزائر	٢.٧٠٠	١.٩٧٠
مصر	٢.٨٠٠	٢.٤٥٠
ليبيا	٢.٧٠٠	١.٩٤٠
المغرب	٢.٦٠٠	٢.٠٠٠
تونس	٢٤٠٠	١٩٨٠

١-٥ الآثار الإيجابية للطاقة العالمية المتجددة

يرى بعض علماء الاقتصاد أن سياسات عدم التصدي لتحديات بيئية، مثل استنزاف الموارد وخسارة التنوع البيولوجي وازدياد شدة العواصف وتكرارها والفيضانات وموجات الجفاف نتيجة تغير المناخ، قد يفرض خسائر في فرص العمل ومصادر الرزق. لذلك يوفر التصدي للتحديات البيئية فرصًا للعمال وأرباب العمل وينعكس نموًا اقتصاديًا. وبالتالي، ستكون الصناعات الحديثة التي تتصدى لتغير المناخ، في طليعة قطاع التكنولوجيا النظيفة (CleanTech). وقد أحدثت الجهود العالمية في التصدي لتغير المناخ وتأثيراته تحولات في أنماط الاستخدام والاستثمار في الاقتصاد الأخضر. [6]

وقد تم استحداث عدد كبير من فرص العمل وملايين الوظائف الخضراء في قطاعات مثل الطاقة المتجددة والكفاءة الطاقوية للأبنية ونظم النقل المستدام والزراعة وحماية البيئة والصناعة والأبحاث والتنمية والإدارة والنشاطات والخدمات. فالوظائف الخضراء هي وظائف تسهم في تخفيف التهديدات البيئية التي تواجهها البشرية. لذلك، إن آلية التنمية النظيفة وأدوات التنفيذ المشترك التي يتضمنها

بروتوكول كيوتو، والتي تستطيع الشركات والحكومات بموجبها حيازة اعتمادات كربونية من خلال دعم مشاريع محددة لخفض الإنبعاثات، هي آليات تمويل محتملة لمشاريع خضراء .[7]

ايجابيات استخدام الطاقة المتجددة :

- تعد صديقا للبيئة فضلا عن كونها تلعب دورا أساسيا في تخفيف التغيرات المناخية.
- متوافرة بكثرة في جميع أنحاء العالم.
- تقلل الاعتماد على واردات الطاقة وتوفر بديلا محليا ذي قيمة.
- تمثل الأساس لإمداد الدول الصناعية والنامية بالطاقة بشكل مستدام
- واحدة من الأسواق التي تشهد نموا معتبرا في العالم.
- اقتصادية في كثير من الاستخدامات وذات عائد اقتصادي كبير.
- مصدر محلي لا ينتقل ويتلائم مع واقع تنمية المناطق النائية والريفية واحتياجاتها
- تتطلب مستوى تكنولوجي رفيع لا يملكه حتى وقتنا الحالي
- تتمتع مصادر الطاقة المتجددة بالديمومة و التجدد .

١-٦ الدراسات السابقة

❖ **دراسة لـ عفاف عبدالعزيز عايد حول سياسات إنتاج وإستهلاك الطاقة ؛ مع دراسة خاصة عن الوضع فى مصر .رسالة ماجستير ، كلية التجارة ، جامعة الإسكندرية. ١٩٨٦.**

تناولت فى القسم الأول منها مصادر الطاقة التقليدية وغير التقليدية فىالعالم وسياسات إنتاجها وإستهلاكها فى الدول الراسمالية والإشتراكية ثم سياساتإنتاجها وإستهلاكها فى الدول النامية المستوردة للبترول ،ثم تناولت فى القسمالثانى مصادر الطاقة الحالية فى مصر و سياسات إنتاجها واستهلاكها ثم مصادرهاالمستقبلية ، واعقبت ذلك بدراسة تطوراستهلاك الطاقة فى مصر.

واقتراحت سياسات مثلى للطاقة ومنها الترشيد عن طريق وسائل التحكم فى الطلبالوسائل السعرية و المالية والإدارية والتشريعية . و تطوير مصادر الطاقة البديلة كالرياح والشمس واحلال الغاز الطبيعى المنتج محليا محل البوتوجاز المستورد و الاسراع فى إقامة محطات نووية [7].

❖ **دراسة لـ محسن فايز القمص حول" اقتصاديات استخدام طاقة الحرارة الارضية ودورها فى التنمية" ، رسالة الماجستير ، معهد الدراسات والبحوث البيئية ، عين شمس ، ٢٠٠٢ .**

تضمنت مفهوم الطاقة وعلاقتها بالتنمية المستدامة وانواعها ومصادرها التقليدية والمتجددة فى مصر وأثرها على المتغيرات الاقتصادية فى مصر ، والاجهزة والمؤسسات المعنية بمجال الطاقة ثم اقتصاديات استخدام طاقة الحرارة الأرضية حيث استعرض التقييم الاقتصادي والاجتماعي والبيئى لتلك الطاقة ومكانها فى مصر .

وأوصت الدراسة بأن تهتم المراكز البحثية المتخصصة بعمليات الاستكشاف والتنفيب عن مصادر الحرارة الارضية و ان تهتم بتنميتها و تطويرها خاصة في المناطق الصحراوية والبعيدة عن العمران . و يتم تقسيم المواقع طبقا لجدواها الاقتصادية [8].

❖ **دراسة لـ إيمان علي محفوظ محمد العجوزة حول "على الأفاق المستقبلية لدور الطاقة الجديدة والمتجددة فى تلبية الاحتياجات من الطاقة" (بالتطبيق على قطاع الكهرباء بمصر) رسالة دكتوراة فى فلسفة الإقتصاد ، كليةالإقتصاد والعلوم السياسية ، جامعة القاهرة ، ٢٠٠٥ .**

وتناولت فى فصلها الاول علاقة الطاقة بالتنمية الاقتصادية ثم قدرت الباحثة الاحتياجات المستقبلية لقطاع الكهرباء من المصادر التقليدية فصلها الثانى ، ثم تناولت فى الفصل الثالث دور الطاقة الجديدة و المتجددة فى مجال توليد الكهرباء فى مصر ، ما يتعلق بالتكنولوجيات ثم الانعكاسات الاقتصادية لاستخدام تلك الطاقة .

ثم بحثت التكلفة المقارنة لمصادر الطاقة الجديدة والمتجددة فى توليد الكهرباء فى الفصل الرابع عن طريق بحث عناصر المفاضلة بين البدائل التكنولوجية لمصادر الطاقة الجديدة والمتجددة بالمقارنة بالمصادر التقليدية . ثم تناولت تحليل الحساسية للبدائل التكنولوجية لمصادر الطاقة هذه بتلك من حيث أثر زيادة أو تخفيض معدل الفائدة ،واثر زيادة او تخفيض معدل الخصم ، أثر زيادة أو تخفيض سعر الوقود وخلصت لخروج الطاقة الشمسية بنوعيها وطاقة الرياح من المنافسة، وأن المصدر الذى سيقع عبء تلبية الاحتياجات من الطاقة يتمثل فى الطاقة النووية .

وقد انتهت الباحثة أن الطاقة النووية أكثر المصادر قدرة على تلبية الاحتياجات المستقبلية من الطاقة البترولية ، وطلب قطاع الكهرباء على الطاقة البترولية ، ،يليها طاقة الرياح ، ثم الطاقة الشمسية ، كما تبينت من خلال التحليل ، أن مصادرالطاقة الجديدة و المتجددة قادرة على تحقيق فائض قومى

واتضح للباحثة أن أعلى تكاليف رأسمالية للكيلووات المركب فى المحطات الحرارية هى المحطات النووية ، أما أقل تكلفة فهى للمحطات الغازية ، فى حين تكون تكلفة الوقود للمحطات الغازية أعلى مقارنة بالمحطات الحرارية التى تعمل بالوقود النووى

وانتهت الباحثة إلى خروج الطاقة الشمسية و طاقة الرياح من المنافسة ، وأرجعت ذلك إلى إرتفاع التكاليف الاستثمارية ومن ثم تكلفة وحدة الكيلووات فى الساعة [9].

- **دراسة لـ مريم بوعشير حول "دور وأهمية الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستديمة"، رسالة ماجستير، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة منتوري قسنطينة ،الجزائر ، ٢٠١١**

وتبلوت إشكالية الدراسة فى تتمحور إشكالية هذا البحث حول الطاقات المتجددة والدور الذي يمكن أن تلعبه حاليا ومستقبلاً، في تحقيق التنمية المستديمة ، وبدات الباحثة فى الفصل الأول باستعراض بعض الأساسيات المتعلقة بالتنمية المستديمة من حيث جذورها، مفهومها وأبعادها وأهم المبادئ التي تقوم عليها، بالإضافة إلى إطارها النظري وأهم المؤشرات المعتمدة في حسابها.

ثم خصصت الفصل الثانى لدراسة العلاقة ما بين الطاقة والتنمية المستديمة وتم في بداية الفصل دراسة بعض المفاهيم المتعلقة بالطاقة والتحديات التي تواجه استدامة هذا القطاع، ليتم في ما بعد دراسة العلاقة التي تربط الطاقة بعملية التنمية المستديمة بشقيها الإيجابي والسلبي هذا الأخير استدعى بذل جهود دولية للتخفيف من حدته, كما تم استعراض بعض التحديات التي تواجه وضع الطاقة في خدمة التنمية والسياسات والإستراتيجيات المتبعة لتحقيق ذلك وتأثيرها على السياسة الاقتصادية الكلية.
أما الفصل الثالث والأخير والذي كان تحت عنوان الطاقات المتجددة: مفهومها، آثارها اقتصادياتها ودورها في تحقيق التنمية المستديمة، فقد تمّ فيه دراسة خمس نقاط رئيسية: النقطة الأولى تتعلق بالطاقات التقليدية واقتصادياتها باعتبارها أساس المشكل المطروح, أما النقطة الثانية فتناولنا من خلالها الآثار الإيكولوجية للطاقات التقليدية ودوافع البحث عن مصادر بديلة، ليتم خلال النقطة الثالثة استعراض بعض الجوانب المتعلقة بالطاقات المتجددة كالمفهوم والأنواع والخصائص والعيوب التي تميز كل نوع منها، لتخصص

النقطة الموالية لدراسة اقتصادياتها. أما النقطة الأخيرة فنستعرض فيها دور الطاقات المتجددة في خدمة التنمية المستديمة بصفة عامة وكذا دورها في تحقيقها في الجزائر .

قد كان مما انتهت إليه الدراسة أن قطاع الطاقة مصدر التمويل الرئيسي للخزينة والاقتصاد ككل مما سيضعها في وضع حرج جدا إذا لم يتم الإعداد الجيد لفترة ما بعد البترول، وبالنظر إلى كل ذلك تحاول الجزائر بذل جهود معتبرة في مجال تطوير واستغلال الطاقات المتجددة خاصة وأن لها إمكانات هائلة منها وبالأخص في الطاقة الشمسية، وأن إن تحقيق تنمية سواء أكانت اقتصادية أم مستديمة يحتاج إلى توفر خدمات الطاقة بالشكل الكافي، ونظرا لهيكل الطاقة السائد في العالم والمعتمد على الطاقات الأحفورية في تلبية الطلب العالمي المتزايد، أصبحت اليوم مهددة بالنضوب خلال عقود قليلة قادمة مما سيخلق أزمة طاقة غير محمودة العواقب.

وان هناك ثلاث دوافع رئيسية تدفع الأسواق نحو استعمال الطاقات المتجددة هي : أمن الطاقة العالمي والخوف من التغيرات المناخية والثالث متعلق بانخفاض تكلفتها نتيجة لتطور التكنولوجي المحقق. وان الطاقات المتجددة هي الحل الأمثل للمزاوجة مابين تحقيق الأهداف الاقتصادية والبيئية لذا يجب بذل المزيد من الجهود الفعلية والفاعلة من أجل تطويرها واستغلالها استغلالا اقتصاديا أمثل على المجتمع الدولي تغيير سياسات الطاقة السائدة والعمل على التنويع الفعلي لسلة الطاقة العالمية من أجل المحافظة على البيئة وعلى حقوق الأجيال القادمة من الطاقة سواء أكانت تقليدية أو متجددة. بالرغم من الجهود المبذولة في الجزائر في مجال تطوير واستغلال الطاقات المتجددة إلا أنها تبقى بعيدة عن مستوى الإمكانيات المتوفرة لديها[9].

❖ **دراسة لـ تكواشت عماد حول واقع وآفاق الطاقة المتجددة ودورها فى التنمية المستدامة فى الجزائر ، رسالة ماجستير ، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير،جامعة الحاج لحضر- باتنة ، الجزائر ، ٢٠١٢.**

وكانت مشكلة الدراسة الرئيسة : إلى أي مدى يمكن للطاقة المتجددة أن تساهم في الميزان الطاقوي وما هي انعكاساتها الاقتصادية في إحداث التنمية المستدامة في الجزائر ؟

حيث تناولت الدراسة فى فصلها لأول، كل من الطاقة التقليدية و الطاقة المتجددة ، و الأهمية النسبية في استخداماتها المتعددة .

ثم فى فصلها الثانى دراسة عن تطور العرض والطلب على الطاقة في الجزائر ،وإبراز أهم دراسات التنبؤ بالطلب على الطاقة والصعوبات التي تواجهها تلك الدراسات ، بالإضافة الى التطرق إلى اقتصاديات الطاقة في الجزائر بإعطاء بعض مؤشرات كل من احتياطي وإنتاج واستهلاك الطاقة التقليدية . أما الفضل الثالث فأبرت الدور و الإمكانيات المتاحة في الجزائر من أجل استغلال الطاقة المتجددة ، وأهم الأسباب التي دفعت بالاهتمام بالطاقة المتجددة ، ثم تطرقت إلى أهم موارد الطاقة المتجددة المتوفرة بالجزائر .

وخصص الفصل الرابع الى دراسة مدى مساهمة الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة بالإضافة إلى أثارها على الاقتصاد الجزائري ، وذلك بوضع أهم الانجازات والاستثمارات المنجزة في هذا الجانب من الطاقة في بعض ولايات الجزائر ، ودراسة مستقبلية لمدى إنعكاسات الطاقة المتجددة على الاقتصاد الوطني ، بالنظر الى إسهامهافي تحقيق التنمية المستدامة وبالخصوص في جانبها البيئى و الاقتصادي.

وقد أوصت الدراسة بالإستخدام الرشيد لمصادر الطاقة ، وهو ما يعرف بإسم الحفاظ على الطاقة والتحول إلى منتجات وعمليات أقل إستنزافا لها والقيام بعمليات التدوير والعيش وضرورة زيادة البحث والتطوير في مجال تقنيات الطاقة المتجددة مع الأخذ في الإعتبار أن التقنيات الواعدة هي الخلايا الشمسية وطاقة الرياح، وإلى حد ما طاقة المادة الحيوية .

وأنه يجب على الحكومات والقطاع الخاص الإسراع في توفير مصادر متجددة للطاقة على النطاق التجاري، والتشجيع على الإستخدام الأكفأ للطاقة، ويتعين عليها زيادة الإنفاق على البحث والتطوير وتقديم المعلومات، ودعم الإنفاق من خلال علاقات شراكة، على الصاعدين المحلي والدولي [10].

❖ **دراسة لـ صباح براج حول دور حوكمة الموارد الطاقوية في إعادة هيكلة الاقتصاد الجزائري في ظل ضوابط الاستدامة ،كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير ، جامعة فرحات عباس – سطيف ، الجزائر ، ٢٠١٢**

وتبلورت إشكاليته حول : كيف يمكن إعادة هيكلة الاقتصاد الجزائري في إطار ضوابط الإستدامة الإقتصادية انطلاقا من إستراتيجية متكاملة لحوكمة الموارد الطاقوية وما هي أهم الإمكانيات المتاحة من مصادر الطاقة المتجددة؟ وهل يمكن أن تكون بديلا تاما استراتيجي للمصادر التقليدية للطاقة؟ أم تقتصر الفترة الحالية على رفع الكفاءة الإستخدامية واعتماد التكنولوجيا النظيفة لاستغلال الطاقات التقليدية والإدماج التدريجي للطاقات المتجدد؟ وما هي حدود الاستخدام (الإنتاج، الاستهلاك وتوجيه العوائد)

للموارد الطاقوية الناضبة، ليكون مجدي إقتصاديا، مقبول إجتماعيا وسليم بيئيا من أجل خلق فرص التنويع الطاقوي المستدام نتناول في الفصل الأول مختلف الجوانب النظرية المتعلقة بنموذج التنمية المستدامة وأهم المفاهيم التي عالجت ارتباط ملف الطاقة بنموذج التنمية المستدامة في إطار الجوانب البيئية، الإجتماعية والإقتصادية،

كما تم التطرق لموضوع الطاقة ضمن النموذج الإقتصادي- الإيكولوجي، حيث تم الانتقال لأهمية التحليل الإقتصادي للموارد الطاقوية وأبرز النماذج التي عالجت مفهوم الاستنزاف الأمثل للموارد غير المتجددة المصادر الطاقوية الكلاسيكية .

أما الفصل الثاني، فتم من خلاله التطرق إلى الجغرافية الإقتصادية وأهم القوى المحركة للطلب على الطاقات التقليدية الناضبة، كما تم تسليط الضوء على مفهوم حوكمة هذه الطاقات الناضبة في ظل ضوابط السياسية البيئية العالمية التي تستجيب لمختلف المواثيق الدولية لنموذج الإستدامة، وأهمية للجوء إلى إدم اج الطاقات المتجددة وإدارة عوائد الطاقة بفعالية لنقل المكاسب عبر الزمان والمكان وعالج الفصل الثالث أهم الامكانيات التي توفرها الطبيعة من مصادر الطاقة المتجددة والإشارة إلى أهمية تطبيقاتها، ومزايا أسواقها التي بدأت تتشكل ملامحها في ظل التحول التدريجي للعالم إلى خيار الإمداد الطاقوي المستدام ، والإشارة إلى آلية التنمية النظيفة التي تم طرحها من خلال برتوكول كيوتو كأحد الحلول لدعم أواصر التعاون بين العالم المتقدم ودول العالم الثالث للتقليل من آثار التغير المناخي ومحاولة تأهيل اقتصاديات الدول النامية من خلال تنشيط حركة الإستثمار الأجنبي المباشر الذي يمس مجالات التنمية المستدامة وفي الأخير تم حوصلة أهمية حوكمة قطاع الطاقة وفق الصيغة المقترحة في إعادة هيكلة القطاعات الإقتصادية وفق نمط الإستدامة.

وفي الفصل الرابع تم محاولة إسقاط أهم النتائج المتوصل إليها من خلال الدراسة النظرية على قطاع الطاقة في الجزائر؛ مسح عام لمصادر الطاقة التقليدية وإمكانيات الطاقات المتجددة في الجزائر وأهم السيناريوهات لمنحنى الاستخدام في ظل القوى المحركة للطلب (التطور السكاني، حركة العمران، نمو القطاعات الاساسية ...)، تم إسقاط مفهوم الحوكمة وفق التصور المقترح في هذه الدراسة على سياسة الطاقة في الجزائر وبرامجها لترقية الكفاءة الإستخدامية للموارد المتاحة وأهمية إدماج الطاقات المتجددة ضمن مزيج الطاقة وأهم المداخل لتحسين إدارة مصادر الطاقة مع الإشارة إلى انخراط الجزائر في المنظومة العالمية للتنمية المستدامة .

وأوصت الدراسة بالمضيقدما في اتخاذ مختلف الاجراءات والأساليب والتدابير التي تمكِّن الجزائر من الاستفادة من الامكانيات من المتاحة من المصادر الطاقوية المتجددة؛ وان السياسة الطاقوية في الجزائر بحاجة إلى إصلاحات عميقة، لاسيما فيما يخص تعزيز الشفافية المشاركة والمساءلة من خلال استحداث هيئة خاصة للتسيير المشترك بين الحكومة وفئات المجتمع المدني من أجل ضمان الإدارة الجيدة للموارد الطاقوية وعوائدها؛ كما أقترحت ترقية البحث العلمي ورفع الميزانية المخصصة للارتقاء بالتكنولوجيات الحديثة وخاصة في مجال الطاقات المتجددة، فضلا عن أخذ المبادرة لانفتاح الجامعة الجزائرية على المؤسسات والقطاعات الاقتصادية للاستفادة من الأبحاث والنتائج المتوصل إليها؛

وأوصت بدراسة المقاربة الأورو- متوسطية للطاقة من أجل دراسة المكاسب الممكن تحقيقها من الربط الكهربائي لإمداد أوربا بالكهرباء الخضراء؛ وترقية دورالقطاع الخاص وإشراكه مع القطاع العام لتطوير قطاع الطاقة وزيادة فعاليته؛ وأن علىالجزائر أن تتخذ استراتيجية بعيدة المدى لاستثمار العوائد والجباية الطاقوية من أجل دعم القطاعات الاقتصادية في المساهمة في نمو الناتج الداخلي الخام كمؤشر على النمو الاقتصادي [12].

١-٧ الهدف من البحث

١. تم التعرف على أنواع الطاقات المتجددة .

٢. تم التعرف على الطاقات المتجددة وكيفية أستفاذة منها في توليد الكهرباء .

٣. وكذلك عمل تجربة على الخلية الشمسية والتعرف عليه وكيفية توليد الطاقة من خلاله.

٤. التعرف على الاستثمارات في الطاقات المتجددة في العراق وايجابياته .

الفصل الثاني

الجانب النظري

٢-١ مفهوم الطاقة المتجددة

تتميز مصادر الطاقة المتجددة بقابلية استغلالها المستمر دون أن يؤدي ذلك إلى استنفاذ منبعها،فالطاقة المتجددة هي تلك التي نحصل عليها من خلال تيارات الطاقة التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري ، كما تعرَّف الطاقة المتجدّدة بأنها مصدر للطاقة لا ينضب وقابل للتجديد بسرعة. ويتم الحصول على الطاقة المتجددة باستغلال الظواهر الطبيعية العادية كطاقة الرياح أو الطاقة المائية أو الطاقة النباتية أو الطاقة المتأتية من الكواكب الأخرى كأشعة الشمس أو تلك التي تصدر من صلب الأرض (الطاقة الجيو-حرارية) [12].

كذلك نعني"بالطاقة المتجددة"الكهرباء التي يتم توليدها من الشمس والرياح والكتلة الحيوية والحرارة الجوفية والمائية،وكذلك الوقود الحيوي والهيدروجين المستخرج من المصادر المتجددة.

تعرف الطاقة المتجددة بأنها تلك الطاقة التي يمكن الحصول عليها من المصادر الطبيعية المتجددة وغير القابلة للنضوب ، وتعد طاقه نظيفة لا ينتج عن استخدامها إي تلوث للبيئة و لا تسبب الضرر للكائنات الحية ، ويمكن الاستفادة من بتقنيات بسيطة على عكس المصادر التقليدية غير المتجددة والقابلة للنضوب وتعد الطاقة المتجددة من أكثر إشكال الطاقة جاذبيه ومثار للاهتمام ، وذلك لكونها تتسم بسمات يكاد لا يضاهيها فيها من المصادر الأخرى ،ولعل ابرز تلك السمات ما يأتي [13]:

أ- أنها تعد مصدرا مجانيا ونظيفا لا يسبب إي مشكلات بيئيه كما هو الحال مع المصادر الأخرى كالنفط والفحم والغاز .

ب- ابليتها للتوزيع و التواجد في شتى المناطق و في الدولة الواحدة و هي لا تتطلب بنية تحتية ضخمه و يمكن الاستفادة منها من خلال بنية إنتاجية مباشرة .

ت- تشكل مصدرا مستقلا لا يتأثر بالعلاقات الدولية ، و لا يخضع للتجارة الدولية و ظروفها وملابساتها و احتكاراتها .

ث- تنتشر في جميع إنحاء العالم و بنسب متفاوتة ، وقد تتواجد في أماكن تندر فيها الطاقات التقليدية الأخرى.

٢-٢ مصادر الطاقة المتجددة

الطاقة الشمسية : إن استخدام الشمس كمصدر للطاقة هو من بين المصادر البديلة للنفط التي تعقد عليها الآمال المستقبلية لكونها طاقة نظيفة لاتنضب،لذلك نجد دولا عديدة تم بتطوير هذا المصدر وتضعه هدفا تسعى لتحقيقه. وتستخدم الطاقة الشمسية حاليا في تسخين المياه المترلية وبرك السباحة والتدفئة والتبريد كما يجري في أوربا وأمريكا وإسرائيل،أما في دول العالم الثالث فتستعمل لتحريك مضخات المياه في المناطق الصحراوية الجافة.وتجري الآن محاولات جادة لاستعمال هذه الطاقة مستقبلا في تحلية المياه وإنتاج الكهرباء بشكل واسع. وتعتبر الطاقة الفولتية الضوئية الشمسية صناعة عالمية تستقطب رساميل قدرها ١٢ مليار دولار،وهي المصدر الرئيسي للطاقة المتجددة التي يتم توزيعها فعلياً المستهلكون الذين يولدون الطاقة الحرارية أو الكهربائية اللازمة لاحتياجاتهم ثم يعيدون الطاقة الكهربائية الفائضة إلى شركات الكهرباء[13].

٢-٢-١ الطاقة الشمسية

تتمثل هذه الطاقة في إنتاج الحرارة بتحويل الطاقة الكامنة في أشعة الشمس. حيث تستقطب هذه الطاقة حرارة الشمس وخلاياها الضوئية وتنقلها إلى دورة ماء لتزود المساكن الماء الساخن أو التدفئة. وهناك طرائق عدة لاستغلال الطاقة الشمسية بفعالية، يمكن تصنيفها في ثلاث فئات رئيسة، هي التطبيقات الحرارية وإنتاج الكهرباء والعمليات الكيميائية، والتطبيقات الأوسع استعمالًا هي في مجال تسخين المياه. ويتزايد توليد الكهرباء حاليًا بواسطة النظم الفوتوفولطية والتكنولوجيات الحرارية الشمسية إذ ترتكز على تحويل أشعة الشمس إلى كهرباء باستعمال لوحات شمسية. تكمن فوائد الخلايا الضوئية الفولتية في قدرتها على تحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى كهرباء وفي سهولة استعمالها، ما يجعلها قابلة للاستعمال خصوصًا في البلدان النامية حيث تنعدم المولدات الكهربائية الضخمة.

ويجدر التنبّه إلى أن مردود هذه الخلايا يظل محدودًا، إذ تعتمد كمية الطاقة المتحصل عليها، على الموقع الجغرافي وترتبط بالظروف المناخية، كما أن مدة استعمالها لا يتجاوز العشرين عامًا. وتسمح هذه الوسائل بالاستعاضة عن طاقة الوقود الأحفوري (مثل النفط والفحم)، ولكن ثمة مشكلة في تخزينها لأنه يتعذر الاحتفاظ بتلك الطاقة على مدى سنوات. وفي المقابل، من المستطاع إستعمالها في إنتاج ٥٠% من الطاقة الضرورية للتدفئة [14].

ولا تزال كلفة الطاقة الشمسية الحرارية باهظة نسبيًا، ويرجع ذلك إلى ارتفاع قيمة الاستثمار المطلوب لإنشائها، والذي لا يمكن استرجاعه إلا بعد مدة طويلة نسبيًا، قد تمتد بين ١٠ و١٥ سنة ، وفي هذا السياق، أشار تقرير منظّمة غرينبيس في ٧ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠٠٥ بعنوان « الطاقة الحرارية الشمسية المركزة » إلى أن الطاقة الشمسية كفيلة بتأمين الكهرباء النظيفة في غضون عقدين لأكثر من ١٠٠ مليون شخص في المناطق الأكثر تعرضا للشمس في العالم مع حلول العام ٢٠٢٥. وتشجع غرينبيس صانعي القرار على دعم هذه الصناعة المستدامة الحديثة والاستثمار في هذه التكنولوجيا الجديدة[15].

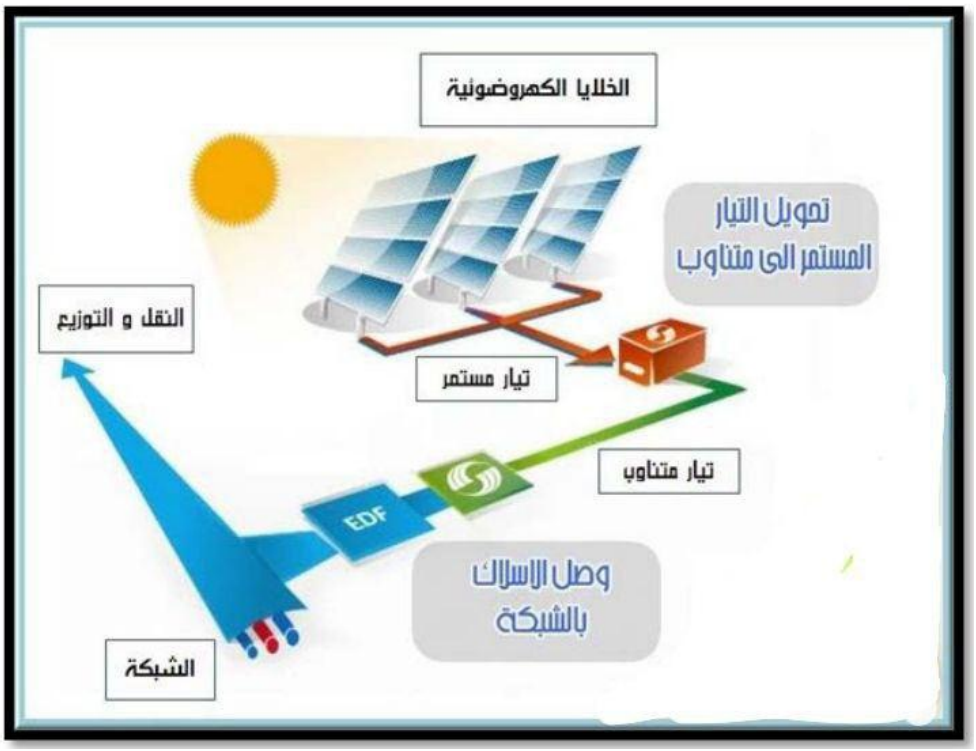
كما يوضح التقرير كيف يمكن لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا أن تصبح المركز الرئيس لإنتاج الطاقة الشمسية في العالم وأن تتمتع بقدرة تصدير هذه الطاقة إلى أوروبا .

أشار تقرير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة «إيرينا»، الذي انعقد في أبو ظبي في ٢٤ و٢٥ تشرين الأول/ أكتوبر ٢٠١٠، إلى أن كل كيلو متر مربع من أراضي منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا يتلقى قدرًا من الطاقة الشمسية سنويًا يعادل ٥,١ مليون برميل من النفط الخام. وعلى الرغم من وفرة تلك الطاقة، أبدت الدول العربية تباطؤًا في تبني تقنيات توليد الطاقة الشمسية، الأمر الذي يرجع لأسباب منها احتياطيات الوقود الأحفوري الهائلة التي تتمتع بها تلك الدول، فضلًا عن دعم حكوماتها للطاقة لفترة طويلة. بيد أن الأولويات بدأت في التغيير، ويتطلع الأردن إلى إنتاج ٧% من احتياجاته من الكهرباء من خلال مصادر الطاقة الشمسية بحلول العام ٢٠١٥ بينما تهدف أبو ظبي إلى إنتاج النسبة نفسها بحلول العام ٢٠٢٠ فيما ترغب الكويت في إنتاج ٥% بحلول العام ٢٠٣٠. وأعلنت مصر أنها تهدف إلى توليد ٢٠% من احتياجاتها من الكهرباء من مصادر طاقة متجددة بحلول العام ٢٠٢٠، بينها أقل من ٢% من الطاقة الشمسية[10].

ولعل ما يدعم الطموحات الشمسية لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تلك الخطط الرامية إلى إنشاء محطات الطاقة الشمسية المركزة، والتي تقل تكلفتها الرأسمالية عن تكاليف محطات الطاقة الكهروضوئية (توليد الكهرباء من خلال الخلايا الشمسية). وأوشكت الجزائر أن تحقق أول محطة للطاقة الهجينة بقدرة ١٥٠ ميجاوات في منطقة حاسي رمل. كما يتوقع أن تكون مصر والمغرب قد استكملتا مشروعاتهما الخاصة بالطاقة الهجينة بحلول نهاية العام ٢٠١١. وتجمع محطات الطاقة الهجينة بين مستقبل حراري شمسي وتوربين غاز لزيادة فعالية مولدات الكهرباء التي تحرّكها توربينات بخارية. ومعظم تلك المحطات يولد أقل من ١٥% من طاقته من المستقبل الشمسي .

ومن جهتها، أطلقت شركة أبو ظبي لطاقة المستقبل (مصدر) أكثر مشروعات الطاقة الشمسية المركزة تقدُّما في المنطقة، وهو مشروع «اسم شمس ١». وتعكف «مصدر» على بناء مدينة خالية من الكربون بتكلفة ٢٢ مليار دولار في الصحراء بالقرب من أبو ظبي، تعتمد بشكل كلي على مصادر الطاقة المتجددة، بما فيها الطاقة الشمسية. وستكون أول مدينة في العالم خالية من الانبعاثات الكربونية والسيارات والنفايات ومن المتوقع إنجازها العام ٢٠١٦ في إطار خطة تنمية أبو ظبي ٢٠٣٠. إضافة إلى ذلك، تسعى المدينة إلى استقطاب كفاءات وخبراء في قطاعات الطاقة المتجددة، والنقل المستدام، وإدارة النفايات، والمحافظة على المياه ومعالجة المياه المبتذلة، والإنشاءات والمباني الخضراء، والتدوير، والتنوع البيولوجي، ومكافحة التغير المناخي، وتمويل المشاريع الخضراء. ومن خلال ذلك يؤمل أن تحقق وفرًا يتجاوز بليوني دولار من النفط على مدى ٢٥ عامًا، وأن تؤمن ما يزيد عن ٧٠ ألف فرص عمل وتساهم بأكثر من ٢% من الناتج المحلي الإجمالي السنوي لإمارة أبو ظبي. وثمة مشاريع شمسية كبيرة تجري حاليًا في المملكة العربية السعودية والكويت وتونس. ويقوم مشروع مدينة الطاقة قطر، الذي تبلغ كلفته ٦,٢ مليار دولار، على فكرة مماثلة، وهو عبارة عن منطقة تجارية تعمل بالطاقة النظيفة ومن المقرر استكمالها بحلول العام ٢٠١٢.

وفي إطار تنشيط الاستثمارات العالمية في مجال الطاقة الشمسية لتحسين إنتاج الطاقة، خصصت المجموعة الدولية للطاقة المتجددة مبالغ مالية كبيرة في استثمارات في مشاريع الطاقة الشمسية في الاتحاد الأوروبي. ولهذه الغاية، أنشأت المجموعة الدولية محطات لتوليد الطاقة الشمسية في فرنسا، وقد أنفقت الشركات ما يقارب ١٥ مليون يورو لهذا المشروع، والتخطيط لاستثمار إضافي بحوالى ١٤٠ مليون يورو في مرافق أخرى للطاقة الشمسية في أوروبا. وسيتم الانتهاء من مشروع للطاقة الشمسية في إيطاليا بحلول نهاية العام ٢٠١١ وهذا المصنع سوف ينتج ثلاثة ميغاواط/ ساعة من الكهرباء سنويًا. وقد تم الاعتراف من قبل شركة الرابطة الكندية للصناعات الطاقة الشمسية (CanSIA) لتطوير وبناء أكبر محطة لتوليد الكهرباء في كندا (الكهرو ضوئية) [16].



الشكل (٢-١) يوضح طريقة عمل الطاقات الشمسية[16]

٢-٢-٢ الطاقة الهوائية (طاقة الرياح)

الطاقة الهوائية هي الطاقة المستمدة من حركة الهواء والرياح،واستخدمت طاقة الرياح منذ أقدم العصور،سواء في تسيير السفن الشراعية،وإدارة طواحين الهواء لطحن الغلال والحبوب،أو رفع المياه من الآبار وتستخدم وحدات الرياح في تحويل طاقة الرياح إلى طاقة ميكانيكية تستخدم مباشرة أو يتم تحويلها إلى طاقة كهربائية من خلال مولدات وقد بدأت لإستفادة من طاقة الرياح في مصر حديثا على شكل وحدات صغيرة لرفع المياه الجوفية على السواحل الشمالية. ويرتبط اليوم مفهوم هذه الطاقة باستعمالها في توليد الكهرباء بواسطة"طواحين هوائية" ومحطات توليد تنشأ في مكان معين ويتم تغذية المناطق المحتاجة عبر الأسلاك الكهربائية وبالإمكان حسب تقديرات منظمة المقاييس العالمية توليد ٢٠ مليون ميغاواط من هذا المصدر على نطاق عالمي،وهو أضعاف قدرة الطاقة المائية[17].

وأشار تقرير الجمعية العالمية لطاقة الرياح (WWEA) العام ٢٠٠٦ إلى أن تكنولوجيا طاقة الرياح أكثر مصادر الطاقة ديناميكية، وأفضل حل واعد بديلًا من الوقود الأحفوري في توليد الكهرباء. تعتبر طاقة الرياح من أهم مصادر الطاقة المتجددة، فقد زادت قدرة توربينات الرياح على توليد الطاقة من ١٠٠ كيلوواط العام ١٩٨١ إلى ٥٠٠٠ كيلوواط العام ٢٠٠٦. كما باتت تكاليف طاقة الرياح تنافس الطاقة

التقليدية، حيث بلغت تكلفة إنتاج الكيلوواط من طاقة الرياح ١٠٠٠ دولار بينما وصلت تكلفة إنتاج الكيلوواط من الطاقة التقليدية إلى ٨٠٠ دولار.

الشكل (٢-٢) يوضح طاقة الهوائية فوق الارض [18].

من المعروف ان الهواء في اجواء بيئة الحياة في حالة حركة دائمة وذلك بسبب وجود تيار الهواء في الجو، وهو على العموم غير متجانس وذلك حسب توزيع الضغط الجوي في المستوى الافقي فقي الضغط العالي يتحرك الهواء بشكل تيار عالي الى الضغط الواطئ، لغرض موازنة الضغوط في جميع المناطق وهذه ارادة الله سبحانه وتعالى، ان اختلاف الضغوط، الذي يدعي (كريدينت) اي ان الضغط و والقوة الاساسية التي تسبب حركة الهواء وان اختلاف الضغوط ينشا عن الاشعاع الشمسي وهناك فرضيات، حيث ان ذرات الهواء اذا تعرضت لقوة (كريدينت) الضغط، تحرك الهواء باتجاه هذه القوه وحسب، ولكن هناك قوى اخرى مؤثرة على ذرات الهواء فان الهواء يخرج عن اتجاه (كريدينت) الضغط، وبذلك نقول ان هناك قوة استمرارية لحركة الارض والقوة الدافعة من الوسط ومقاومة الاحتكاك وقوة جاذبية الارض، على هذا الاساس تستخدم الطاقة الميكانيكية للمواد المتحركة في الهواء وفي الموتورات الهوائية وبذلك يمكن استخدام نوعين من المكائن لاستغلال حركة الريح وهما [18]:-

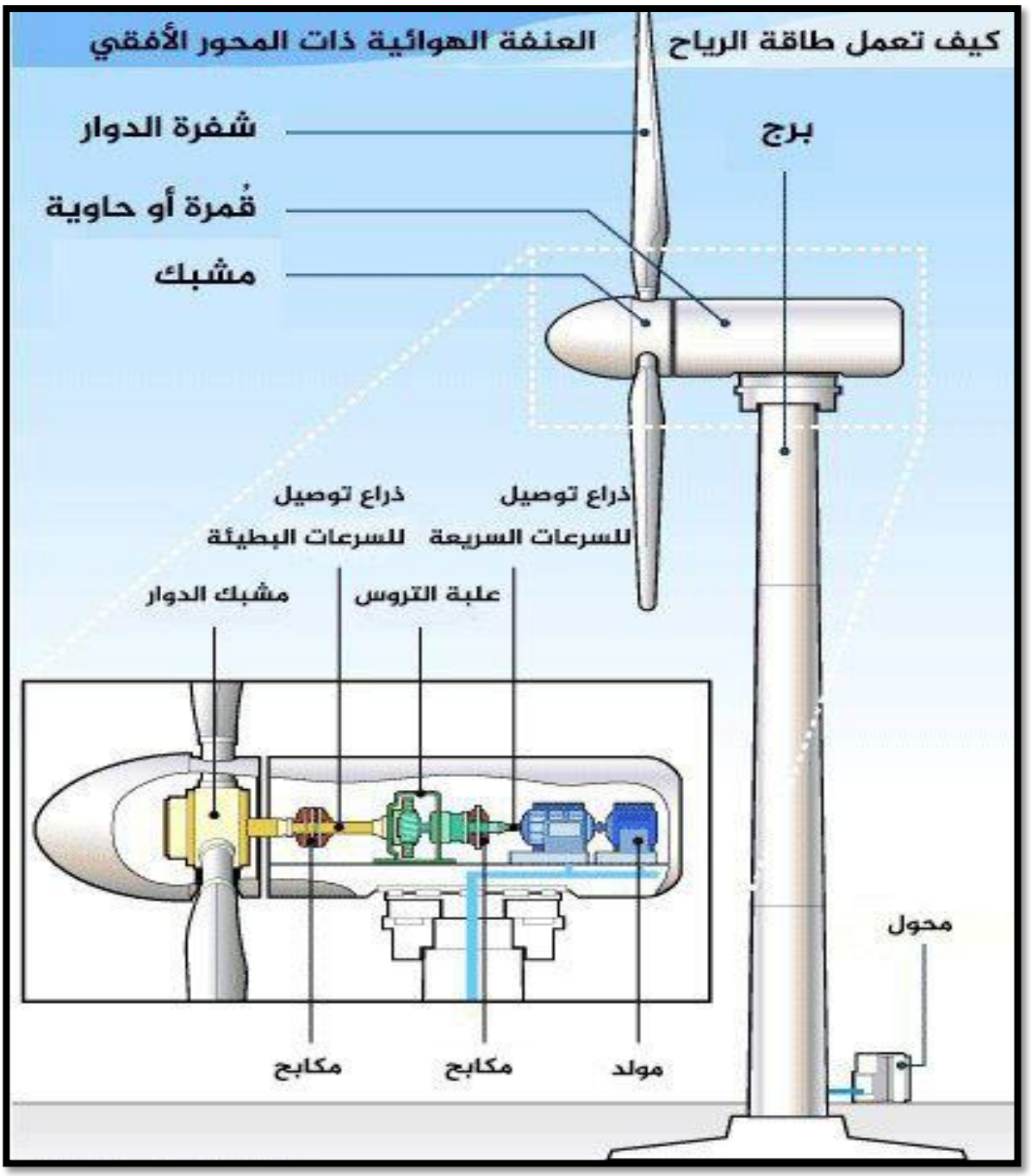
ا- المحركات الميكانيكية :

حيث تقوم هذه المحركات الميكانيكية بتحريك المطاحن الهوائية وقدرة المحركات تتراوح ما بين (٥-١٠) كيلو واط ومن خلال ماطور ذو ريش متعددة الدفات وبطيئة الدوران، او موتور بدفتين او ثلاثة دفات وبقطر يتراوح ما بين (١٠-٢٠) م وموضوع على برج بارتفاع (٤٠) متر حيث سرعة الريح فيها (٤) متر في الدقيقة وبالإمكان توليد طاقة من (٥-١٠) ميغا واط.

ب- المحطات الكهربائية الهوائية:

تحتوى هذه المحطات الكهربائية على محركات ذات ريشة احادية دائرة الشكل قطرها يصل الى (٥٠)م وتوضع على موضع ارتفاعه(١٠٠)م وبذلك نحتاج الى سرعة ريح من (٨-٩)م في الدقيقة الواحد، وبالإمكان توليد طاقة من (٥٠-١٠٠) كيلو واط.

ومن الملاحظ انه يمكن اقامة اجهزة سحب طاقة الرياح في الاماكن التي لا تقل سرعة الرياح فيها عن (٥) م في الثانية وقد وجد ان طاحونة هواء قطر مراوحها (٥) م أي اذا كانت سرعة الرياح (٥)م في الثانية فان الطاقة التي تعطيها تعطي طاقة كهربائية (٢/١) كيلوواط بينما تعطي (٤) كيلوواط هذا كانت سرعة الرياح (١٠) م في الثانية، ان طاقة الريح ستخدم في كل من كاليفورنيا والدول الاسكندنافية (عمران ١٩٧٨ص٤٣)، ان طاقة الريح يمكن تعميمها في البيئة العربية حيث توجد كل المستلزمات اللازمة لذلك[19] .



الشكل (٢-٣) يوضح كيفية عمل الطاقة الرياح[19]

الجدول (١) يوضح الـ ٢٠ الأوائل في إنتاج طاقة الرياح [19].

لمرتبة ٢٠١٥	البلد	الطاقة الإجمالية نهاية ٢٠٠٥ (MW)	الطاقة المضافة ٢٠٠٦ (MW)	الطاقة الإجمالية نهاية ٢٠٠٦ (MW)	النمو ٢٠٠٦ (%)
١	ألمانيا	١٨.٤٢٨	٢.١٩٤	٢٠.٦٢٢	١١.٩
٢	إسبانيا	١٠.٠٢٨	١.٥٨٧	١١.٦١٥	١٥.٨
٣	الولايات المتحدة	٩.١٤٩	٢.٤٥٤	١١.٦٠٣	٢٦.٨
٤	الهند	٤.٤٣٠	١.٨٤٠	٦.٢٧٠	٤١.٥
٥	الدنمرك	٣.١٢٨	٨	٣.١٣٦	٠.٣
٦	الصين	١.٢٦٠	١.١٤٥	٢.٤٠٥	٩٠.٩
٧	إيطاليا	١.٧١٨	٤٠٥	٢.١٢٣	٢٣.٦
٨	بريطانيا	١.٣٥٣	٦١٠	١.٩٦٣	٤٥.١
٩	البرتغال	١.٠٢٢	٦٢٨	١.٦٥٠	٦١.٤
١٠	فرنسا	٧٥٧	٨١٠	١.٥٦٧	١٠٧.٠
١١	هولندا	١.٢٢٤	٣٣٦	١.٥٦٠	٢٧.٥
١٢	كندا	٦٨٣	٧٦٨	١.٤٥١	١١٢.٤
١٣	اليابان	١.٠٤٠	٣٥٤	١.٣٩٤	٣٤.٠
١٤	النمسا	٨١٩	١٤٦	٩٦٥	١٧.٨
١٥	أستراليا	٥٧٩	٢٣٨	٨١٧	٤١.١
١٦	اليونان	٥٧٣	١٨٣	٧٥٦	٣١.٩
١٧	ايرلندا	٤٩٦	١٤٧	٦٤٣	٢٩.٦
١٨	السويد	٥١٠	٥٤	٥٦٤	١٠.٦
١٩	النروج	٢٧٠	٥٥	٣٢٥	٢٠.٤
٢٠	البرازيل	٢٩	٢٠٨	٢٣٧	٧١٧٠٢
بقية العالم		١.٥٠٨	٧٣٠	٢.٢٣٨	٤٨.٤
المجموع		٥٩.٠٠٤	١٤.٩٠٠	٧٣.٩٠٤	٧٢.٢

٢-٢-٣ طاقة المياه

١- طاقة المياه الميكانيكية:

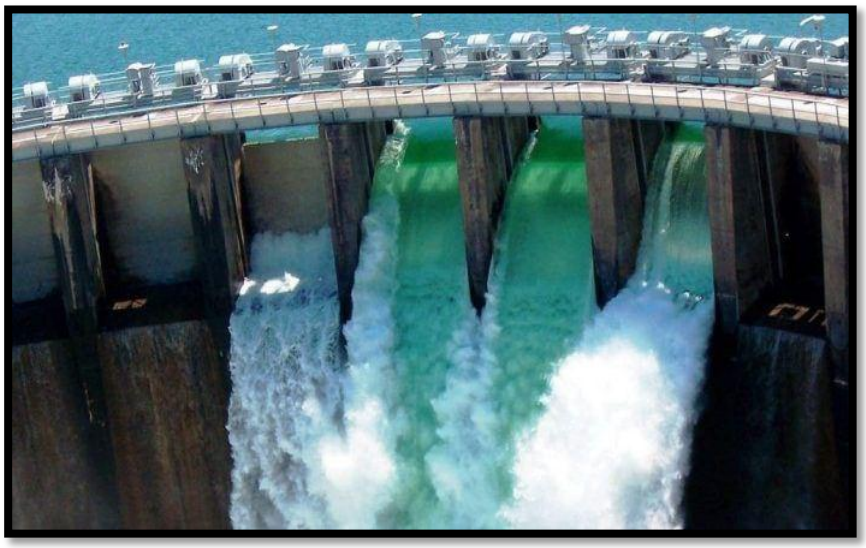
ان الماء كمصدر طبيعي لبيئة الحياة وهو حامل للطاقة الميكانيكية والكيمياوية والحرارية، فالطاقة الميكانيكية التي يمكن انتاجها اثناء حركة المياه على شكل موجات وتيارات مائية وسط البحار والمحيطات والانهار، ومن الملاحظ ان المياه موجودة في الجو والكتل الجليدية ومياه البحار والمحيطات، وهي الطاقة الكامنة في المياه نتيجة الفرق في مستوى المياه من مكان الى اخر، ويستفاد من هذه الطاقة في انتاج الكهرباء، بإقامة محطات كهربائية على مساقط المياه في الانهار والشلالات او على السدود والخزانات، وبذلك يمكن تقسيم الطاقة المائية الى (٣) انواع[15]:

أ- الطاقة المائية في الجو (بخار ماء): فهي ناجمة عن تكاثف بخار الماء في الجو والتي تسقط على شكل مطر او ثلج من ارتفاعات متباينة على سطح الارض وهي طاقة صعبة الاستخدام، والسبب هوان التركيز قليل عليها من نسبة التكاثف اضافة الى ذلك نسبتها تختلف من مكان الى اخر والتقلبات الكثيرة.

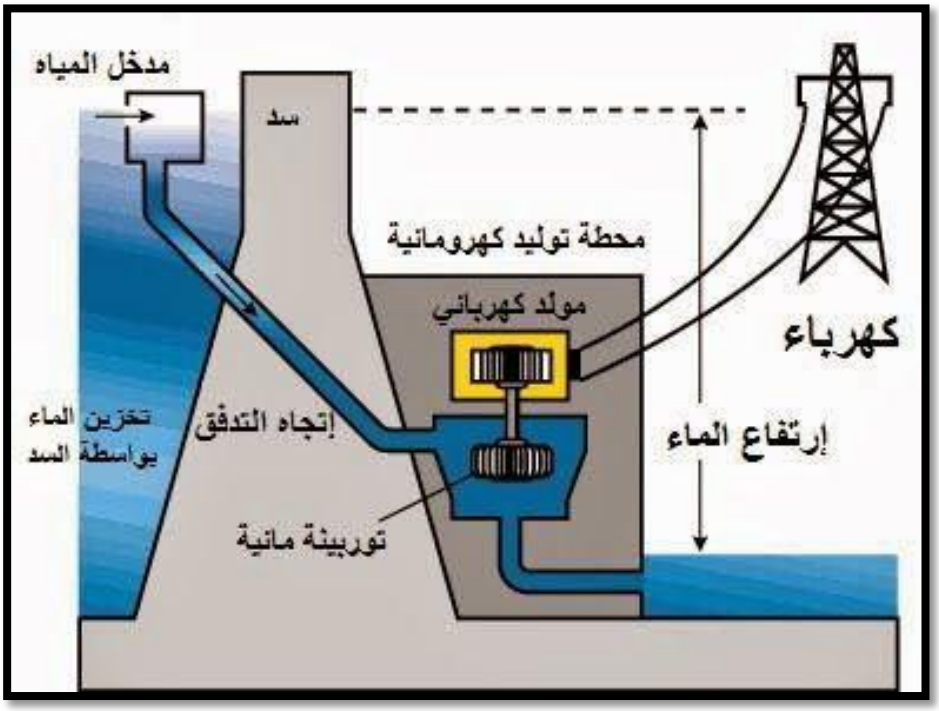
ب- الطاقة المائية في الكتل الجليدية: من الواضح انه لا يمكن من الناحية التقنية استخدام الطاقة الميكانيكية في الكتل الجليدية سوآءا في القطب الشمالي والجنوبي او قمم الجبال، حيث ان كتلها على الكرة الارضية تقدر بحوالي (٢١× ٦١٠كم٣) وبذلك صعوبة استخدام تقنيات توليد الكهرباء في المناطق الجليدية.

ج- الطاقة المياه في وسط البحار والمحيطات: من الواضح ان طاقة المد في البحار والمحيطات تظهر على شكل امواج ضاربة اثناء عمليتي (المد والجزر) وهي قوية، ويمكن تحويل طاقة الامواج المترددة الى نوع من الطاقة بواسطة التوربينات خصوصا وان ارتفاع الامواج بمقدار(٤) م بالمعدل ويمكن تصل في بعض الاحيان من (١٠-١٥)م ونادراما تصل الى (١٩)م، حيث تقوم المياه المرتفعة بفعل المد والجزر بحركة المياه بواسطة التوربينات في توليد الطاقة الكهربائية، وبذلك ظهرت محطات ضخمة تقوم بتوليد الطاقة في كل من فرنسا (سانت مالو) عند مصب نهر داقس على الساحل النور ماندي حيث تولد هذه المحطة (٢٤٠ / ميغاواط).

مازال استغلال طاقة المياه في العالم اقل مما يجب ولاسيما في الدول النامية التي لا تشغل اكثر من (١٠%) من هذه الطاقة حيث تعتبر المحطات الكهربائية اقتصادية جدا بالنسبة لغيره إعلاؤه على ذلك توجد محطات صغيرة تقوم بتوليد الكهرباء في مصبات الانهار وهي منتشرة في اغلب دول العالم[16].



الشكل (٢-٤) طاقة المياه في السد[16]



الشكل (٢-٥) يوضح طريقة توليد الطاقة من السدود[16]

٢- طاقه المياه الكيمياوية للمياه:

من المعلوم، ان هناك طاقة كيمائية للمياه تظهر من خلال تحليل المحاليل المالحة في الماء، فالمياه تذيب سنويا حوالي (٢٧× ٦١٠) طنا من المواد الصلبة وهذا يبين ضخامة الطاقة الكيمياوية الكامنة في المياة٠ لذلك نقول ان هذه الطاقة متجددة لأنها تعتمد على المياه، حيث يمكن توليد الطاقة بمئات الوف من الميغاواط وقد استثمرت هذه الطاقة كثير من دول العالم الأن الامكانات المتبقية هي طاقات ضخمة، ان البلدان النامية المتجاورة يمكن ان تتعاون في تطوير الطاقة المائية ولاسيما في الدول الافريقية[17].

٢-٢-٤ الطاقة الحرارية داخل باطن الارض / الجوفية

ان الطاقة الحرارية او الجوفية هي حرارة طبيعية ناتجه من داخل الكرة الارضية ويمكن استخدامها من خلال استخدام تقنيات (التكنولوجي البيئية النظيفة)، أي بواسطة مد انابيب في المناطق البركانية وسحب الماء الحار + بخار الماء المتحرر ثم ينقل بواسطة انابيب من الموقع الى موقع الاستهلاك ٠هناك دول تعتمد على الطاقة الحرارية الجوفية وذلك بأنشاء محطات مائية ٠ مثل محطة (وايكير) في نيوزيلندا وفي الولايات المتحدة الامريكية وايطاليا.

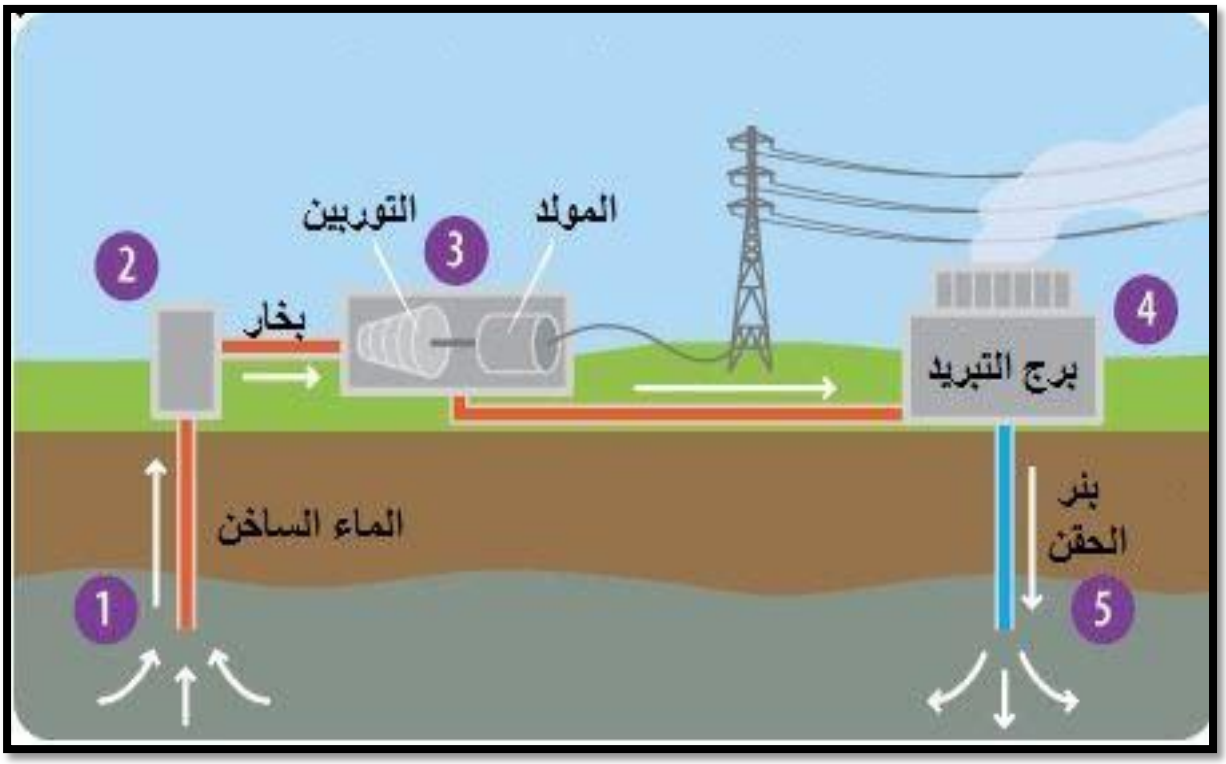
في ضوء ما تقدم ان هناك شروط اساسية في انشاء هذه المحطات وهي:

ا- وجود احتياطي حراري جوفي لا تقل اعماق استخراجه من (١٢٠٠-٢٠٠٠) م عمق.

ب- وجود امكانية مالية لانشاء مثل هذه المحطات حيث تحتاج الى انابيب واجهزة لفصل بخار الماء.

ج- وجود فجوات وبكسرات في سطح الارض ويمكن معرفة تلك الشقوق من خلال وجود بخار ماء الغازات.

اما استخدامات الطاقة الجوفية هو (لغرض تدفئة المنازل و الحقول الزراعية والعلاج الطبيعي كما هو الحال ف كثير من دول ومنها تشيكوسلوفاكيا منذ عام ١٩٦٠ حيث ان درجة الحرارة المكتسبة (٤٢.٧) درجة مئوية وهي ملائمة للاستحمام[18].



الشكل (٢-٦) يوضح كيفية عمل طاقة الحرارية داخل باطن الأرض[18]

٢-٢-٥ طاقة الهيدروجين

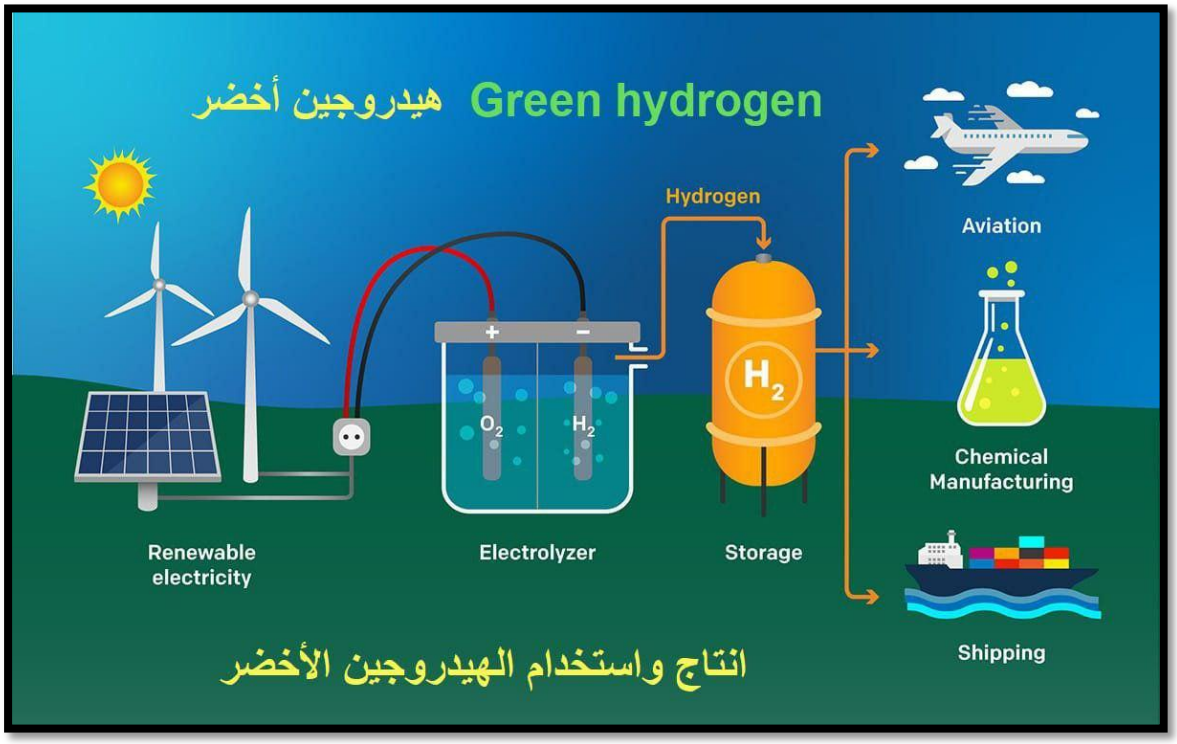
من المعلوم، ان العلماء والباحثين وجدوا ان هناك مصادر اخرى للطاقة غير الكهربائية.يمكن استخدامها كوقود للسيارات بدلا من النفط الذي هو قابل للنضوب وفي ضوء ما تقدم، وجدوا ان غاز الهيدروجين، وهو وقود البديل للوقود النفط وذلك للأسباب الاتية:-

ا- توافر الايدروجين في الماء، والماء موجود في الانهار والبحار والمحيطات وان رصيده لا ينضب.

٢- عدم اضراره بالبيئة، لأنه باحتراقه يولد الماء بخلاف النفط والفحم الحجري والغاز الطبيعي، حيث يولد غاز اول وثاني اوكسيد الكربون، بالإضافة الى اكاسيد الكبريت.

وبناءا على ما تقدم قدرت الطاقة الحرارية التي يولدها (غاز الهيدروجين) لكل كيلوغرام منه بمقدار(١١٦) الف وحدة حرارية بريطانية بينما تبلغ هذه الطاقة (٤٩) الف وحدة حرارية بريطانية لكل كيلو غرام من الغازات الطبيعية[19].

لذلك نقول ان غاز الهيدروجين يعطي طاقة حرارية عالية وخالي من الملوثات التي تضر بالبيئة ونظيف ويمكن استخدامه كوقود في الاحتراق الداخلي بدلا من البنزين يستخدم كعامل مخزون في العمليات الصناعية وفي خلايا الوقود ٠وهناك دراسات وابحاث مستمرة تحاول نقله وتخزينه.

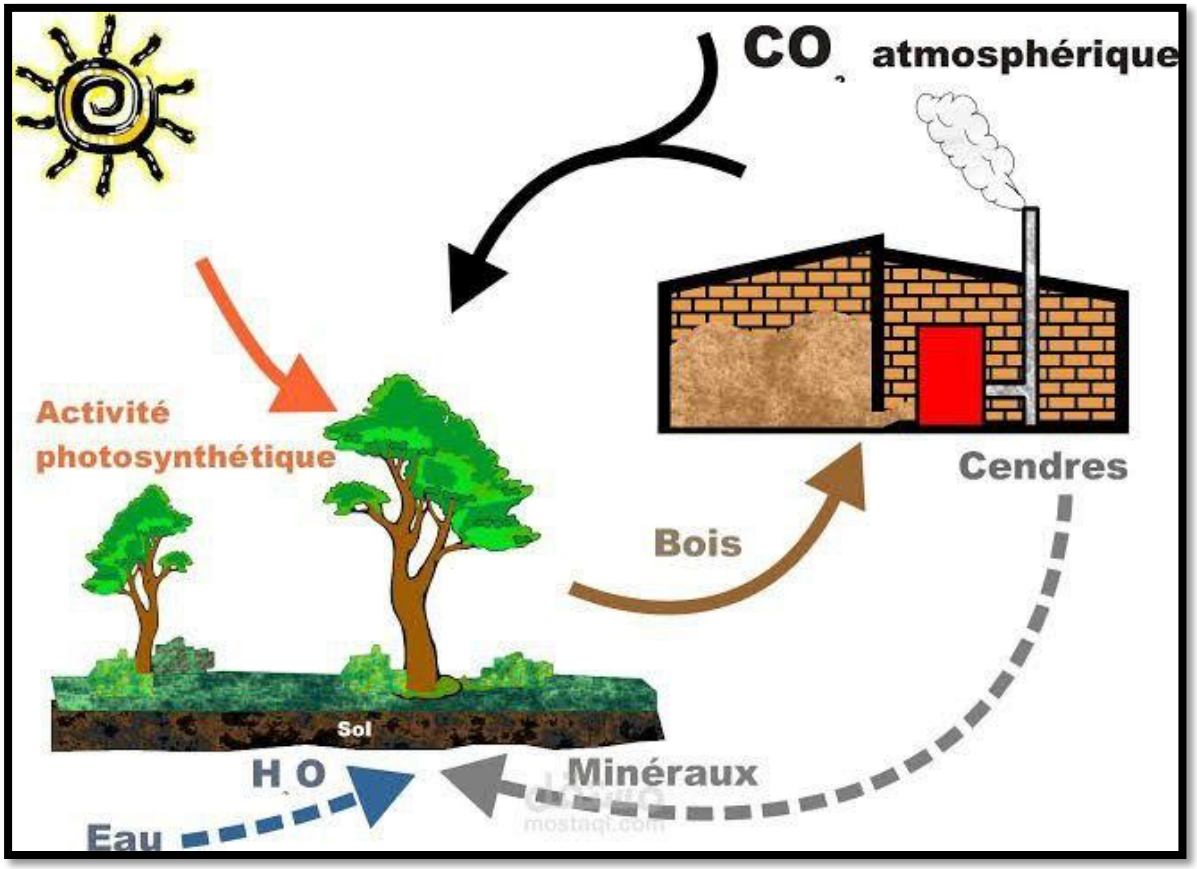


الشكل (٢-٧) طريقة عمل طاقة الهيدروجين[20]

٢-٢-٦ الطاقة الحيوية (النباتية والحيوانية)

تمكن عدد من العلماء بتحويل المخلفات النباتية والحيوانية الى وقود سائل وذلك بالتخمير لأغراض سد الحاجة المحلية وهذا يعطي حوالي (٣٠%) من مجمل الطاقة الموجودة في المخلفات، اخذت البرازيل بتحويل (قصب السكر) في معامل التخمير والتقطير لإنتاج الكحول المعروفة (اثيانول) ويخلط مع الغازولين ويستعمل كوقود للسيارات محل البنزين، وان كلفة هذا المصنع بلغت (٣٣) دولارا للبرميل وبذلك يساهم في سد الحاجة من الوقود للسيارات وفي عام ١٩٨٥ انتجت (١٠) بليون لتر من الكحول، وهذا ما يوازي (٤٠%) من وقود السيارات أضافة الى ذلك اخذت مئات من السيارات تستخدم هذا الكحول النقي في البرازيل وبذلك انتجت البرازيل كحول من نبات اخر وهو (الكاسافا) وهو نبات يعطي

درنات منتفخة بالنشا الذي يغطي انواع من الترب الفقيرة ثم تضاف الخمائر لأخرى لتحوله الى سكر ومن ثم كحول في معامل التقطير ان معامل التقطير تستخدم (قصب السكر نبات الكاسافا) ومن الملاحظ ان نبات الكاسافا ينتشر في قارة افريقيا ويعد مصدر مهم في الوجبات[20].



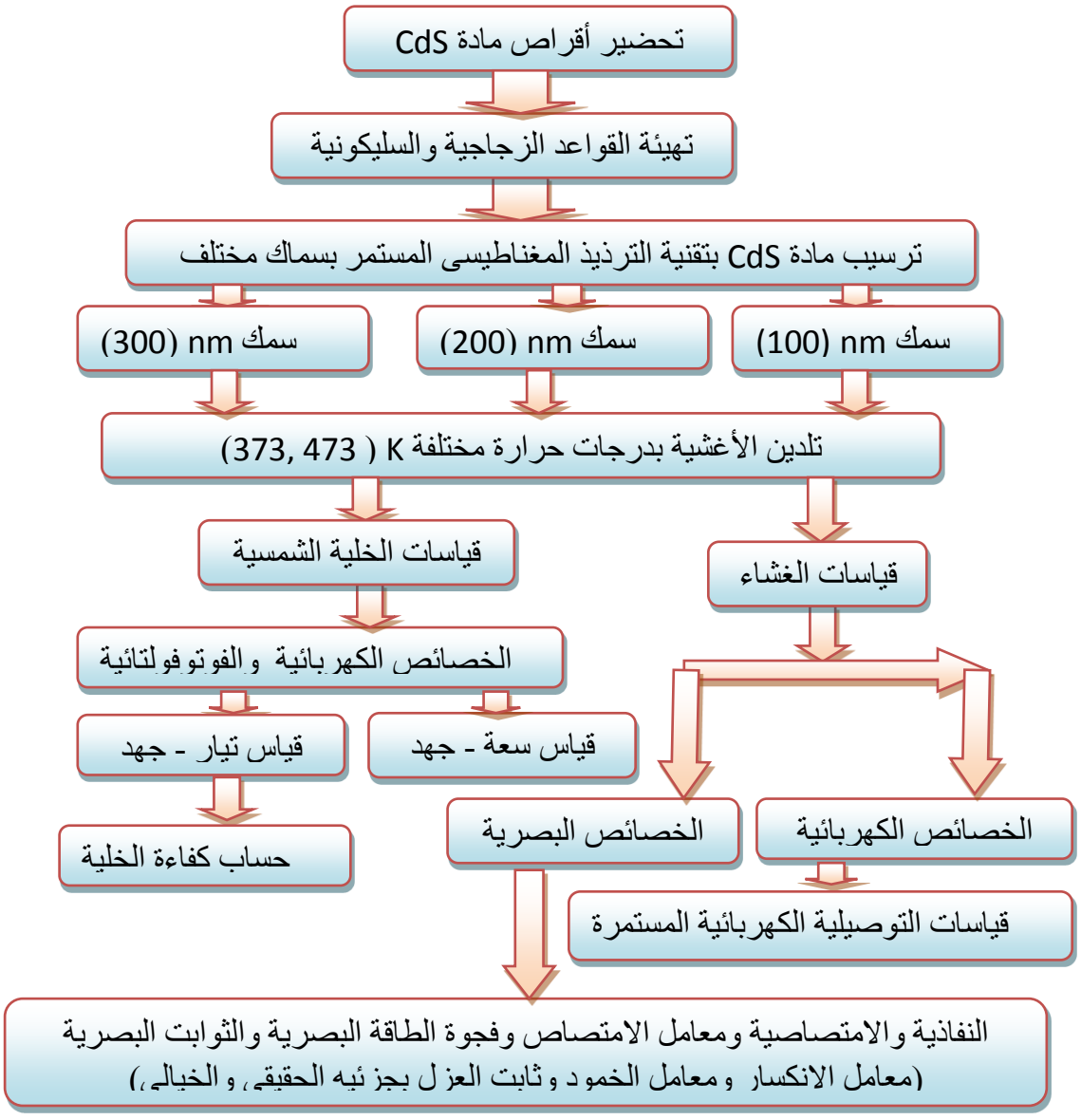
الشكل (٢-٨) طريقة عمل طاقة الحيوية [21].

الفصل الثالث

الجانب العملي

٣-١ المقدمة Introduction

يتضمن هذا الفصل استعراض الجانب العملي لمراحل تصنيع الخلية الشمسية ذات المفرق الهجين نوع (CdS/Si) بتقنية الترذيذ المغناطيسي المستمر والقياسات الكهربائية والفوتوفولتائية المتضمنة خصائص (سعة – جهد) و(تيار- جهد) لها كذلك دراسة الخصائص البصرية والتوصيلية الكهربائية لأغشية CdS المحضرة عند قيم مختلفة للسمك وملدنة بدرجات حرارة مختلفة ويوضح الشكل (3-1) مخططاً لمراحل العمل وفق ماتم الحصول عليه من الدراسة .



شكل (3-1) المخطط التوضيحي لمراحل العمل . [21]

٣-٢ تحضير العينات Sample Preparation

تــمّ فـي هــذا البحث اســتخدام شرائح سليكــونية أحادية البلورة (Single Crystal) ذات اتجاهية بلورية (100) من نوع -p بمقاومية كهربائية (10-20) Ω .cm وسمك (381) µm وبقطر (76) mm مطعمة بالبورون (Boron) كما استخدمت قواعد زجاجية بأبعاد cm^3 (7.6×2.6×0.1) ، في البدء يتمّ تنظيف العينات المراد ترسيب المادة عليها وتشتمل خطوات التنظيف على مايلي :

A – خطوات تنظيف شرائح السليكون

وتتضمن :

١- تنظيف الشرائح بالماء المقطر.

٢- تغمر بكحول أثيلي عالي النقاوة 99.999% لمدة ٥ دقائق.

٣- إجراء عملية التنميش الكيمياوي للتخلص من الشوائب وطبقة الاوكسيد الموجودة على السطح حيث تغمر في حامض الهيدروفلوريك (HF) بتركيز (% 10) لمدة (٣-٤) دقائق.

٤- توضع بالماء المقطر بعد ذلك تغمر بالكحول لإزالة بقايا الحامض المتبقي.

٥- إجراء عملية التجفيف بالهواء الساخن بعد ذلك يتمّ وضعها داخل حاوية زجاجية مفرغة من الهواء (10^{-2}) Torr .

B- خطوات تنظيف القواعد الزجاجية

استخدم زجاج الصودا كأرضيات وبأشكال مستطيلة وذات أبعاد cm^3 (7.6×2.6×0.1) للقياسات البصرية والكهربائية كافة وتمّ تنظيف الأرضيات قبل استعمالها في عملية الترسيب حسب الخطوات الآتية :

1- تغسل الأرضيات الزجاجية بالماء ومسحوق الغسيل وتوضع تحت الماء الجاري لمدة (15) دقيقة للتخلص من الأوساخ العالقة بها إن وجدت .

2- بعد ذلك تغسل الأرضيات الزجاجية بالماء المقطر جيدا ثم توضع في حاوية زجاجية وتغمر بالماء المقطر ثم توضع في جهاز حمام الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Bath) ولمدة (15) دقيقة .

3- تستخرج الأرضيات الزجاجية من الماء المقطر وتغسل بكحول أثيلي (C_2H_5OH) ذي نقاوة عالية ثم توضع في الحاوية الزجاجية مرة أخرى وتغمر بالكحول وتوضع الحاوية في جهاز حمام الموجات فوق الصوتية لمدة (١٥) دقيقة لإزالة أي شوائب زيتية عالقة .

4- تستخرج الأرضيات الزجاجية من الكحول ويتمّ تجفيفها بشكل جيد بالهواء الساخن الصادر من مجفف هواء (Blower) ويتمّ استعمال ورق تنظيف خاص أو قطعة قماش ناعمة لكي تكون جاهزة للاستعمال ويمكن بعد ذلك ترسيب الغشاء عليها . وكذلك يجب في البدء قبل تشغيل المنظومة تنظيف المنظومة كلّها جيدا من أية شوائب عالقة بها أثناء ضياع جزء من المادة عند الترسيب بالتطاير أو بالترسب على الجدار الداخلي للناقوس الزجاجي لمنظومة الترسيب أو على أجزاء المنظومة الأخرى حيث أن هذه الشوائب تؤثر على نقاوة الغشاء وبالتالي تؤثر على بقية الخواص المراد قياسها.

٣-٣ منظومات الترذيذ Sputtering Systems

تستخدم عدة أنظمة لترسيب الأغشية الرقيقة بوساطة الترذيذ وهي [22]:

1- منظومة الترذيذ ذات التفريغ الغازي المتوهج بالتيار المستمر dc glow discharge .

2- منظومة الترذيذ المنحاز bias sputtering .

3- منظومة الترذيذ ذات التيار المتناوب غير المتماثلة ac asymmetric .

4- منظومة الطلاء ألآيوني ion plating .

5- منظومة الترذيذ المستأصلة getter sputtering .

6- منظومة الترذيذ المعززة (Assisted) بالمجال المغناطيسي والانبعاث الإلكتروني الحراري (Thermionic emission) .

7- منظومة الترذيذ باستخدام التردد الراديوي rf- sputtering .

8- منظومة البلازمترون الثنائي.

٤-٣ طريقة الترذيذ Sputtering Method

تتميز هذه الطريقة عن غيرها من الطرق بأنها ذات تجانس عالٍ ومعدل ترسيب قليل وذات التصاق عالٍ . وهي مفيدة ومهمة للحصول على الأغشية الرقيقة بترسيب الذرات المترذذة على الأرضيات (Substrates) . وقد كان توجه الباحثين إلى تقنية الترذيذ للحصول على الأغشية الرقيقة لأسباب عدة

تجعل لها الأفضلية على بقية التقنيات الأخرى كالتبخير مثلاً ، ومن هذه الأسباب كون كلفتها واطئة ولاتستهلك الهدف بسرعة وان امتصاصية الأغشية المحضرة بها تكون عالية كما يمكن السيطرة عليها ويمكن باستعمال طريقة الترذيذ أن نحضر شرائح رقيقة من مواد لايمكن تحضيرها بطريقة التبخير بسبب ارتفاع درجة انصهارها. وهناك عدة أنظمة لعملية تحضير الغشاء بوساطة الترذيذ هي :[23]

١- نظام الترذيذ بالتردد الراديوي (R.F.Sputtering) .

٢- نظام الترذيذ بالتيار المستمر (D.C. Sputtering) .

وسوف نتطرق إلى تناول الجزء الثاني بصورة مختصرة .

٣-٤-١ نظام الترذيذ بالتيار المستمر :

إن نظام الترذيذ بالتيار المستمر يمثل موضوع بحثنا هذا ويتضمن هذا النظام مجموعتين:

١- مجموعة الانود : تتألف هذه المجموعة من حامل الأرضية (Substrate Holder) الذي يكون إما مؤرضا (Earth) أو ذا فولتية انحيازية (Baising Voltage) وكذلك تضم هذه المجموعة الأرضية (Substrate) ويجب عزل مجموعة الانود عن مجموعة الكاثود.

٢- مجموعة الكاثود : تتألف من الكاثود الذي يكون قرصا من مادة جيدة التوصيل للتيار الكهربائي مثل النحاس أو الفولاذ ، ويفضل استخدام النحاس لتوصيليته العالية مقارنة بالفولاذ وكذلك تضمّ هذه المجموعة الهدف (Target) وهو المادة المراد ترسيبها كغشاء رقيق . ويكون قطر الهدف مناسبا بحيث تساوي مساحته جميع الأرضيات التي يترسب عليها الغشاء أما سمك الهدف فينبغي أن يكون مناسبا لعدة عمليات ترسيبية ، ويجب أن لايقل السمك النموذجي عن (٢mm) . ويجب في هذه التقنية لصق الهدف على الكاثود بصورة جيدة بحيث يكون التوصيل الكهربائي بينهما عاليا جداً ، ويجب أن يكون قطر الهدف المستخدم أكبر من قطر الكاثود (نحاس أو فولاذ) . مع ملاحظة ضرورة عزل مجموعة الكاثود بصورة جيدة عن باقي منظومة الجهاز المؤرضة (Earth) ولمنع ترذيذ مجموعة الكاثود ولجعلها بالاتجاه المطلوب يعمل حاجب ارضي (Ground Shields) حول الكاثود بحيث تكون مؤرضة تماما أو معزولة عن مجموعة الانود [23] .

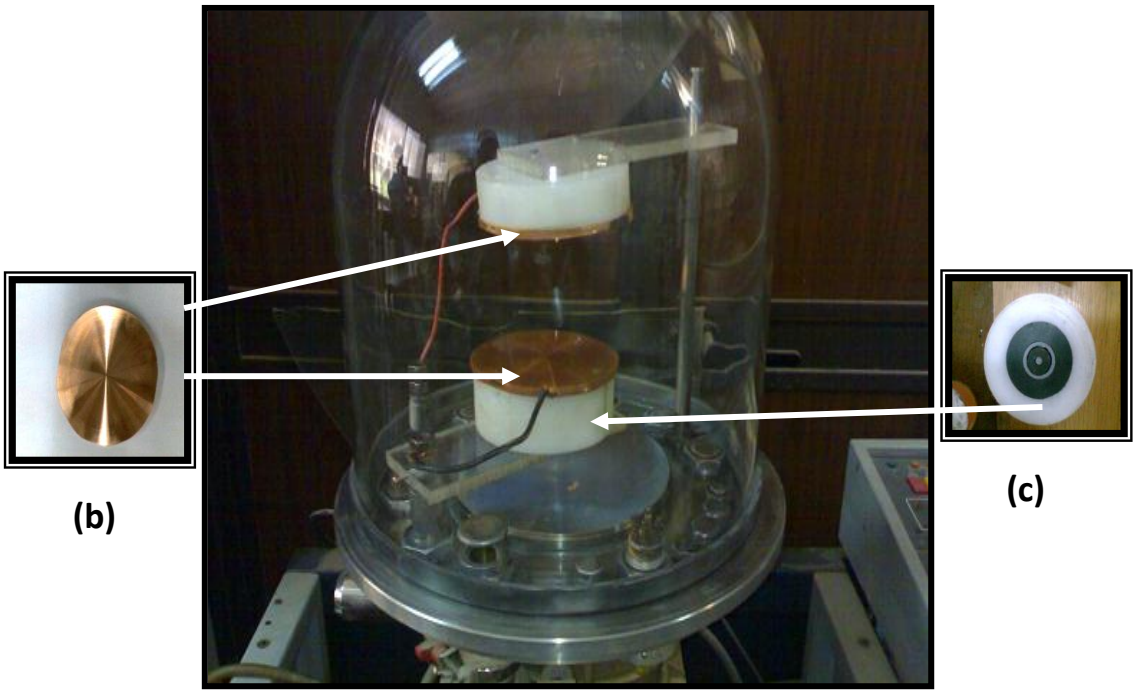
٣-٥ طريقة عمل الترذيذ Sputtering Work Method

عند تعرض سطح مادة معينة إلى القصف بجسيمات تحمل طاقة كافية لانفصال ذرات من سطح المادة ومغادرة السطح مسببة تآكل سطح الهدف ، فان هذه العملية تدعى بعملية الترذيذ ، وتدعى الذرات المنفصلة بالذرات المترذذة . أن هذه الذرات المترذذة يمكن أن تكثف على أرضية لتشكيل الأغشية الرقيقة Thin Film . وتتلخص طريقة عمل الترذيذ بتسليط جهد عالٍ تتراوح قيمته من kV (0-5) على الهدف (الكاثود) وهذا بدوره يولّد مجالا كهربائيا تعتمد قوته على قيمة هذا الجهد . ويستعمل غاز الاركون حيث نلاحظ أن ذراته المتعادلة والمستمر جريانها إلى داخل وعاء التفريغ سوف تتآين إلى آيونات موجبة وآيونات سالبة بسبب تصادمها مع الالكترونات ، حيث نلاحظ أن الآيونات الموجبة تتعجل إلى سطح الكاثود (الهدف) وتقصفه بطاقة معينة ويكون ناتج هذا القصف ذرات مقذوفة من سطح الهدف (وهو المادة المراد ترسيبها) وفي الوقت نفسه نلاحظ تولّد الكترونات ثانوية نتيجة لذلك القصف وهذه الالكترونات سوف تقوم بتآيين ذرات غاز الاركون المتعادلة وهكذا تعاد العملية من جديد أي تأين ذرات غاز الاركون المتعادلة إلى آيونات موجبة وأخرى سالبة مما يؤدي إلى توهج غاز يستمر طالما استمر جريان الغاز داخل وعاء التفريغ . وتسمى هذه العملية بالتفريغ ألتوهجي (Glow Discharge) أما عند استمرار هذه العملية فتسمى بتفريغ الاستمرار (Self Sustaining) وهناك عدة عوامل مؤثرة على معدل الترسيب بهذه الطريقة منها الضغط داخل وعاء التفريغ ، الفولتية والتيار ، المسافة بين الكاثود والانود . [24]

٣-٦ ترسيب العينات Sample Deposition

تمّ تصنيع خلية شمسية بترسيب مادة كبريتيد الكادميوم على شرائح من السليكون وأرضيات من زجاج الصودا بسمك مختلف nm (100,200,300) حيث تمّ ترسيب المادة على هدف (Target) بطريقة التبخير الحراري بالفراغ ثم بعد ذلك تمّ اخذ الهدف ووضعه في منظومة الـ (Sputtering) ثم اتبعت عدة خطوات لتحضير الغشاء بصورة متجانسة منها ضبط المسافة بين الهدف (Target) والأرضية (Substrate) ثم تشغل المنظومة بعد أن تفرغ من الهواء إلى ضغط داخلي ملائم للترسيب يصل الى mbar (3×10^{-2}) بعد ذلك يتم ضخ غاز الاركون ثم تسليط فولتية عالية تتراوح بين kV (0-1) وأثناء هذه العملية يحسب الزمن ابتداءً من تسليط الفولتية ولفترة محدودة وبعد تكملة الترسيب يترك الجهاز لمدة (60 دقيقة) إلى أن تبرد المنظومة ليكون هناك تجانسا جيدا للغشاء . ثم تكرر هذه العملية لأسماك وارتفاعات وأزمان مختلفة ثم يدرس تأثير درجة حرارة التلدين على الغشاء ولدرجات حرارة مختلفة K

(473 , 373) . ويوضح الشكل (2-3) صورة توضيحية للمنظومة المستخدمة في هذا البحث حيث يمثل الشكل (a) منظومة الترذيذ المغنتروني ونلاحظ من الشكل (b) وجود قرصين دائريين يمثلان الكاثود والانود حيث يمثل احدهما الجزء المراد وضع الهدف عليه لغرض ترسيب الغشاء منه أما القرص الآخر يمثل الأرضية وهي الجزء المراد وضع القواعد الزجاجية عليه لغرض ترسيب الغشاء عليه أما الشكل (c) فيمثل التصميم المغنتروني . وحجرة التفريغ مصنوعة من زجاج الكوارتز بارتفاع cm (35) وقطر cm (30) . تحتوي هذه الحجرة على هدفي ترذيذ مستويين مصنوعين من النحاس استخدما كقطب سالب وموجب وبقطر cm (10) وارتفاع يساوي mm (5) .



شكل (2-3) يبين (a) صورة توضيحية لمنظومة الترذيذ المغنتروني المستخدمة في الدراسة (b) حاملة قاعدة الهدف (كاثود أو أنود) (c) التصميم المغنتروني .

٣-٧ سمك الأغشية Films Thickness

إن خصائص الغشاء تتأثر بسمكه فهو عامل ذو أهمية في تحديد صلاحية الأغشية لدراسة خصائصها البصرية والكهربائية لذلك وجدت طرائق متعددة لقياس السمك وقد اختلفت فيما بينها بمبدأ عملها ودقتها في القياس. وفيما يأتي بعض الطرائق المستخدمة لقياس السمك :[24]

١-الطرائق الكهربائية.

٢-الطرائق الميكانيكية.

٣- الطريقة الوزنية.

٤- طريقة التداخل الضوئي .

٥- طريقة مرقاب بلورة الكوارتز.

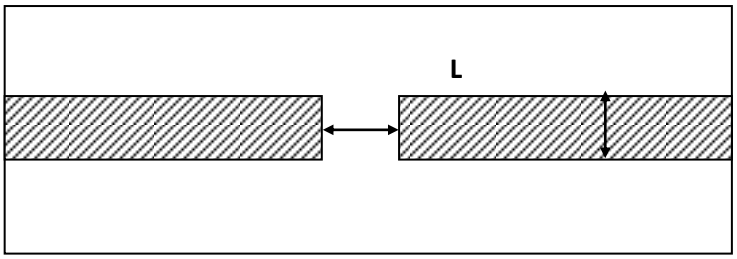
٦- طريقة المجهر الالكتروني الماسح.

وسنتناول الطريقة التي اتبعت في هذه الدراسة وهي طريقة التداخل الضوئي .

٣-٨ الاتصالات الاومية والأقنعة المستخدمة Ohmic Contact and the Masks

تجري عملية الاتصالات الكهربائية بترسيب طبقة من الألمنيوم (Al) ذي نقاوة 99.999% على الوجه غير اللماع لشريحة السليكون وبعدها يتمّ تقطيعها إلى قطع صغيرة ومن ثم يتمّ ترسيب الغشاء على الوجه الآخر للشريحة بعد ذلك يتمّ ترسيب قطب من الألمنيوم النقي لغرض عمل الاتصال الأومي وذلك باستخدام أقنعة (Masks) مرتبة على كل قطعة وتكون على شكل دائرة.

وبالنسبة إلى عينات الزجاج الخاصة بالقياسات الكهربائية المتضمنة التوصيلية الكهربائية المستمرة فقد تم ترسيب طبقة من الألمنيوم النقي وذلك باستخدام قناع خاص مبين في الشكل (4 - 3) الذي يوضح أُنموذجا للأقنعة المستخدمة لقياس التوصيلية الكهربائية المستمرة . يمثل (L) المسافة بين القطبين وتقاس بوحدة (cm) أما (w) فيمثل عرض القطب المستخدم ويقاس بوحدة (cm) أيضا .



شكل (4 - 3) القناع المستخدم لترسيب أقطاب لقياسات التوصيلية الكهربائية المستمرة

٣-٩ القياسات البصرية Optical Measurement

أجريت القياسات البصرية التي تشمل طيفي النفاذية (T) (Transmittance) والامتصاصية (A) (Absorpance) لأغشية CdS النقية ولمدى الأطوال الموجية الذي يتراوح بين nm (300-900) بوساطة جهاز (UV/VIS Spectrophotometer P4-8800) ذي الحزمتين الذي جهزته شركة (Philips) إذ يتم وضع العينة المرسب عليها الغشاء في شباك القاعدة بشكل جيد بحيث تسقط الأشعة

الضوئية بصورة عمودية على الغشاء ويتمّ كذلك استخدام عينة زجاجية مشابهة لتلك التي تم ترسيب الأغشية عليها حيث تستخدم كمرجع لإلغاء تأثير الزجاج وتبقى قيمة الغشاء الرقيق . وكذلك تم قياس فجوة الطاقة (E_g) (Energy Gap) لأسماك مختلفة nm (100,200,300) ولدرجات حرارة تلدين مختلفة K (373,473) وكذلك قياس باقي الثوابت البصرية المتضمنة معامل الانكسار(n) ومعامل الامتصاص (α) ومعامل الخمود (k) وثابت العزل بجزئيه الحقيقي (e_r) والخيالي (e_i).[25]

٣-١٠ القياسات الكهربائية Electrical Measurements

٣-١٠-١ قياس التوصيلية الكهربائية المستمرة

D.C. Electrical Conductivity Measurements

تم قياس المقاومة كدالة لدرجة الحرارة للأغشية المحضرة النقية وللمدى الحراري من درجة حرارة الغرفة ولغاية K (473) وأجريت القياسات باستخدام الكتروميتر حساس من نوع (Kiethly Digital Electrometer 616) وفرن كهربائي من نوع (memmert) ألماني الصنع بمدى K (303-523) .

وبمعرفة قيمة مقاومة الغشاء وأبعاده يمكن حساب المقاومية (ρ) باستخدام العلاقة الآتية :

$$\rho = r \times A/L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3\text{-}2)$$

حيث :

r : مقاومة الغشاء (Ω) .

L : المسافة بين القطبين (cm) .

A : مساحة المقطع العرضي لحركة الشحنات (cm^2) .

حيث يمكن حساب قيمة (A) وذلك من حاصل ضرب سمك الغشاء مع عرض القطب .

$$A = w.t \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3\text{-}3)$$

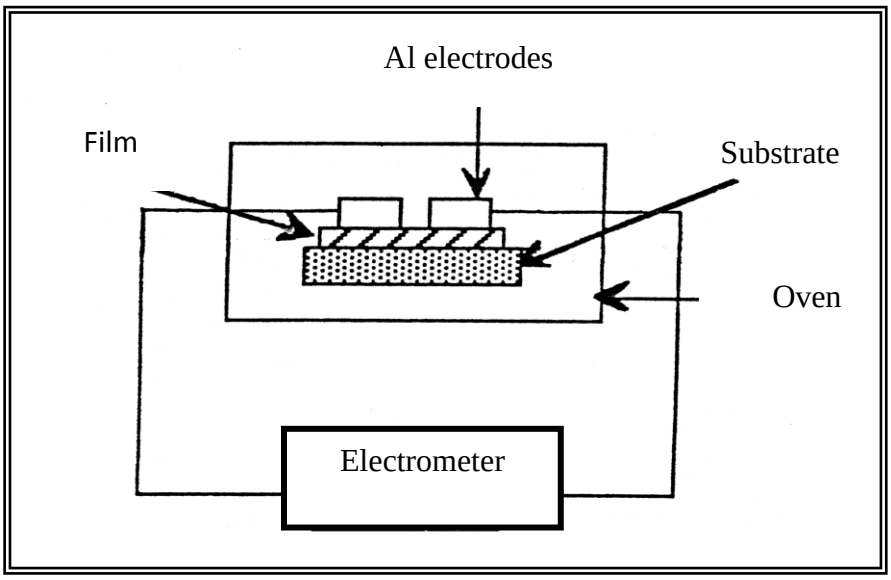
وبعد معرفة قيمة مقاومية الغشاء يمكن حساب التوصيلية الكهربائية المستمرة (σ) وحسب العلاقة الآتية :

$$\sigma = 1/\rho \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3\text{-}4)$$

تم إيجاد طاقة التنشيط للتوصيلية من حساب ميل العلاقة البيانية التي ترسم بين ($Ln\sigma$) ومقلوب درجة الحرارة (1000/T) مضروبا في ثابت بولتزمان (k_B) بوحدات (eV) بالاعتماد على معادلة ستوك (Stoke) .

$$\sigma = \sigma_o \exp [-Ea/k_B T] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3\text{-}5)$$

ويوضح الشكل (٣-٥) الدائرة الكهربائية المستخدمة لقياس التوصيلية الكهربائية المستمرة ($\sigma_{d.c}$).



شكل (3-5) الدائرة الكهربائية المستخدمة لقياس التوصيلية الكهربائية المستمرة

٣-١١ القياسات الكهربائية والفوتوفولتائية Electrical and Photovoltaic Measurements

وتشمل هذه القياسات خصائص (تيار- جهد) في حالة الإضاءة

أجريت هذه القياسات في حالة الإضاءة حيث تم تسليط شدات ضوئية مختلفة باستخدام مصباح هالوجيني نوع (PHILIPS 120 W) . أنجزت تلك القياسات في حالة الإضاءة حيث تم اخذ القياسات للشدات المجهزة كافة من المصباح الهالوجيني ثم وضعت الخلية الشمسية أسفل المصباح الهالوجيني وربطت الخلية الشمسية إلى مجهز فولتية وكذلك تم ربط اميتر على التوالي وفولتميتر على التوازي مع الدائرة لقياس قيم التيار والفولتية حيث قيست قيمة فولتية الدائرة المفتوحة (Voc) عند (I=0) وقيمة تيار الدائرة القصيرة (Isc) عند (V=0) وتم تحديد أعظم قدرة داخلة للخلية (P_{in}) ومن خلال إيجاد أعظم ناتج لـ (I_m ,V_m) ومن معرفة تيار الدائرة القصير وفولتية الدائرة المفتوحة وكذلك معرفة مساحة الخلية الشمسية المستعملة يمكن إيجاد الكفاءة باستعمال المعادلة الآتية [26] :

$$\eta = \frac{V_{oc} I_{sc} F.F}{P_{in}} \times 100\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3\text{-}6)$$

حيث تمثل (V_{oc}) فولتية الدائرة المفتوحة و(I_{sc}) تيار الدائرة القصيرة و(F.F) يمثل عامل الملء و(P_{in}) تمثل القدرة الداخلة .

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

٤-١ المقـدمة Introduction

يتضمن هذا الفصل استعراض النتائج التي تم الحصول عليها من قياسات الخصائص البصرية والتوصيلية الكهربائية المستمرة لأغشية كبريتيد الكادميوم النقية والمحضرة على قواعد من الزجاج بتقنية الترذيذ المغناطيسي وبقيم مختلفة للسمك قبل وبعد التلدين وكذلك الخواص الكهربائية والفوتوفولتائية المتضمنة قياسات خصائص (سعة – جهد) و(تيار – جهد) للخلية الشمسية (CdS/Si) ذات المفرق الهجين غير المتماثل المحضرة بهذه التقنية .

٤-٢ الخواص البصرية Optical Properties

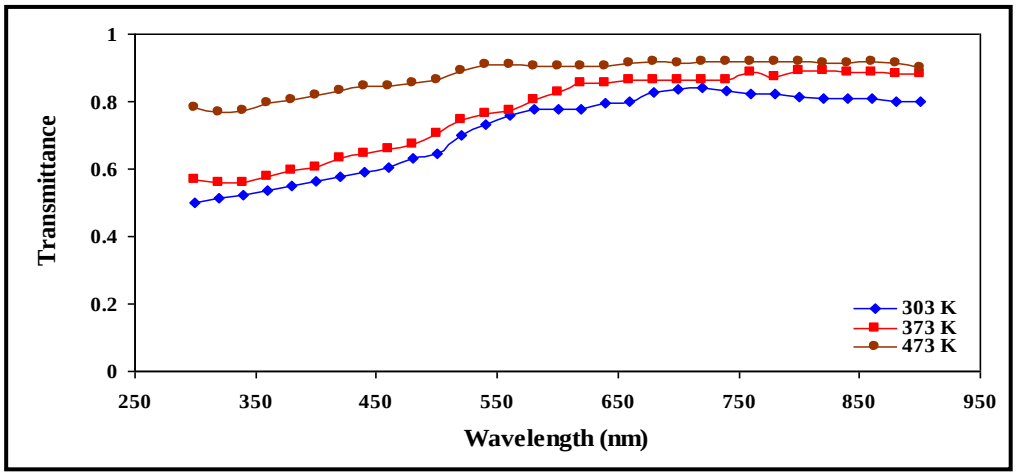
درست الخواص البصرية لأغشية CdS النقية المحضرة بسمك مختلف (100,200,300) nm قبل وبعد التلدين بدرجات حرارة مختلفة (373,473) K باستخدام جهاز (UV-VIS–Spectrophotometer) ذي المدى الطيفي الذي يتراوح من (200-1100) nm حيث تم دراسة النفاذية و الامتصاصية كدالة للطول ألموجي وحساب فجوة الطاقة البصرية ومعامل الامتصاص والثوابت البصرية كافة المتضمنة معامل الانكسار ومعامل الخمود وثابت العزل بجزئيه الحقيقي والخيالي .

٤-٢-١ طيف النفاذية Transmittance Spectra

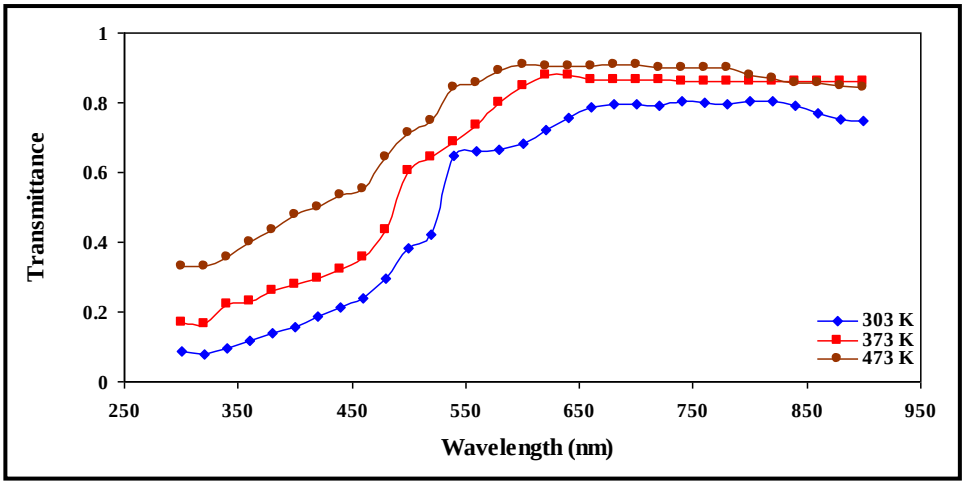
إن طيف النفاذية لأغشية كبريتيد الكادميوم المرسبة على قواعد من الزجاج والمحضرة بسمك مختلف وملدنّة بدرجات حرارة مختلفة يمكن ملاحظتها في الأشكال (1-4-2,4-3,4-4) على التوالي . نلاحظ أن قيم طيف النفاذية تنزاح باتجاه الأطوال الموجية القصيرة مع زيادة درجة الحرارة وهذه الإزاحة تعود إلى تحسن التراكيب البلورية المتمثلة بزيادة الحجم الحبيبي نتيجة زيادة درجات الحرارة ونقصان العيوب التركيبية مما يؤدي إلى تقليل المستويات الموضعية وهذا يعني تقليل الطاقة السطحية للغشاء المرسب الذي يساعد على نمو الحبيبات البلورية . نلاحظ أن أغشية كبريتيد الكادميوم تمتلك نفاذية عالية حيث تراوحت النفاذية عند الطول ألموجي (550) nm بين (75-90 %) لسمك (100)nm و(65-89 %) لسمك (200) nm و(62-87 %) لسمك (300) nm أي عند حافة الامتصاص التي تمثل الحد الفاصل بين المنطقة التي يكون فيها امتصاص الضوء عالياً والمنطقة التي يكون فيها امتصاص الضوء قليلا (المنطقة الشفافة للضوء) التي تتوافق مع الأطروحات النظرية الخاصة بفجوة الطاقة وتشير هذه النتيجة إلى أن حافة الامتصاص تمثل صفة خاصة بالمادة ولا تعتمد على طريقة التحضير وان هذه النتيجة في توافق جيد مع النتائج التي حصل عليها باحثون آخرون .

أن النفاذية تزداد بزيادة درجات الحرارة وهذا يتفق مع ماتوصل إليه الباحثون (رائد وجماعته) ، (V.Ciupinab وجماعته) ومع (A.Ashour)، ووجدنا أيضا أن النفاذية تقلّ بزيادة السمك وهذا يتفق مع ماتوصل إليه كلٌّ من الباحثين

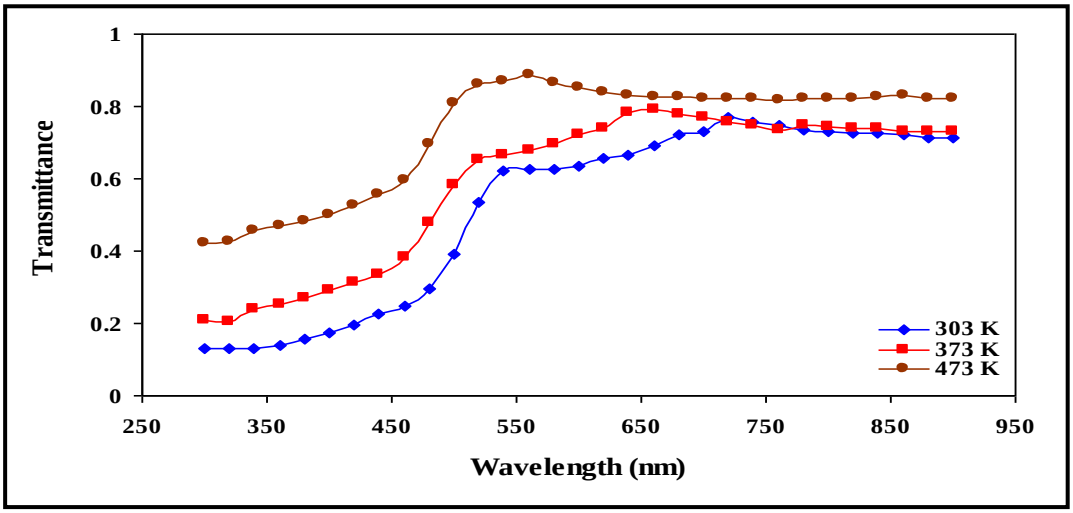
(D.Kathirvel) وجماعته و(R.Sahraei) و (Joel Pantoja) وجماعته . وتوضح الأشكال الآتية طيف النفاذية كدالة للطول الموجي في المدى الطيفي nm (300-900).



شكل (4-1) طيف النفاذية كدالة للطول الموجى عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك



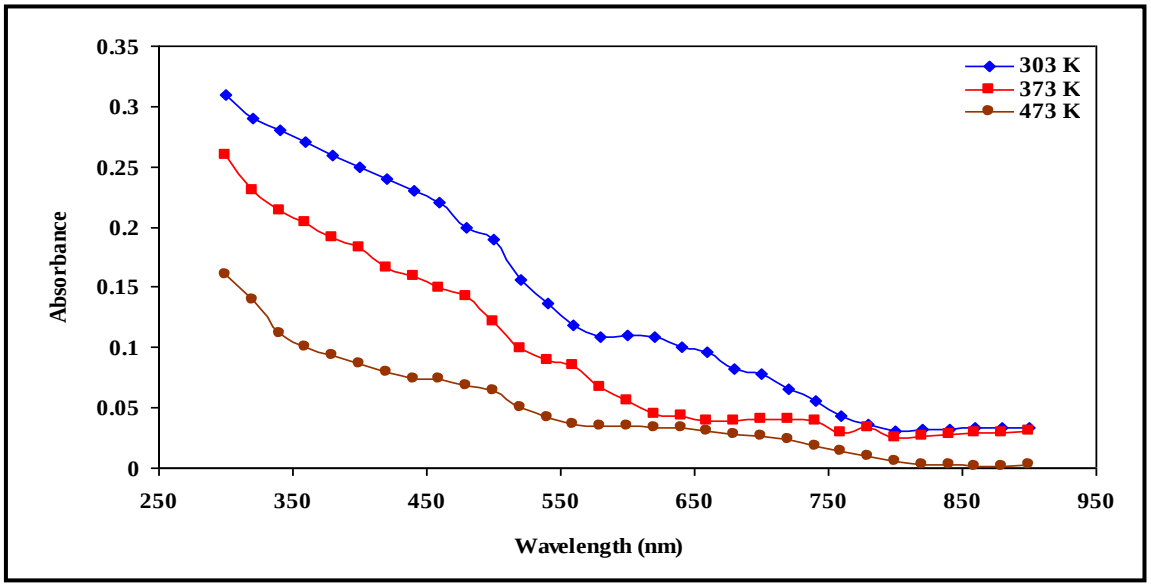
شكل (4-2) طيف النفاذية كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة



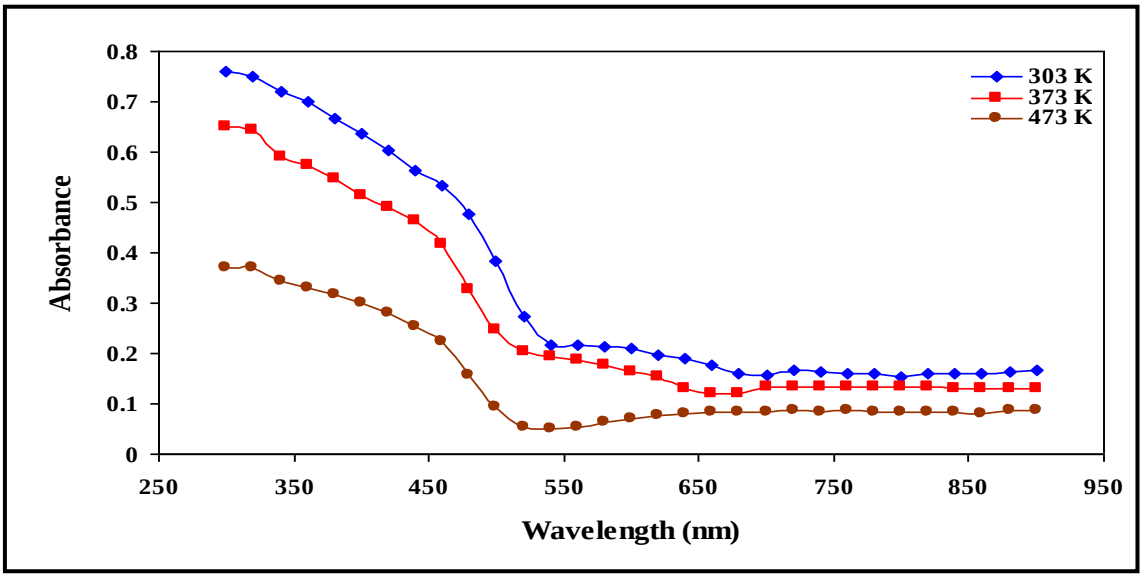
شكل (4-3) طيف النفاذية كدالة للطول الموجى عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (300).

٢-٤-٢ طيف الامتصاصية Absorpance Spectra

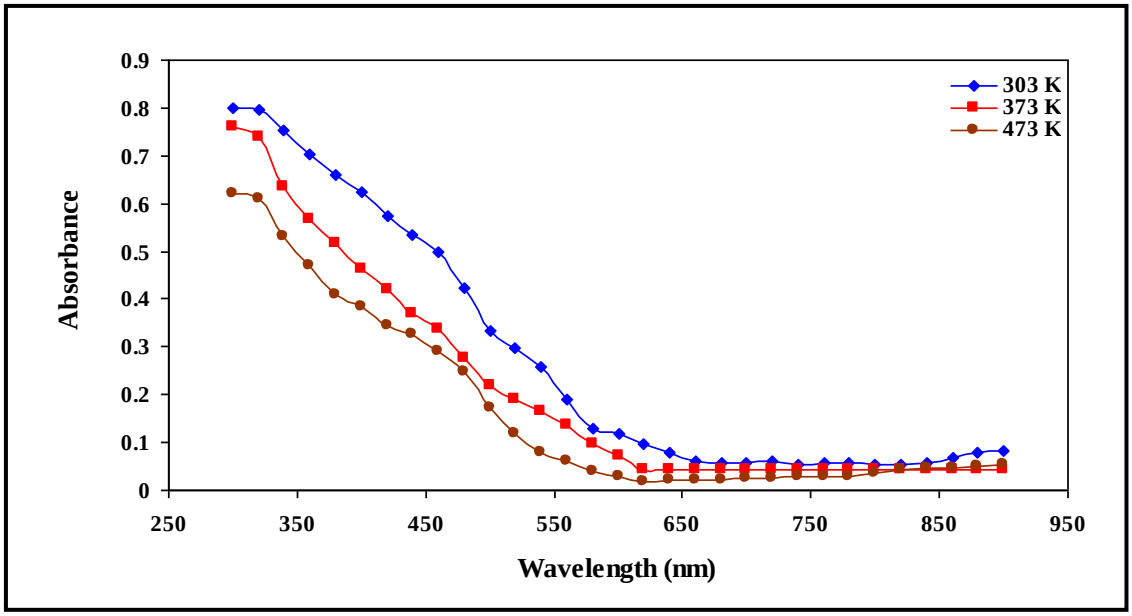
إن طيف الامتصاصية لأغشية كبريتيد الكادميوم يسلك سلوكا معاكسا لطيف النفاذية والأشكال (4-4,4-5,4-6) على التوالي توضح تغير طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي بتغير درجة حرارة التلدين والسمك حيث نلاحظ أن الامتصاصية تقلّ بزيادة درجة الحرارة وتزداد بزيادة السمك عند الأطوال الموجية القصيرة حيث تؤدي زيادة السمك إلى زيادة حاملات الشحنة مما يؤدي إلى زيادة الامتصاصية وذلك بسبب زيادة امتصاص الضوء الساقط عليها اضافة إلى كون أن النفاذية تقل بزيادة السمك .



شكل (4-4) طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (100 nm) .



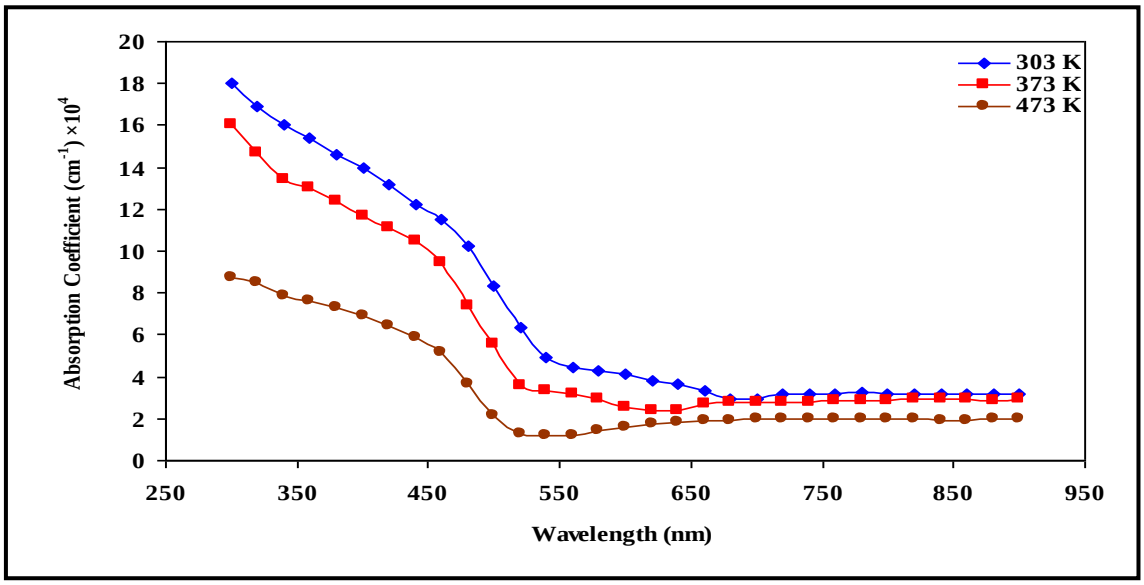
شكل (4-5) طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (200 nm).



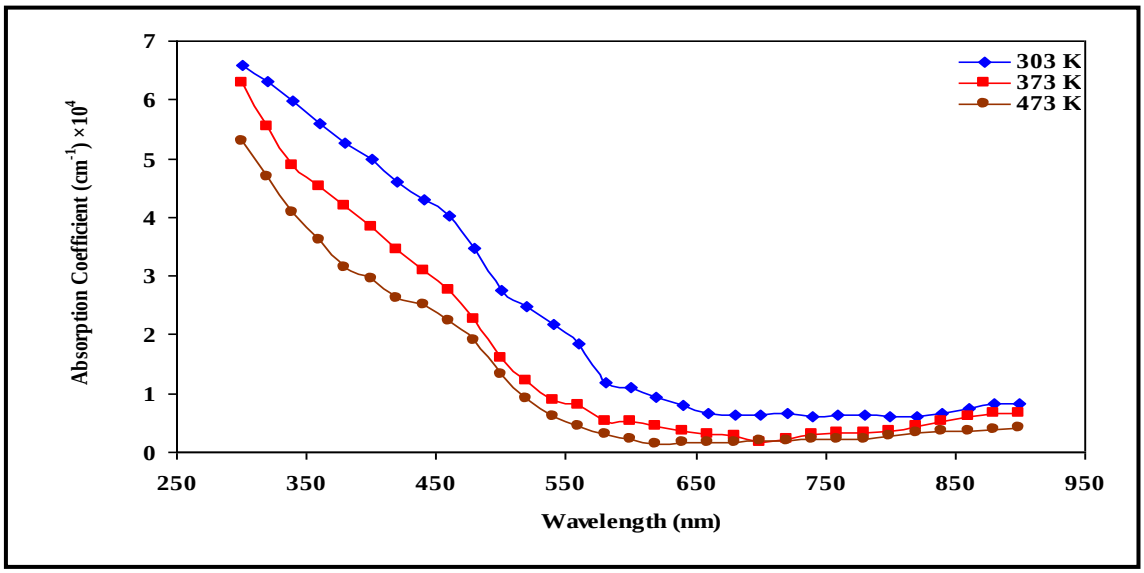
شكل (4-6) طيف الامتصاصية كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (300 nm) .

٤-٢-٣ معامل الامتصاص Absorption Coefficient

إن معامل الامتصاص البصري لأغشية كبريتيد الكادميوم قبل وبعد التلدين بدرجات حرارة (373,473) K ولسمك (100,200,300) nm كدالة للطول الموجي موضح بالأشكال (4-7,4-8,4-9) على التوالي حيث لوحظ من خلال هذه الأشكال أن أغشية كبريتيد الكادميوم ذات امتصاص قوي للفوتونات عند منطقة الأطوال الموجية القصيرة التي تتراوح بين (300-550) nm ونلاحظ من هذه الأشكال أن (α) آخذت القيم الموضحة في الجدول (4-1) عند الطول الموجي (520)nm في منطقة الامتصاص العالي . ونلاحظ أيضا من الأشكال أن قيمة معامل الامتصاص تقلّ تدريجيا بزيادة الطول الموجي ودرجة حرارة التلدين . وان السبب في هذا النقصان التدريجي ربما يعود إلى تحسن التراكيب البلورية والى زيادة فجوة الطاقة. وهذا يتفق مع ماتوصل إليه الباحثان (C.Santiago) [49] . ولاحظنا أيضا أن معامل الامتصاص يقلّ بزيادة السمك وربما يعود السبب في ذلك إلى التوزيع غير المنتظم في عمق التراكيب وهذا يتفق مع ماتوصل إليه الباحث (D.Kathirvel) وجماعته [50] . وان قيم معامل الامتصاص التي تمّ الحصول عليها تؤكد أن نوع الانتقال الحاصل هو من النوع المباشر حيث أن القيم التي تمّ الحصول عليها ($\alpha > 10^4\ cm^{-1}$).



شكل (4-7) معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (100 nm).

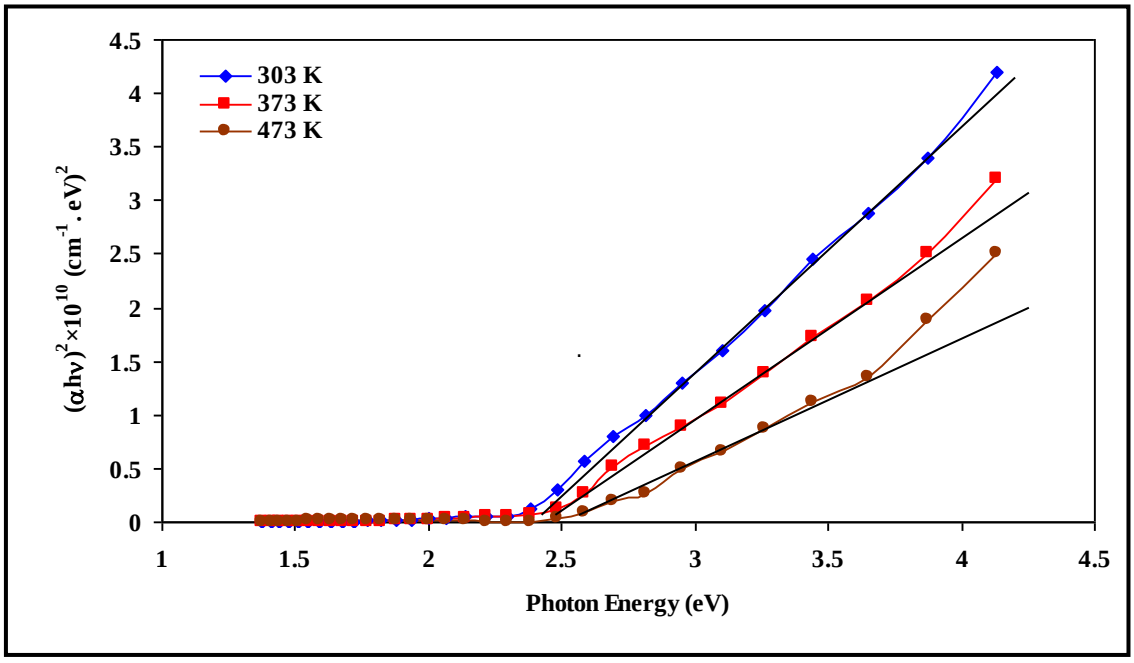


شكل (4-8) معامل الامتصاص كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (200 nm).

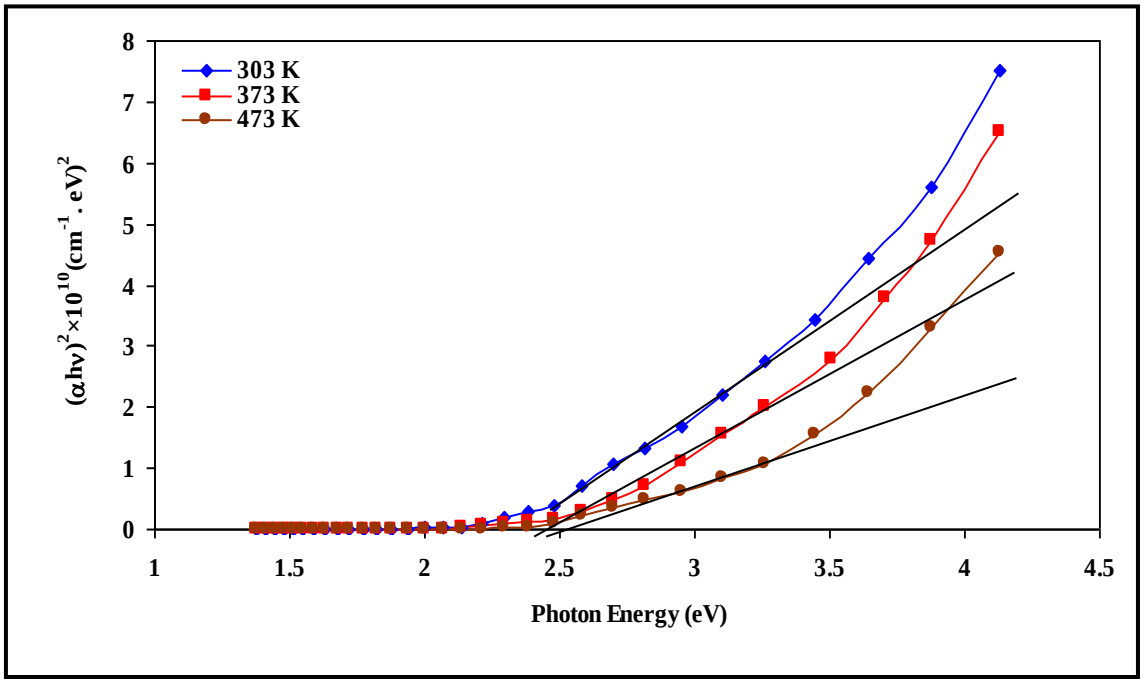
٤-٢-٤ فجوة الطاقة البصرية The Optical Energy Gap

تمّ حساب فجوة الطاقة البصرية المباشرة من المعادلة (2-12) التي تبين نوع الانتقال ، وذلك بالرسم البياني بين المحور الصادي الذي يمثل القيم $(\alpha h\nu)^2$ والمحور السيني الذي يمثل قيم طاقة الفوتون $(h\nu)$ ، وبعد تعيين المحاور وتكملة الرسم يتمّ أخذ مماس للمنحني ويتمّ إسقاطه على محور السينات حيث تمثل نقطة التقاطع قيمة فجوة الطاقة وكما موضح في الأشكال (4-10,4-11,4-12) على التوالي . فقد يتبين من الأشكال أن فجوة الطاقة قد ازدادت بزيادة درجات حرارة التلدين وهذا يتفق مع ماتوصل إليه الباحث (A.F.Eldeeb) وكذلك مع (A.Ashour) وجماعته ومع (C.Santiago) وجماعته ، ويمكن أن تفسر زيادة فجوة الطاقة البصرية عند زيادة درجة حرارة التلدين بأنَّ هذه الحرارة تؤدي إلى نمو البلورات وفي الحقيقة في الأغشية المترسبة المتعددة البلورات يكون هناك حالات موضعية بالقرب من الحافات الحركية في الفجوة فتكون الانتقالات بين هذه الحالات وتبدو (E_g) صغيرة وفي حالة رفع درجة الحرارة فان هذه الحالات

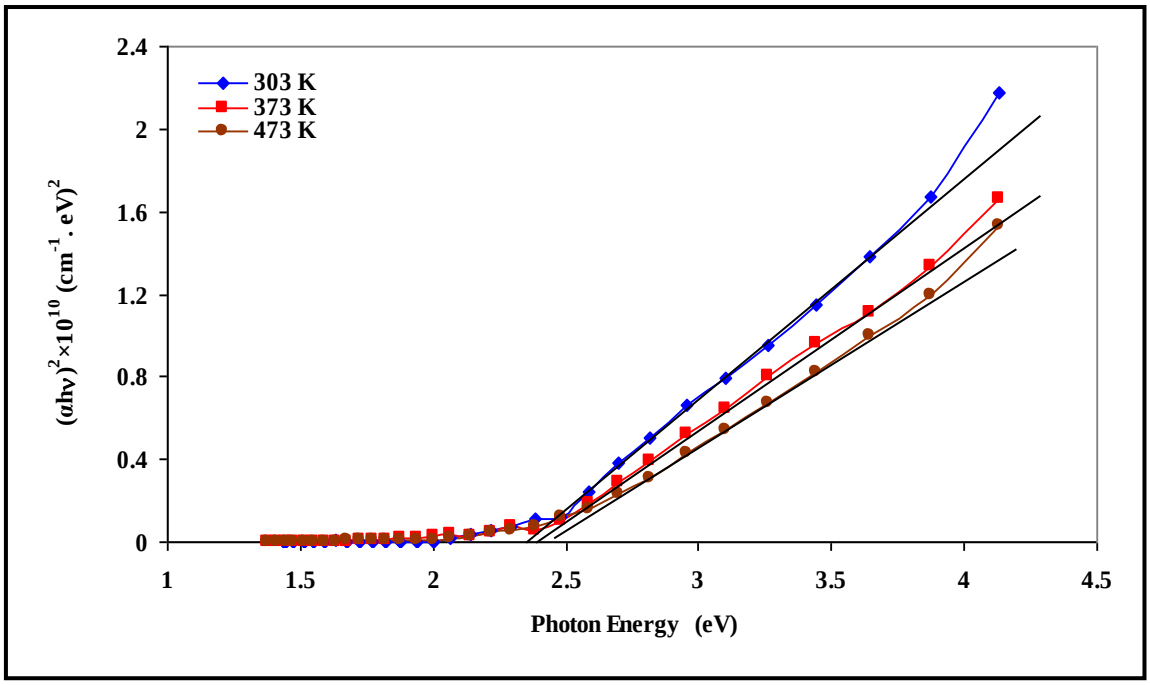
الموضعية تزول ويكون الانتقال من قمة حزمة التكافؤ إلى أسفل حزمة التوصيل وفي بعض الدرجات الحرارية قد يكون الانتقال من مستويات عميقة في حزمة التكافؤ إلى مستويات عميقة في حزمة التوصيل ، أما مايخص السمك فنلاحظ أن فجوة الطاقة تقلّ بزيادة السمك وذلك بسبب التغيرات الحاصلة في ارتفاع الحواجز لحجوم حبيبات التراكيب البلورية للأغشية والكثافة العالية للانحلال (Dislocation) وكذلك زيادة الحالات الموضعية (localized states) في فجوة الطاقة وتأثير عوامل مختلفة مثل المعاملات التركيبية وتركيز الحاملات ووجود الشوائب وهذا يتفق مع ماتوصل إليه الباحث (D.kathirvel) وجماعته و (R.Sahraei) وجماعته و (Shiquan Liu) وجماعته . والجدول (1-4) يوضح قيم فجوة الطاقة لدرجات حرارة تلدين وسمك مختلف .



(4 - 10) فجوة الطاقة كدالة لطاقة الفوتون عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (100 nm) .



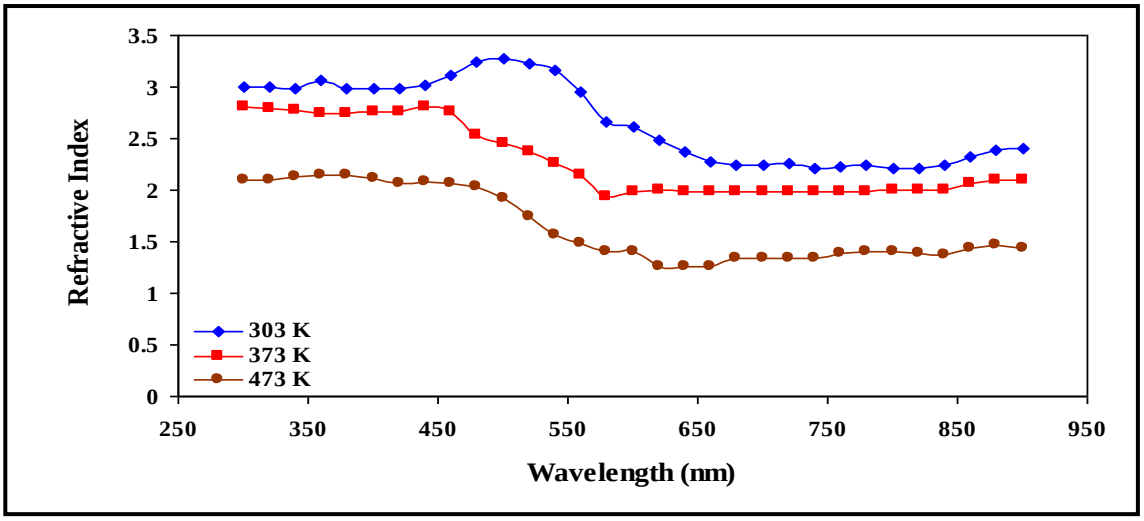
(4 - 11) فجوة الطاقة كدالة لطاقة الفوتون عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (200 nm) .



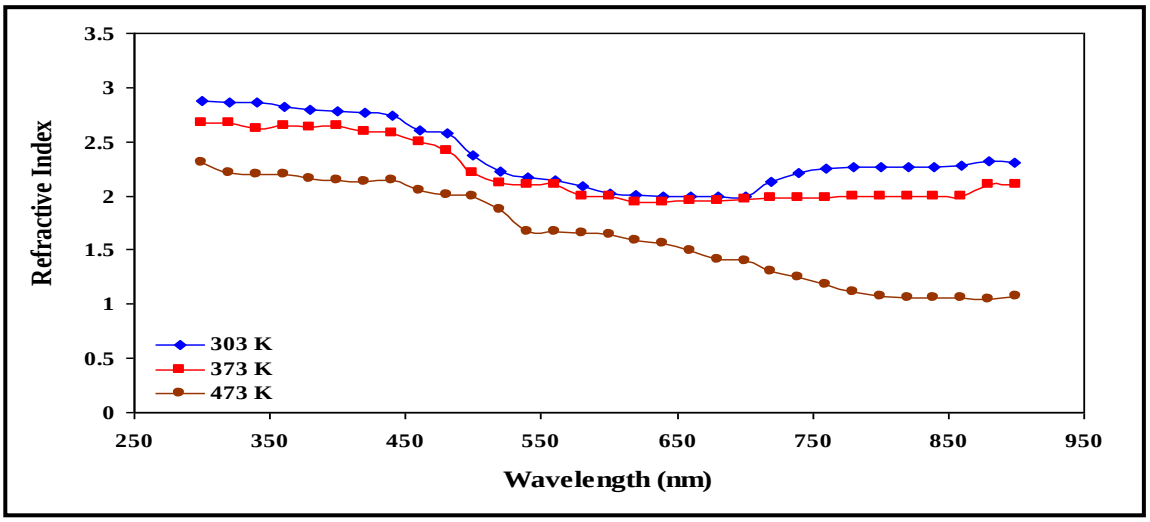
(12 - 4) فجوة الطاقة كدالة لطاقة الفوتون عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (300 nm) .

٤-٢-٥ معامل الانكسار Refractive Index

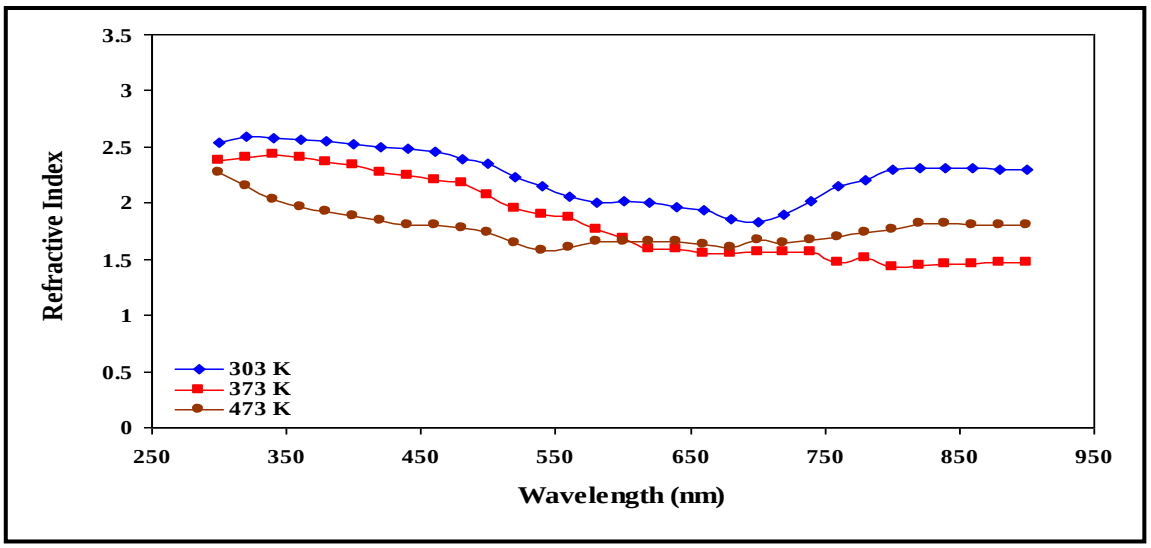
يجب أن تعطى أهمية إلى معامل الانكسار لكي تكتمل دراسة الخواص البصرية حيث يمكن من معرفة معامل الانكسار تمييز أشباه الموصلات عن المعادن والأشكال (4-13,4-14,4-15) على التوالي تبين معامل الانكسار كدالة للطول الموجي لدرجات حرارة تلدين وسمك مختلف ونلاحظ أن قيمة معامل الانكسار قد قلّت عند زيادة درجة حرارة التلدين وأنّ السبب في ذلك يعود إلى تحسن التراكيب البلورية وإلى زيادة فجوة الطاقة الذي يعود إلى تمدد الشبيكة والى نمو الحجم الحبيبي وإلى تقليل كثافة العيوب التي تعني نقصان معامل الانكسار والتي يعتمد عليها معامل الانكسار. ولاحظنا أيضا نقصان معامل الانكسار بزيادة السمك وهذا يتفق مع ماتوصل إليه الباحثون (K.EL-Assali) و (C.Santiago) وجماعته .



شكل (4-13) معامل الانكسار كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (100 nm) .



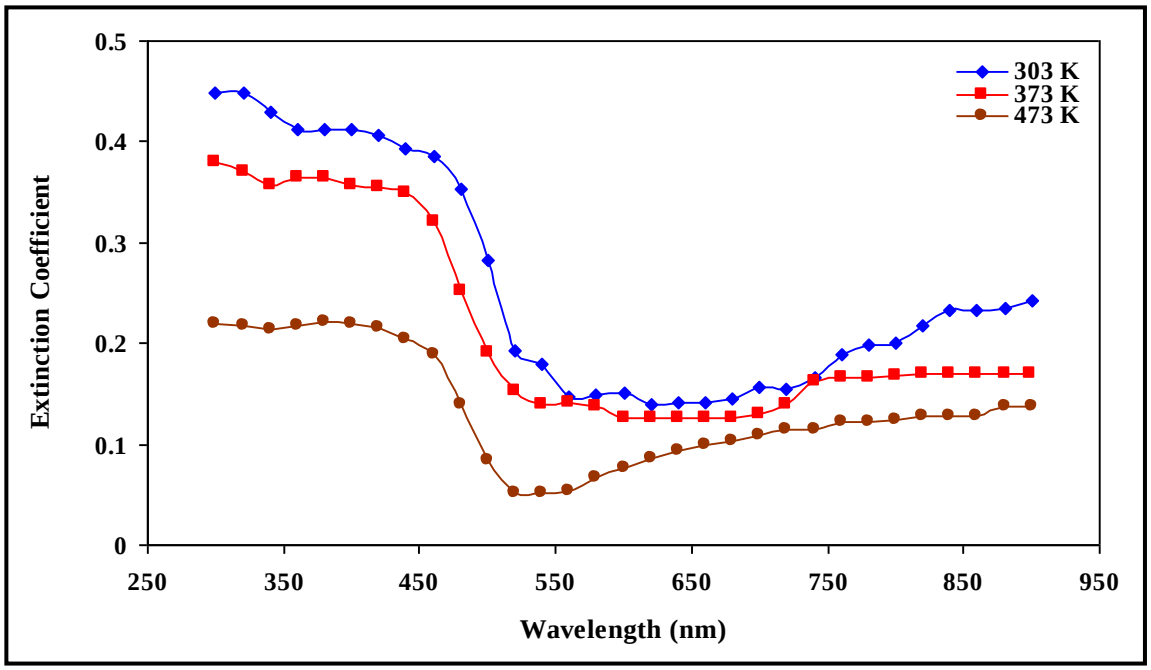
شكل (4-14) معامل الانكسار كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (200 nm) .



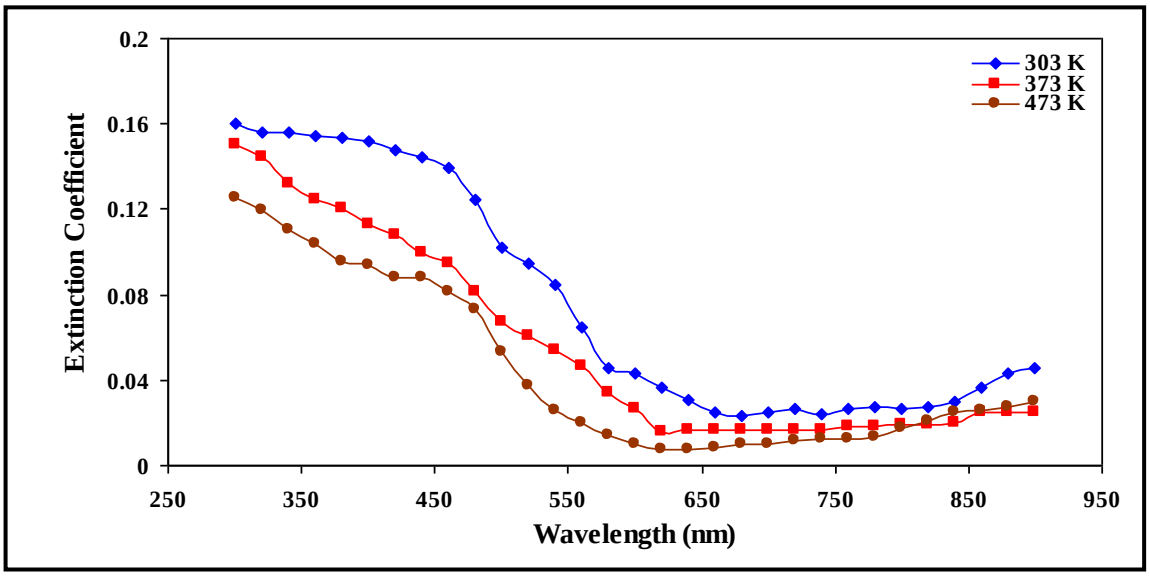
شكل (4-15) معامل الانكسار كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (300 nm) .

٤-٢-٦ معامل الخمود Extinction Coefficient

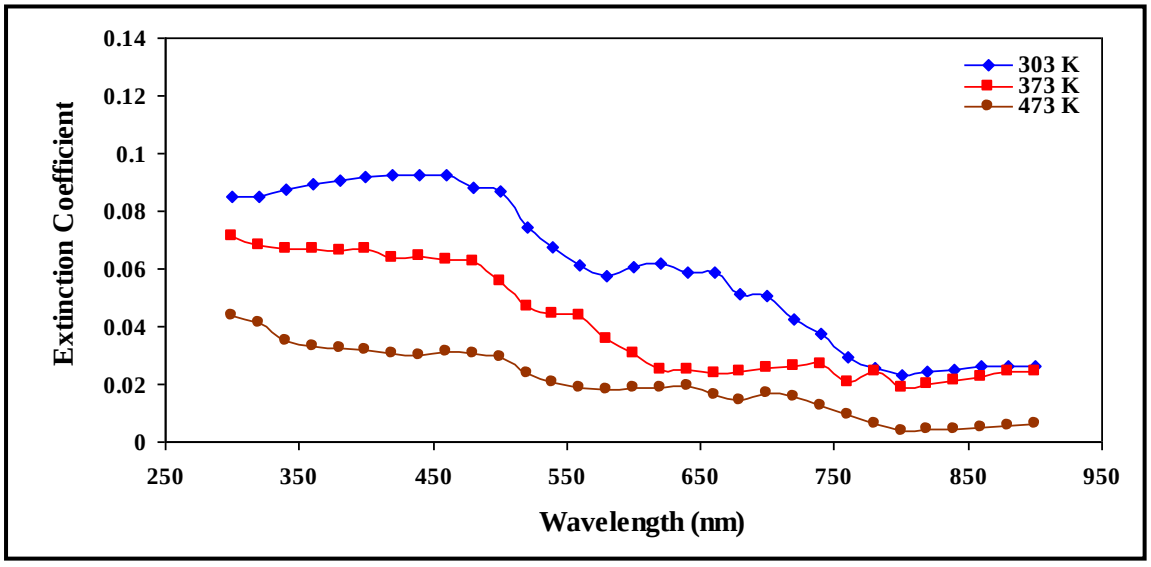
إن تصرف معامل الخمود تقريبا مشابه إلى سلوك معامل الامتصاص البصري وان معامل الخمود يرتبط مع معامل الامتصاص بالعلاقة (2-23) حيث نلاحظ وكما مبين بالأشكال (4-16,4-17,4-18) على التوالي لدرجات حرارة تلدين وسمك مختلف أن معامل الخمود يقلّ عند زيادة درجات الحرارة ونلاحظ أن قيمة معامل الخمود يقلّ تدريجيا بزيادة الطول الموجي . وأن السبب في النقصان التدريجي ربما يعود إلى تحسن التراكيب البلورية و زيادة فجوة الطاقة . وأن هذا يتفق مع ماتوصل إليه الباحثون (C.Santiago) وجماعته و (رشا عباس عبد الله) . أما بالنسبة إلى تغير معامل الخمود مع السمك فنلاحظ أنّ معامل الخمود يقلّ بزيادة السمك وكما موضح بالأشكال أدناه وربما يعود السبب في ذلك إلى التوزيع غير المنتظم في عمق التراكيب وهذا يتفق مع ماتوصل إليه الباحث (D.kathirvel). والجدول (1-4) يبَيْن تغيّر قيم معامل الخمود مع السمك ودرجة حرارة التلدين عند الطول الموجي nm (520) .



شكل (4-16) معامل الخمود كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (100 nm) .



شكل (4-17) معامل الخمود كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (200 nm) .



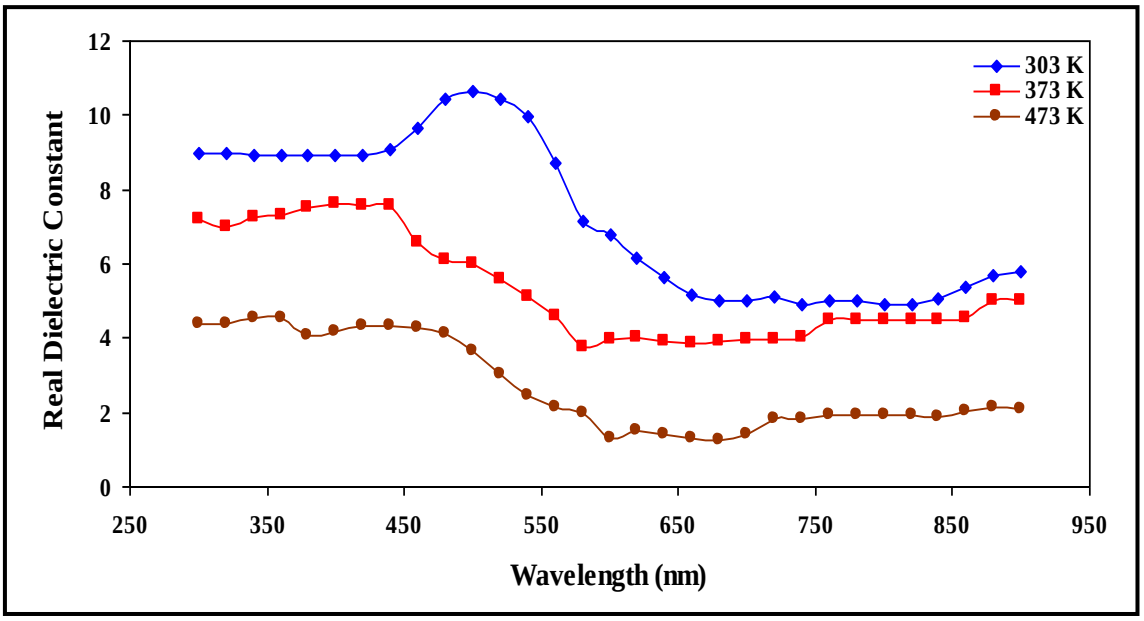
شكل (4-18) معامل الخمود كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (300 nm) .

٤-٢-٧ ثابت العزل الحقيقي والخيالي

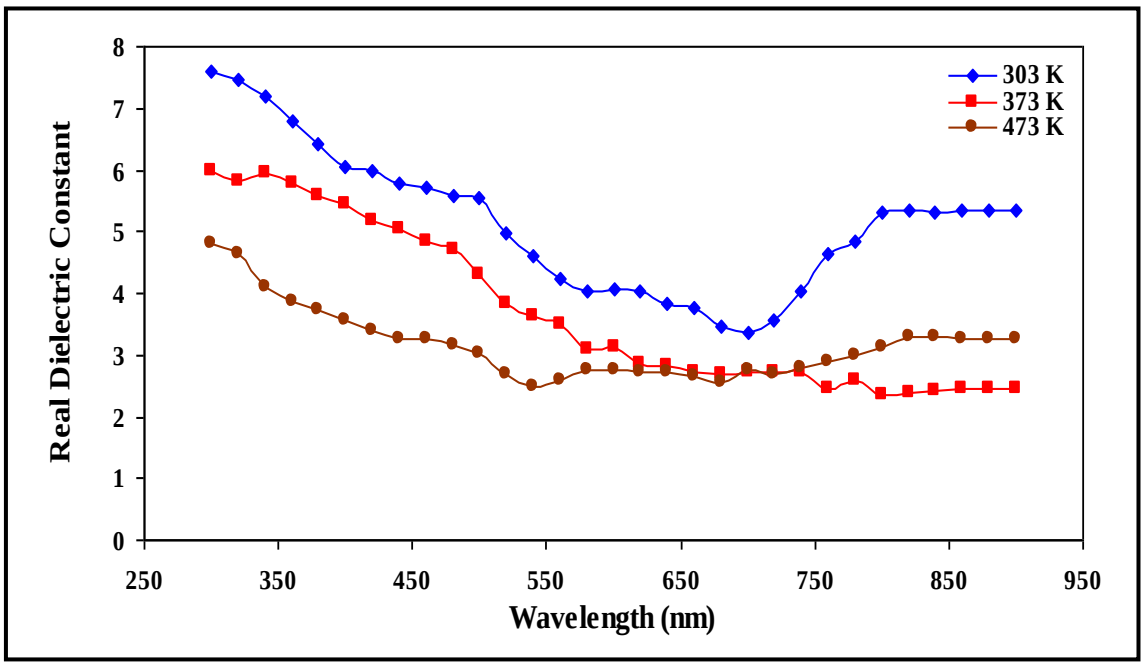
Real and Imaginary Dielectric Constant

تمثل الأشكال (4-19,4-20,4-21) على التوالي تغيّر ثابت العزل الحقيقي كدالة للطول الموجي أما الأشكال (4-22,4-24,4-23) على التوالي تمثل تغيّر ثابت العزل الخيالي كدالة للطول الموجي لدرجات حرارة تلدين وأسماك مختلفة ونلاحظ أن سلوك ثابت العزل الحقيقي مشابه لسلوك معامل الانكسار وحسب العلاقة (2-27) وذلك لأن قيمة (k^2) صغيرة مقارنة بقيمة (n^2) بينما نلاحظ أن قيمة ثابت العزل الخيالي تعتمد بصورة رئيسة على معامل الخمود وحسب العلاقة (2-28) المتعلقة بتغير معامل الامتصاص البصري . ونلاحظ أن ثابت العزل الحقيقي والخيالي يقلّان بزيادة

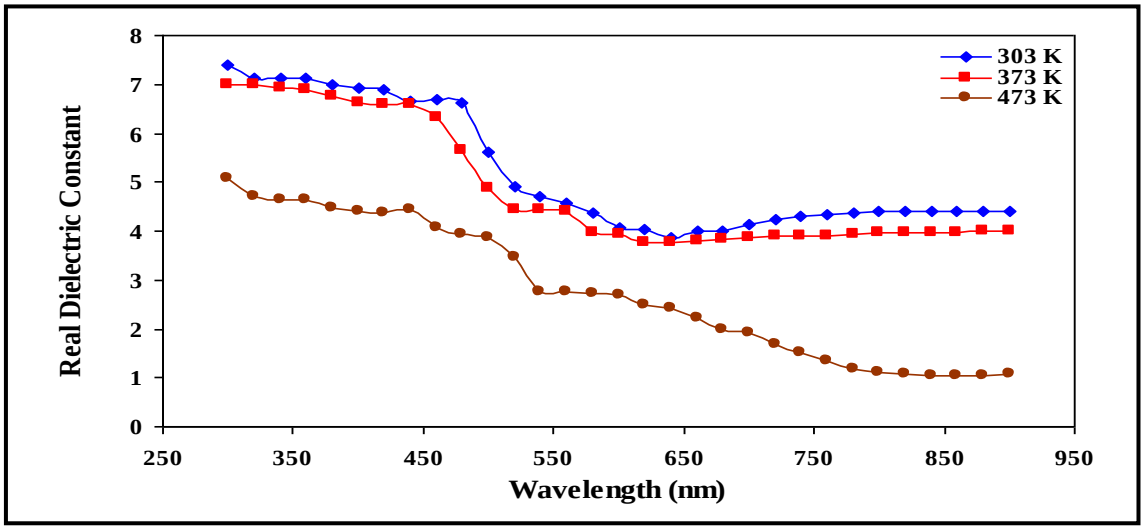
درجات حرارة التلدين والسمك . وهذا يتفق مع ماتوصلت إليه الباحثة (رشا عباس عبد الله) . كما نلاحظ من الأشكال أن قيم ثابت العزل الحقيقي والخيالي تقلّ كلما زاد الطول الموجي والجدول (1-4) يبَيْن تغيّر قيم ثابت العزل الحقيقي والخيالي مع درجات حرارة التلدين والسمك عند طول موجي ثابت (520 nm) .



شكل (4-19) ثابت العزل الحقيقي كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (100 nm) .



شكل (4-20) ثابت العزل الحقيقي كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (200 nm) .



شكل (4-21) ثابت العزل الحقيقي كدالة للطول الموجي عند درجات حرارة تلدين مختلفة وسمك (300 nm) .

ويبَيْن الجدول (4-1) المعاملات البصرية لأغشية كبريتيد الكادميوم المختلفة بالسمك nm (100,200,300) قبل وبعد التلدين بدرجات K (373,473) وأخذت هذه القياسات عند الطول الموجي nm (520) .

جدول (4-1) المعاملات البصرية لأغشية كبريتيد الكادميوم لسمك مختلف قبل وبعد التلدين عند الطول الموجي (520 (nm

Thickness (nm)	T (K)	$\alpha \times 10^4$ $(cm)^{-1}$	E_g(eV)	n	k	ε_r	ε_i
100	303	6.5	2.4	3.25	0.25	10.8	1.3
	373	4.2	2.42	2.5	0.18	6.3	0.76
	473	1.5	2.55	2.1	0.1	3.5	0.25
200	303	2.5	2.33	2.5	0.1	5.7	0.62
	373	1.5	2.37	2.4	0.08	4.6	0.3
	473	0.9	2.5	2	0.04	3	0.15
300	303	1.75	2.3	2.4	0.095	5.3	0.35
	373	1.4	2.35	2.1	0.062	4.5	0.2
	473	0.65	2.4	1.75	0.032	2.9	0.09

٤-٣ الخواص الكهربائية Electrical Properties

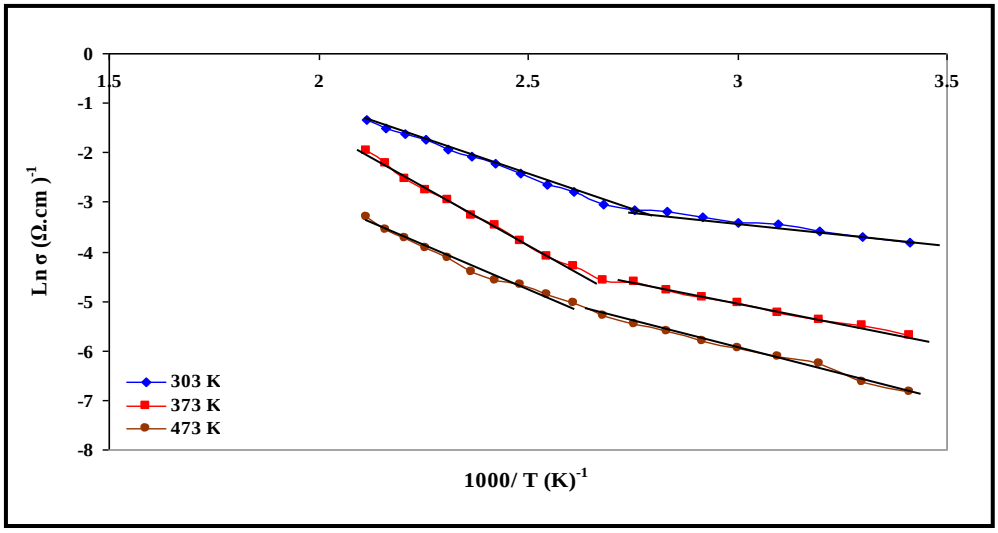
تضمنت الخواص الكهربائية دراسة التوصيلية الكهربائية المستمرة عند درجات حرارة تلدين وسمك مختلف .

٤-٣-١ التوصيلية الكهربائية المستمرة D.C. Electrical Conductivity

إن التوصيلية الكهربائية لأغشية كبريتيد الكادميوم تمّ دراستها وذلك برسم العلاقة البيانية بين (10^3/T) على المحور السيني و (Ln σ) على المحور الصادي ضمن المدى الحراري K (303-473) قبل وبعد التلدين بدرجات حرارة K (373,473) ولسمك مختلف nm (100,200,300) والتي يمكن ملاحظتها في الأشكال (4-25-26,4-27,4) على التوالي وكذلك تمّ دراسة تغيّر المقاومة الكهربائية مع تغيّر درجات الحرارة ووجد أنها تقلّ بزيادة درجة الحرارة وزيادة السمك مما يؤكد امتلاك أشباه الموصلات مقاومة ذات معامل حراري سالب الذي يؤدي بدوره إلى زيادة التوصيلية الكهربائية وكذلك تمّ دراسة تغيّر (σ) التوصيلية الكهربائية مع (T) درجات الحرارة التي يمكن ملاحظتها في الأشكال (4-28-29,4-30,4) على التوالي وكذلك تمّ حساب طاقة التنشيط ووجد أن هناك طاقتان للتنشيط ضمن المدى الحراري K (303-473) لجميع الأغشية الملدّنة وغير الملدّنة ويمكن أن يفسر ذلك على أساس اعتماد σ_o (التي تبدو كأنها ثابتة) على درجات الحرارة حيث إن ($\sigma_o \alpha T^{3/2}$) وكذلك فإن تغّير كثافة العيوب وعدم ثبوت مستوي فيرمي عند تغير درجات الحرارة لهكذا مدى يؤدي إلى تغّير طاقة التنشيط مع درجات الحرارة ، لذلك نجد أن هنالك أكثر من طاقة تنشيط واحدة ضمن المدى الحراري K (303-473) وكما يلاحظ ذلك من خلال الأشكال المذكورة أعلاه .

أن ظهور طاقتي تنشيط يدل على وجود نوعين من ميكانيكيات انتقال الشحنات أو آليتين للانتقال الالكتروني في درجات الحرارة الواطئة والعالية نسبيا ، طاقة التنشيط الأولى ضمن المدى الحراري الأول K (303-385) كما مذكور في الجدول (4-2) في جميع الأغشية المفحوصة تمثل عملية تنطط (Hopping) خلال المستويات الموضعية القريبة من حافة الحركية (Mobility edge) التي تحصل بمساعدة الفونونات الناتجة من اهتزاز الشبيكة حيث تنتقل الالكترونات من إحدى المستويات الموضعية للأخرى . في حين تمثل طاقة التنشيط الثانية ضمن المدى الحراري الثاني K (385-473) الانتقال من مسافات أبعد من حافة الحركية داخل فجوة الطاقة الذي يعني نقصان كثافة الحالات بشكل مفاجئ عند المدى الحراري المذكور لطاقة التنشيط هذه .

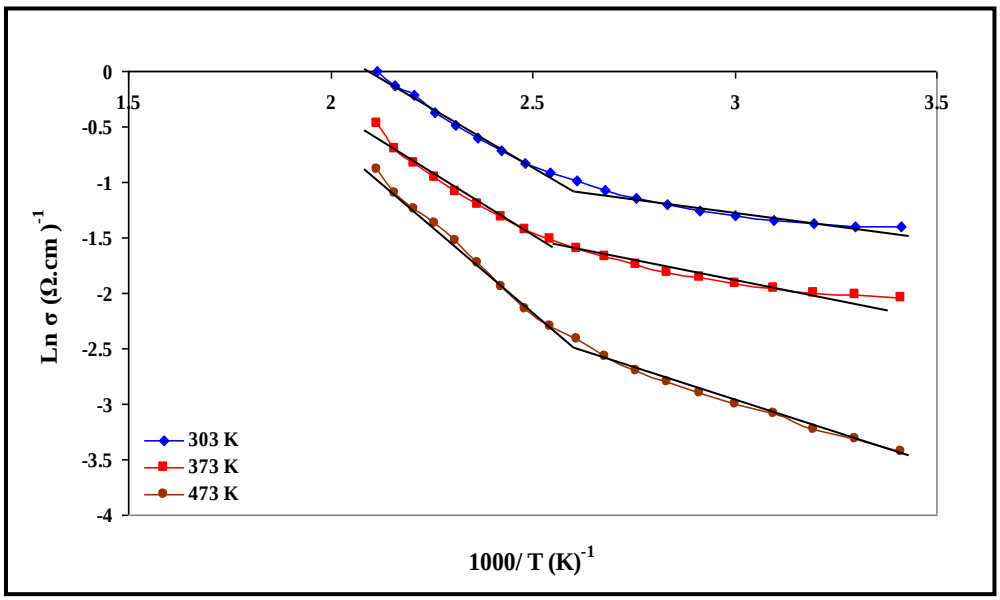
تبين الأشكال (4-25-26,4-27,4) على التوالي تغّير لوغاريتم التوصيلية (Ln σ) مع مقلوب درجة الحرارة (/000 ١T) حيث نلاحظ زيادة التوصيلية الكهربائية بزيادة درجة الحرارة وزيادة السمك . وذلك لان المقاومة تقلّ بزيادة درجة الحرارة ، أما تأثير التلدين فنلاحظ أن التوصيلية الكهربائية تقلّ كلما زادت درجة حرارة التلدين بسبب أن المعاملة الحرارية (التلدين) أدت إلى حدوث استطارة لبعض ذرات مادة الغشاء سببت في نقصان تركيز حاملات الشحنة مما أدى إلى تناقص التوصيلية ، ونلاحظ أيضا أن التوصيلية الكهربائية تزداد بزيادة السمك وهذا يتفق مع ماتوصل إليه (D.Scortescu) وجماعته .



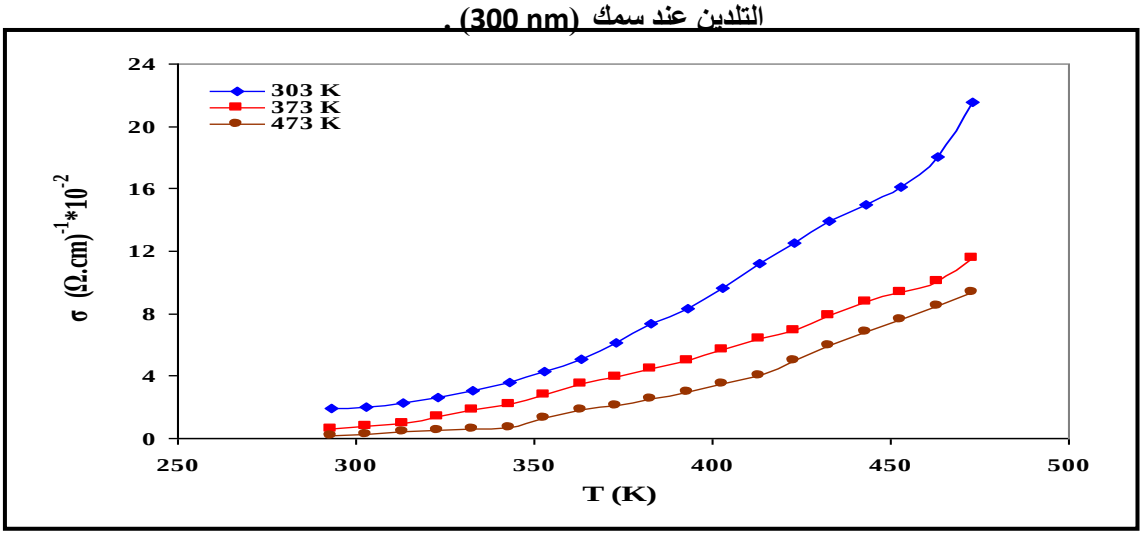
شكل (4-25) تغّير لوغاريتم التوصيلية مع مقلوب درجات الحرارة لأغشية CdS قبل وبعد التلدين عند سمك (100 nm) .

تبيّن الأشكال (4-28,4-29,4-30) التوصيلية الكهربائية كدالة لدرجات الحرارة ولأسماك مختلفة nm (100, 200, 300) قبل وبعد التلدين بدرجات حرارة K (373 , 473) حيث نلاحظ من هذه الأشكال أن التوصيلية الكهربائية تزداد بزيادة درجات الحرارة وهذا يتفق مع ماتوصل إليه الباحثون (Omar Abdul-Sattar) و (Rahul-B.) و (D.Scortescu) .

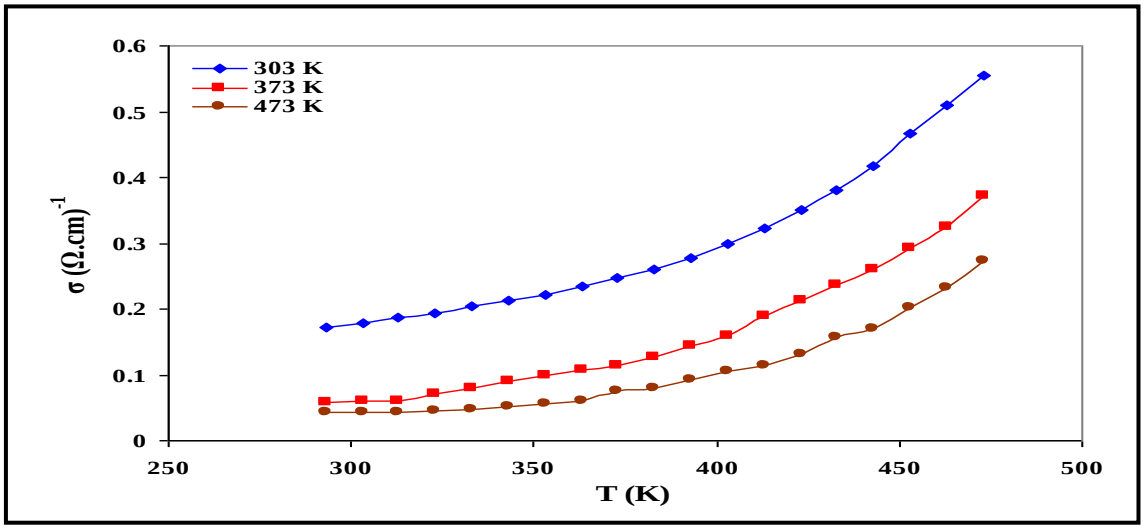
ونلاحظ أن تأثير التلدين على الأغشية يقلل من التوصيلية الكهربائية بسبب أن المعاملة الحرارية (التلدين) أدت إلى حدوث استطارة لبعض ذرات مادة الغشاء سببت في نقصان تركيز حاملات الشحنة مما أدى إلى تناقص التوصيلية ونلاحظ من الأشكال أيضا أن التوصيلية تزداد بزيادة السمك وذلك لزيادة تركيز حاملات الشحنة وبالتالي زيادة التيار المار مما يسبب زيادة التوصيلية الكهربائية وهذا يتفق مع ماتوصل إليه الباحثين (A.Ashour) و (D.Kathirvel) وجماعته و (C.Santiago) وجماعته [50] و(D.Scortescu) [50] . أما بالنسبة إلى طاقة التنشيط (E_a) فكانت هنالك طاقتان احدهما تم حسابها في درجات الحرارة الواطئة والأخرى في درجات الحرارة العالية. حيث نلاحظ أن قيم طاقة التنشيط قد زادت بزيادة درجة حرارة التلدين وقلّت بزيادة السمك وقد يعزى ذلك إلى زيادة الامتصاص ونقصان فجوة الطاقة بزيادة السمك والجدول (4-2) يبين قيم طاقتي التنشيط لأغشية CdS المحضرة بسمك مختلف قبل وبعد التلدين .



شكل (27-4) تغّير لوغاريتم التوصيلية مع مقلوب درجات الحرارة لأغشية CdS قبل وبعد التلدين عند سمك (300 nm) .



شكل (28-٤) التوصيلية الكهربائية كدالة لدرجة الحرارة قبل وبعد التلدين لسمك (100 nm) .



شكل (29-٤) التوصيلية الكهربائية كدالة لدرجة الحرارة قبل وبعد التلدين لسمك (200 nm) .

يبين الجدول (2-4) معاملات التوصيلية الكهربائية المستمرة لأغشية كبريتيد الكادميوم لسمك مختلف nm (100,200,300) قبل وبعد التلدين بدرجات حرارة K (373,473) حيث تم اخذ هذه القياسات عند تلك الظروف .

جدول (2-4) معاملات التوصيلية الكهربائية المستمرة لأغشية كبريتيد الكادميوم المحضرة بسمك مختلف قبل وبعد التلدين .

Thickness (nm)	T (K)	σ $(\Omega.cm)^{-1}$	E_{a1} (eV)	Temp.Range (K)	E_{a2} (eV)	Temp.Range (K)
100	303	0.03	0.089	303-385	0.25	385- 473
	373	0.02	0.095	303-377	0.26	377- 473
	473	0.01	0.104	303-385	0.33	385- 473
200	303	0.18	0.078	303-370	0.161	370 - 473
	373	0.08	0.087	303-364	0.169	364 - 473
	473	0.05	0.091	303-377	0.173	377 - 473
300	303	0.45	0.06	303-385	0.156	385- 473
	373	0.22	0.065	303-392	0.163	392- 473
	473	0.06	0.066	303-370	0.170	370 - 473

الفصل الخامس

٥-١ الاستنتاجات

تُعد الطاقة المتجددة طوق النجاة للعالم في المستقبل، فهي غير قابلة للنفاذ، خاصة بعد توجه العالم بشكل كبير إلى استخدام الكهرباء؛ ومن خلال البحث استنتجنا :-

- أن الطاقة المتجددة تتجدد باستمرار بصورة طبيعية، وتعتمد وفرتها على الوقت والمناخ، كما أن من أهم مميزات الطاقة المتجددة، والتي تميزها عن غيرها من الطاقة وخاصة النفط، أن الطاقة المتجددة تُعد صديقة للبيئة فهي تكاد لا تصدر أي ملوثات ضارة على الكائنات الحية.
- تُعد الوفرة إحدى الأمور التي تميز مصادر الطاقة المتجددة عن غيرها من الطاقات؛ مثل النفط، حيثُ أن الطاقة المتجددة لا تُعد حكراً لأي جهة في العالم، كما أنها تُعد نعم من الله -عز وجل-، ولا أحد في العالم يستطيع منعها عن أي دولة، كما أنها قادرة على تجديد نفسها خلال فترات زمنية قصيرة، وموجودة في أغلب دول العالم، فعلى سبيل المثال لا يوجد دولة لا يمر فيها رياح؛ لتحريك مراوح الرياح.
- ان مشاكل نموذج الطاقة العالمية ليست مشكلة موارد بالدرجة الأولى بقدر ما هي مشكلة سياسات وتكنولوجيا، فتحديد الخيارات الطاقوية البديلة يعتبر عنصرا هاما في سياق التحول نحو نموذج مستدام، والعراق إحدى الدول الذي يسعى جاهد لتكريس مبدأ المحافظة على البيئة والتنمية المستدامة للنهوض باقتصاده مستقبلا في اعتماده لسياسة طاقوية تنطلق من ايجاد العناصر البديلة الفعلية التي تحقق ذلك.
- ان التكاليف الاولية لانشاء محطات توليد الطاقة المتجددة مرتفعة مما يتطلب التخطيط الدقيق قبل البدء في عملية التنفيذ.
- ان ما تتطلبه العملية من الطاقات المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة من استثمارات في هذا المجال رغم توفر التكنولوجيا عن طريق الوحدات التطبيقية لتنمية تكنولوجيا الحرارة الفوتو فولطيه .

٥-٢ التوصيات

من المعلوم ان الدراسة الحالية توصلت الى عدة توصيات مشتركه يمكن ان تقوم بها (الجامعة والاستاذ الجامعي وبلدي العراق والبلاد العربية (الإسلامية والعالمية) ومؤسسات المجتمع .

١. تشجيع التعاون في البحوث متعددة التخصصات بمجالات الطاقة مع نشر الوعي بين أفراد المجتمع العراقي والعربي، من خلال تنظيم حملات مكثفة تتناول الحفاظ على الطاقة واستدامة البيئة.
٢. دعم الأفكار الإبداعية في مجالات الطاقة المتجددة من قبل الدولة والقطاع الخاص، من أجل تقليص الفجوة بين الأنشطة البحثية والواقع التطبيقي.
٣. استخدام وسائل ذات كفاءة عالية لتخزين الطاقة.
٤. تخفيض استهلاك الطاقة في المباني من خلال أنظمة الطاقة الحديثة.
٥. التوسع في استخدام نظم الطاقة المتجددة للمشروعات السياحية المختلفة وعلى الأخص ضخ المياه وتحليتها لكونها تستهلك كميات طاقة كبيرة.
٦. دعم توحيد جهود التخصصات المعنية بالطاقة المتجددة لتحقيق التكامل والاستفادة المثلى من مصادر الطاقة المتجددة.
٧. ضرورة تبني مشروعات بحثية بين الباحثين العرب والدوليين لإيجاد مصادر طاقة متجددة.
٨. استغلال البقايا النباتية والحيوانية في انتاج طاقة واستغلال الطحالب أيضا في إنتاج طاقة متجددة.
٩. الإستفادة من تجارب البلدان العربية في مجال الطاقة المتجددة من خلال تبادل الخبرات بصفة دورية والعمل على توحيد المواصفات القياسية وطرق اختبار النظم الشمسية في البلاد العربية .
١٠. ضرورة الاهتمام بتقنية استعمال الطاقات المتجددة وتطوير اساليب العمل فيها لتتوافق مع الظروف البيئية من اجل تحقيق ابعاد التنمية المستدامة.

٥-٣ الدراسات المستقبلية

١. البحث عن وسائل جديدة لتخزين الطاقة بكفاءة عالية .

٢. التعرف على أنواع الاسلاك المستخدمة في نقل الطاقة ، وكذلك البحث عن نوع جديد تكون اختصاصه في نقل الطاقة .

٣. اجراء تجارب لأكتشاف خلايا شمسية جديدة ذات كفاءة عالية في تحويل الطاقة الشمسية .

[1] Armaroli, Nicola; Balzani, Vincenzo (2011). "Towards an electricity-powered world". Energy and Environmental Science. 4 (9): 3193–3222.

[2] Armaroli, Nicola; Balzani, Vincenzo (2016). "Solar Electricity and Solar Fuels: Status and Perspectives in the Context of the Energy Transition". Chemistry – A European Journal. 22 (1): 32–57.

[3] International Energy Agency (2012). "Energy Technology Perspectives 2012". Archived from the original on 28 May 2020. Retrieved 2 December 2020.

[4] Jump up to:[a b] "Renewables 2022". Global Status Report (renewable energies): 44. 14 June 2019. Retrieved 5 September 2022.

[5] Jump up to:[a b] REN21 Renewables Global Status Report 2021.

[6] "Global renewable energy trends". Deloitte Insights. Archived from the original on 29 January 2019. Retrieved 28 January 2019.

[7] "Renewable Energy Now Accounts for a Third of Global Power Capacity". irena.org. 2 April 2019. Archived from the original on 2 April 2019. Retrieved 2 December 2020.

[8] IEA (2020). Renewables 2020 Analysis and forecast to 2025 (Report). p. 12. Archived from the original on 26 April 2021. Retrieved 27 April 2021.

[9] Jump up to:[a b] Ritchie, Hannah; Roser, Max; Rosado, Pablo (January 2024). "Renewable Energy". Our World in Data.

[10] Jump up to:[a b c] REN21 Renewables Global Futures Report 2017.

[11] Jump up to:[a b] "Net Zero by 2050 – Analysis". IEA. 18 May 2021. Retrieved 19 March 2023.

[12] Timperley, Jocelyn (20 October 2021). "Why fossil fuel subsidies are so hard to kill". Nature. 598 (7881): 403–405. Bibcode:2021Natur.598..403T.

[13] Timperly, Jocelyn (23 February 2017). "Biomass subsidies 'not fit for purpose', says Chatham House". Carbon Brief Ltd © 2020 - Company No. 07222041. Archived from the original on 6 November 2020. Retrieved 31 October 2020.

[14] Jump up to:[a b] Hussain, Akhtar; Arif, Syed Muhammad; Aslam, Muhammad (2017). "Emerging renewable and sustainable energy technologies: State of the art". Renewable and Sustainable Energy Reviews. 71: 12–28.

[15] Jump up to:[a b c] International Energy Agency (2007). Renewables in global energy supply: An IEA facts sheet (PDF), OECD, p. 3. Archived 12 October 2009 at the Wayback Machine .

[16] "Electricity production by source, World". Our World in Data, crediting Ember. Archived from the original on 2 October 2023. OWID credits "Source: Ember's Yearly Electricity Data; Ember's European Electricity Review; Energy Institute Statistical Review of World Energy".

[17] Friedlingstein, Pierre; Jones, Matthew W.; O'Sullivan, Michael; Andrew, Robbie M.; Hauck, Judith; Peters, Glen P.; Peters, Wouter; Pongratz, Julia; Sitch, Stephen; Le Quéré, Corinne; Bakker, Dorothee C. E. (2019). "Global Carbon Budget 2019".

[18] Harjanne, Atte; Korhonen, Janne M. (April 2019). "Abandoning the concept of renewable energy". Energy Policy. 127: 330–340.

[19] Jump up to:[a b c d e f] Ehrlich, Robert; Geller, Harold A.; Geller, Harold (2018). Renewable energy: a first course (2nd ed.). Boca Raton London New York: Taylor & Francis, CRC Press. ISBN 978-1-138-29738-8.

[20] Kutscher, Charles F.; Milford, Jana B.; Kreith, Frank (2019). Principles of sustainable energy systems. Mechanical and aerospace engineering (3rd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4987-8892-2.

[21] Ritchie, Hannah; Roser, Max (2021). "What are the safest and cleanest sources of energy?". Our World in Data. Archived from the original on 15 January 2024. Data sources: Markandya & Wilkinson (2007); UNSCEAR (2008; 2018); Sovacool et al. (2016); IPCC AR5 (2014); Pehl et al. (2017); Ember Energy (2021).

[22] "COP28: New deals and evasive tactics". The economist. 19 December 2023. Retrieved 4 April 2024.

[23] Abnett, Kate (20 April 2022). "European Commission analysing higher 45% renewable energy target for 2030". Reuters. Retrieved 29 April 2022.

[24] Overland, Indra; Juraev, Javlon; Vakulchuk, Roman (1 November 2022). "Are renewable energy sources more evenly distributed than fossil fuels?". Renewable Energy. 200: 379–386.

[25] Scovronick, Noah; Budolfson, Mark; Dennig, Francis; Errickson, Frank; Fleurbaey, Marc; Peng, Wei; Socolow, Robert H.; Spears, Dean; Wagner, Fabian (7 May 2019).

[26] "Estimating the Health Benefits per Kilowatt-hour of Energy Efficiency and Renewable Energy". www.epa.gov. 29 November 2018. Retrieved 3 May 2022.