



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية الدراسات العليا



تأثير العدسة المحدبة على تيار الخلية الضوئية

## EFFECT OF CONVEX LENS ON THE CURRENT OF PHOTOVOLTAIIC CELLS

بمحة تكمبلي لنبل ءرلة الماآسآلر فبل علوم الفلزلاء (آوامء)

إمءاء ءارسة:

الزهراء الشففع عبء القاءر

إهراء:

ء. راولة عبء الغنبل العببء مءمء

ء016ء

## الآية

قال تعالى:

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿اللَّهُ الَّذِي رَفَعَ السَّمَاوَاتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا ثُمَّ اسْتَوَىٰ عَلَى الْعَرْشِ وَسَخَّرَ الشَّمْسَ وَالْقَمَرَ

كُلٌّ يَجْرِي لِأَجَلٍ مُّسَمًّى يُدَبِّرُ الْأَمْرَ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لَعَلَّكُمْ بِلِقَاءِ رَبِّكُمْ تُوقِنُونَ ﴿٢﴾﴾

صدق الله

الرحمن ، الآية (٢) .

## الاهداء

إلى من افنى جهده وعافية لاجل ان ننعيم بمستقبل افضل . الى من ناضل لكي لا يثنينا شيء عن مسيرة العلم . الى من علمني التفاني في مساعدة الغير والى من علمني التسامح

والدي العزيز،،،

إلى من علمتني الحب والعطاء. الى من سهرت بجانبني عند حوجتي . الى من شاركتني اسرارها وجرارها الى تؤام روحي. الى معلمتي التي افخر بانني جلست امامها ونهلت من علمها دررا الى من دعمتني بالمال كي اوصل مسيرة العلم

أمي ومعلمتي الحبيبة ،،،

الى من احاطتني بحبها وغمرتني بحنانها الى التي رافقت خطواتي كثيرا في الظلام لتطمئن على وصولي بسلام حتى فارقتني بموتها

روح عمتي رحمها الله ،،،

إلى اخواني و اخواتي ،،، الذين هم مصدر سعادتني وبهجتي

إلى رفيقات دربي ومصدر دعمي صديقاتي واخواتي في الله ريم . سمية. سامية. سحر نسبية. رفيدة. سنية

الى قدوتي في العلم ووالدي الروحي ... البورفسير/ مبارك درار عبد الله

الى اختي الكبرى ومعلمتي التي استحي ان اقف امامها الا مضطرة الدكتورة/راوية عبد الغني العبيد

والى التي احبها في الله الدكتورة/امل الفكي

الى كل من تعرفت عليهم في محطات حياتي والى كل من ترك بصمة في حياتي ... الى ذاتي التي كانت المصدر الاول بعده سبحان للتحدي والعزيمة.

## الشكر والعرفان

الحمد والشكر لله رب العالمين وهو القائل في محكم تنزيله (ولئن شكرتم لازيدنكم ولئن كفرتم ان عذابي لشديد) صدق الله العظيم

الحمد لله رب العالمين الذي ميز طريق الهداية في متاهات الغواية . اللهم اجعل اعمالنا فلاحا واخرها نجاحا . اللهم اخرجني من ظلمات الوهم . واكرمني بنور الفهم . والصلاة والسلام على خير الاولين والاخرين (رسول الله صلى الله عليه وسلم).

بهذا اتقدم بوافر الشكر والتقدير الجزيل والعرفان الجميل للدكتورة الجليلة سعادة

### الدكتورة/راوية عبد الغني العبيد محمد

التي منحتني الغالي والنفيس من اجل هذا البحث الذي بين يديكم فقد منحتني من علمها الزاخر ووقتها الغالي ونصائحها المرشدة وتوجيهاتها القيمة وملاحظاتها المفيدة التي انارت لي الطريق والمضي قدما نحو هذا البحث وكانت هادية ومشجعة ومرشدة لي وهي منار العلم ومستودع البحث العلمي . نسأل الله ان يمتعها بدوام الصحة والعافية.

اتقدم بوافر الشكر والتقدير الى

للاخوات : امنة احمد -الاء الشفيق-ريم نصر الدين

والاخوين : د/محمد عبد المنعم - د/محمد صلاح الفحل

لما قدموه لي من دعم متواصل طوال فترة الدراسة.

الاستاذين / علي سليمان ... محمد منصور .... لما قدماه لي من دعم لاأجاز الجانب العملي

اتقدم بوافر الشكر واجزله الي الاساتذة الاجلاء بجامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

اتقدم بشكري وإمتناني لجامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا واطمئن بالشكر كلية العلوم قسم الفيزياء.

واتقدم بشكري وعرفاني الجميل الى افراد اسرتي لما منحوني من الدعم والتشجيع خلال فترة البحث والدراسة.

كذلك اشكر اسرة منظمة إقرأ الثقافية متمثلين في / العم عبد المنعم مؤسس المكتبة ... وجميع اعضاء المنظمة خصوصا القدامى.

## المستخلص

من خلال بعض خصائص الخلايا الشمسية تمت دراسة تأثير العدسة المحدبة على تيار الخلية الضوئية، حيث اتضح تاثير العدسة المحدبة من حيث موضعها بين المصدر والخلية وبعدها البؤري. من الحسابات خلص الى ان الكفاءة تزداد بزيادة البعد البؤري عند المسافه البعيده نسبيا اما عند المسافة القريبه نسبيا وبالرغم من ان كفاءة الخلية تزداد بشكل واضح عند مقارنتها بالكفاءة في حالة المسافة الابعد اللا ان هذه الزيادة ناتجة عن زيادة الشدة ، فان الكفاءة تكون تقريبا نفسها للبعد البؤري الاصغر اما في حالة الابعاد الاكبر نسبيا فان الكفاءة تزيد بشكل ملحوظ ايضا ، لكن الملاحظ عند البعد الاقرب انه لا يمكن الجزم بشكل دقيق على ان الكفاءة تزيد بزيادة البعد البؤري، عليه يمكن ان نخلص الى ان المسافة بين الخلية والمصدر وموضع البعد البؤري بينهما هو فقط الذي يحسم امكانية زيادة الكفاءة بناءا على ملاحظة زيادة التيار.

## Abstract

Through some properties of the photovoltaic cells were studied the effect of the convex lens on the current of photovoltaic cells, where it turns out the effect of the convex lens in place between the source and the cell and focal length. this calculation shown the increasing of efficacy related to increase of focal length at long distance relatively ;while at short distance relatively although the efficacy of cell increasing significantly when we compared with efficacy in the case of the distance But this increase resulting from the increased intensity. The efficiency also increases significantly ; But it is noticeable that when the closest dimension can not say for sure exactly To increase the efficiency increase of the focal length. Which is the only confirms that It conclude that The distance between the cell and the source and the position of focal length Which is the only confirms that the increase of efficacy is Based on the observation of current.

## الفهرست

رقم الصفحة	العنوان	الفقرة
أ	الآية	-
ب	الإهداء	-
ج	الشكر و العرفان	-
د	المستخلص	-
هـ	ABSTRACT	-
و	فهرس المحتويات	-
(3-1)	المقدمة	الباب الاول
1	المقدمة	(1-1)
2	مشكلة البحث	(2-1)
2	اهداف البحث	(3-1)
3	اهمية البحث	(4-1)
3	محتوى البحث	(5-1)
(6-4)	الطاقة الشمسية	الباب الثاني
4	المقدمة	(1-2)
5	سخانات المياه الشمسية	(2-2)
5	تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء	(3-2)
6	استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه	(4-2)
6	استخدام الطاقة الشمسية في الزراعة	(5-2)
(24-7)	الخلايا الشمسية	الباب الثالث
7	مقدمة	(1-3)
10	الخلايا الضوئية	(2-3)
11	تعريف الخلايا الشمسية	(3-3)
11	تركيب الخلايا الشمسية وكيفية عملها	(4-3)
11	مبدأ التحويل الفولط ضوئي	(5-3)
12	المكونات الفولطضوئية	(6-3)

12	المحول ذو المستويين للطاقة	(7-3)
13	كيف يعمل السيلكون كخلية شمسية	(8-3)
16	أنواع الخلايا الشمسية التجارية	(9-3)
17	كفاءة الخلية الشمسية الأولية	(10-3)
19	طرق تحسين كفاءة الخلية الشمسية	(11-3)
22	تطبيقات الخلايا الشمسية	(12-3)
22	العدسات	(13-3)
23	القواعد الأساسية لانكسار في العدسات	(14-3)
24	قواعد انكسار الضوء في العدسة المفرقة (المقعرة)	(15-3)
(42-25)	العملى	الباب الرابع
25	الهدف	(1-4)
25	الاجهزة والادوات	(2-4)
25	النظرية	(3-4)
26	الطريقة	(4-4)
27	النتائج	(5-4)
34	الحسابات	(6-4)
41	المناقشة	(7-4)
(44-43)	مخرجات البحث	الباب الخامس
43	التوصيات	(1-5)
43	الخلاصة	(2-5)
45	المراجع	-

## فهرس الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
24	جدول يوضح حالات تكون الصور بواسطة عدسة محدبة	(1.3)
27	جدول يوضح نتائج التجربة قبل وضع العدسة المحدبة على بعد 36.5 بين المصدر الضوئي والخليه	(1.4)
28	جدول يوضح نتائج التجربة بعد وضع العدسة المحدبة ذات البعد البؤري 10سم بين المصدر الضوئي والخليه ، و على 25سم عن الخليه اي 11.5سم عن المصدر الضوئي .	(2.4)
29	جدول يوضح نتائج التجربة بعد وضع العدسة المحدبة ذات البعد البؤري 15سم بين المصدر الضوئي والخليه ، و على بعد 20سم عن الخليه اي 16.5سم عن المصدر الضوئي .	(3.4)
30	جدول يوضح نتائج التجربة قبل وضع العدسة، وترك مسافة 10سم بين المصدر والخليه.	(4.4)
31	يوضح نتائج التجربة بعد وضع العدسة المحدبة ذات البعد البؤري 20سم، في حالة ان يكون البعد بين العدسه والخليه 10سم ، وترك مسافة 9سم بين العدسه و الخليه اي 1سم بينها و المصدر	(5.4)
32	يوضح نتائج التجربة بعد وضع العدسة المحدبة ذات البعد البؤري 15سم، في حالة ان يكون البعد بين العدسه والخليه 10سم ، وترك مسافة 9سم بين العدسه و الخليه اي 1سم بينها و المصدر	(6.4)
33	يوضح نتائج التجربة بعد وضع العدسة المحدبة ذات البعد البؤري 10سم، في حالة ان يكون البعد بين العدسه والخليه 10سم ، وترك مسافة 9سم بين العدسه و الخليه اي 1سم بينها و المصدر	(7.4)

## فهرس الاشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
13	تخطيط طاقي (p-n) في حالة توازن يمثل $V_B$ علو حاجز الجهد	(1.3)
13	ذرات السليكون مرتبطة مع بعضها البعض مشكلة تركيب بلوري منتظم لا يوجد فيه الكترولونات حرة	(2.3)
14	تطعيم ذرات السيليكون بذرات الفوسفور	(3.3)
15	المجال الكهربى المتولد في كل خلية كهروضوئية	(4.3)
15	فكرة عمل الخلية لكهروضوئية	(5.3)
16	تركيب خلية شمسية من خلايا كهروضوئية	(6.3)
17	الكفاءة النظرية لخلية شمسية اولية	(7.3)
19	مميز تيار جهد خلية شمسية بخط متقطع مميز مستطيل لخلية شمسية مثالية بخط مستمر مميز حقيقي يبين المنحنى $R_s$ تأثير مقاومة التوالي	(8.3)
23	يوضح مسار الاشعة في عدستين احدهما مفرغه واخرى مجمعة	(9.3)
23	مسار الضوء في عدسة محدبة	(10.3)
24	انكسار الاشعة بواسطة عدسة مقعرة	(11.3)
26	توصيل الدائرة	(1.4)
34	علاقة تربط فرق الجهد بالتيار	(2.4)
35	علاقة تربط فرق الجهد بالتيار	(3.4)
36	علاقة تربط فرق الجهد بالتيار	(4.4)
37	علاقة تربط فرق الجهد بالتيار	(5.4)
38	علاقة تربط فرق الجهد بالتيار	(6.4)
39	علاقة تربط فرق الجهد بالتيار	(7.4)
40	علاقة تربط فرق الجهد بالتيار	(8.4)

# الباب الاول

## المقدمة

### 1.1 الطاقة:

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

يمكن للطاقة الشمسية أن تختزن، فالنباتات مثلا تختزن الطاقة الشمسية في شكل مواد عضوية تساعدنا على النمو فتوفر لنا الفواكه والخضراوات والأخشاب، حين تتحول الطاقة الشمسية من خلال التمثيل الضوئي إلى طاقة كيميائية مختزنة بمواد عضوية تسمى هذه المواد وقود، وعندما يمر على هذا الوقود وقت طويل معرضا لظروف معينة يتحول إلى وقود ذو طاقة أشد تركيزا فإننا نسميه وقود إحفوري. اكتشف الوقود الإحفوري على شكل طبقات في باطن الأرض، مر على تكوينها ما بين 50 و350 مليون سنة، حيث دُفنت بفعل الترسبات كميات كبيرة من النباتات وبقايا الحيوانات الميتة وعزلت عن الهواء، وبفعل الحرارة والضغط لملايين السنين، حدث تحول كيميائي لهذه المواد، فتكون الفحم الحجري والبتروول والغاز الطبيعي. ونظرا لأن المصادر الإحفورية تتكون في ملايين السنين، فنحن لا نستطيع تعويض الكميات المستعملة بسرعة، لاسيما إذا قورنت فترة التكوين بفترة الاستهلاك، لذا فهذه المصادر غير متجددة. قديما تعرف الإنسان على مصادر الطاقة المتجددة كأشعة الشمس والرياح وتعامل معها واستفاد من طاقاتها، وتعددت أساليب استغلاله لهذه المصادر وتطورت كذلك عبر العصور على التوازي مع تطور نمط عيش الإنسان وتطور حاجاته إلى الطاقة [1]. فإلى حدود اكتشاف الفحم، كان الإنسان لا زال يستعمل الخشب كمصدر أساسي للطاقة ويعتمد على قدرته العضوية للقيام بأعمال الفلاحة ويستعمل الدواب للسفر والحروب وما إلى ذلك، كما استخدم الطاقة الشمسية لتجفيف المواد الغذائية وطاقة الرياح في دفع السفن والإبحار وفي تشغيل طواحين الرياح لطحن الحبوب، هذا إلى جانب بناء السدود للحصول على استقرار في جريان المياه. في مطلع القرن التاسع عشر ازداد عدد سكان العالم وازداد الطلب على الغذاء، والسفر السريع والملابس والسكن. وتطورت

المعرفة واخترع الإنسان الآلة البخارية واستعملها في البواخر والقطارات. وانتشرت المصانع والسكك الحديدية، وازدادت مع ذلك الحاجة إلى الوقود، فبدأ الخشب يقل ببعض المناطق، وبدأ الفحم الحجري يأخذ مكان الخشب لإنتاج الطاقة الحرارية. واكتشف الإنسان البترول وأخذ يستعمل مشتقاته شيئاً فشيئاً في الإنارة وطهي الطعام، ثم اخترعت السيارة فيما بعد فزادت من يومها الحاجة لمشتقات البترول. مع بداية القرن العشرين، بدأت تتضح صلاحية وكفاءة استعمال الكهرباء في مجالات واسعة، فلقد استعملت في الإنارة وفي إدارة المحركات الكهربائية، مما ساعد علي تسهيل سبل العيش. فسُخِّر الفحم الحجري والبترول والغاز الطبيعي، والطاقة المائية لإنتاج الكهرباء. واكتشفت فيما بعد الطاقة النووية واستعملت بدورها لإنتاج الطاقة الكهربائية لذا يبدو جلياً أنه كلما توسع نشاط الإنسان كلما ازداد طلبه على مصادر الطاقة وخاصة مشتقات البترول لسهولة نقلها وتخزينها ولتعدد استخداماتها، فظهرت أزمات أسعار الوقود، وتنبه الإنسان لمحدودية المصادر غير المتجددة، وللمشاكل البيئية التي حلت بالأرض من ارتفاع حرارة سطحها فيما عرف بظاهرة الاحتباس الحراري، وظهر ثقب الأوزون والأمطار الحمضية وتلوث البيئة، وتراجع الغابات. فبدأ الإنسان يفكر في التعامل بعقلانية مع ما تبقى من المصادر الإحفوريه وترشيد استخدامها، وتشجيع الرجوع لاستعمال الطاقات المتجددة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية. ونشهد حالياً تطوراً سريعاً للتقنيات التي تُستخدم لتحويل مصادر الطاقة المتجددة إلى طاقة كهربائية كتنوربينات الرياح والخلايا الشمسية والمجمعات والأفران الشمسية وما إلى ذلك من التقنيات [1].

## 2.1 مشكلة البحث:

فترة سطوع الشمس هي احدى العوامل التي تؤثر على تيار الخلية الضوئية وبالضرورة هذا يعني انه في حالة انخفاض معدل الاشعاع الشمسي سوف ينخفض ايضا مستوى استفادة الخلية منه وبالتالي استهلاك وقت اطول دون الحصول على القدر المرضي من الطاقة.

## 3.1 أهداف البحث:

التحقق من صحة الفرضية والتي تنص على "ان ادخال العدسة ضمن منظومة عمل الخلية الضوئية من شأنه زيادة التيار الناتج عن الخلية و باستخدام العدسات والتي هي احدى الاجهزة البصرية التي تعمل على تجميع الضوء الذي يسقط عليها من المصادر الضوئية لذلك كان من الضروري دراسة تاثيرها على التيار الناتج عن الخلية الضوئية بوضعها بين المصدر الضوئي والخلية في مواضع مختلفه لدراسة تاثير الموضع على التيار ايضا، حيث ان العدسة المحدبه تجمع الضوء اكبر مايمكن كلما ابتعد المصدر عن بؤرتها والذي غالبا مايكون اكثر كثافة عند البؤرة اي عندما يكون الجسم ابعد

مايمكن بمعنى ان يكون في ملانهاية, وبهذا يمكننا زيادة التيار او بمعنى ادق زيادة الاستفادة من الضوء الساقط.

#### **4.1 أهمية البحث:**

تكمّن اهمية البحث في عظمة الطاقة التي تصل الينا عبر الشمس حيث انها لا تنتضب مطلقا الا بفناء الحياة, كذلك ليس لها مخلفات ضارة بالبيئة, على هذا النهج فان الدراسة ذات اهمية قصوى.

#### **5.1 محتوى البحث:**

يتكون من خمسة ابواب يحتوى الباب الاول على المقدمة والباب الثانى الطاقة الشمسية والباب الثالث الخلايا الشمسية والباب الرابع العملي الباب الخامس مخرجات البحث.

## الباب الثاني

### الطاقة الشمسية

#### 1.2 مقدمة:

إنَّ استخدام الطَّاقة الشمسية ليس بالموضوع الحصري والجديد، ولكن عرفت البشرية استخدام الطَّاقة الشمسية لأغراض متنوعة منذ القرن السَّابع قبل الميلاد. لقد بدأت البشرية باستخدام الطَّاقة الشمسية بتسخين المياه داخل الزجاج وذلك عن طريق أشعة الشمس، والآن اصبحنا نستخدم الطَّاقة الشمسية في توليد الطَّاقة الكهربائية، وحتى أنَّها أصبحت تستخدم في تقنية المركبات الهجينة. ولكن كل هذا التطور الهائل الَّذي نشهده اليوم لإستخدام الطَّاقة الشمسية، ما كان إلَّا حصيلة جهود كبيرة تفانت البشرية في تطويرها والقيام عليها؛ ففي القرن السابع قبل الميلاد تم صنع قطعة من الزجاج قادرة على تركيز الإشعاع الشمسي مما سهل في عملية إشعال النيران، وفي القرن الثالث بعد الميلاد إستخدم كل من الرومان والأغريق المرايا لإشعال النيران في مشاعل ضوئية وذلك للأغراض الدينية، ولكن لم يتوقف الأمر على ذلك فقد تمكن العالم أرخميدس في بدايات العام 212 قبل الميلاد من استخدام خصائص البرونز (الدروع البرونزية) في إشعال النار في سفن الإمبراطورية الرومانية والتي كانت تحاصر مدينة سيراكيوز آنذاك وذلك بتركيز الإشعاع الشمسي عليها. وفي العام عشرين بعد الميلاد إستخدم الصينيون الطَّاقة الشمسية لأغراض دينية؛ حيث إستخدموها لإشعال النيران، وفي الفترة الممتدة من القرن الأول إلى الرابع بعد الميلاد إستغل الرومان الطَّاقة الشمسية في تأمين الدفاء في الحمَّامات وأماكن الإستجمام لديهم وذلك عن طريق بناء هذه الأماكن بطريقة تسمح بنفاذ ضوء الشمس إليها [2]. وتعرف الشمس علي أنها كرة هائلة من الغازات الساخنة، وبنسب الوزن نجد أن الهيدروجين يمثل 70% والهليوم 25% والكربون والنيتروجين والأكسجين 1.5% لكل منهم، وتمثل باقي العناصر 0.5% [1]. تصل درجة حرارة الشمس إلي 5000 درجة مئوية علي السطح وحوالي 15.000 درجة مئوية في اللب (المركز). ومتوسط المسافة بينها وبين الأرض 150 مليون كيلومتر يقطعها ضوء الشمس في ثماني دقائق ونصف، أما قطرها فيبلغ 1.4 مليون كيلومتر أي أنها أكبر من كوكب الأرض 109 مرة، وهو ما يعني أن الشمس تتسع لحوالي مليون كوكب في حجم الأرض. لب الشمس وهو المنطقة التي يتحول فيها الهيدروجين إلي هليوم، حيث يعمل فرق درجات الحرارة بين اللب والسطح إلي طرد الطاقة الناتجة نحو السطح لتخرج في شكل إشعاع (ضوء) وذلك من منطقة الإشعاع "Radiation Zone"، في الجزء الخارجي من الشمس توجد منطقة الحمل "Convection Zone" والتي يعلوها الغلاف الضوئي وهو الجزء الذي نراه من علي كوكب الأرض، ويبلغ سمكه مئات الكيلومترات ويصدر عنه طاقة تخرج في شكل أشعة مرئية. الشمس هي أقرب النجوم إلينا وبدونها لا تستمر الحياة علي كوكب الأرض، فنحن نستخدم الطاقة الصادرة من الشمس في العديد من

الاستخدامات اليومية. فالنباتات تستخدم ضوء الشمس لتنمو، والحيوانات تأكل النباتات لتستفيد من الطاقة الكامنة بها وتحولها إلي طاقة تستفيد منها، كما أن النباتات والحيوانات التي ماتت ودفنت منذ ملايين السنين تحولت إلي فحم وبتترول وغاز طبيعي، ونحن نستخدمها اليوم في تسيير المركبات والآلات، إذا فالوقود الإحفوري هو في حقيقته ضوء شمس أُخترن لملايين السنين ، ويمكننا القول أن الشمس هي مصدر كل الطاقة التي نستخدمها في الوقت الراهن[1].

## 2.2 سخانات المياه الشمسية:

في عام 1890م استخدمت سخانات المياه الشمسية في الولايات المتحدة لأول مرة، لتثبت أنها الأفضل مقارنة باستخدام أفران الخشب والفحم لأغراض تسخين المياه، بعد ذلك استخدمت النظم الشمسية في ولايتي أريزونا وفلوريدا ومناطق أخرى بأمريكا تتميز بسطوع شمسي حيث تم في عام 1920 بيع حوالي 10.000 سخان شمسي. في نفس الوقت تم اكتشاف كميات كبيرة من البترول والغاز الطبيعي في غرب الولايات المتحدة وبظهور هذه الأنواع من الوقود التي تتميز بانخفاض تكلفتها مقارنة بالطاقة الشمسية، بدأ استبدال الأنظمة الشمسية المستخدمة في تسخين المياه بالأنظمة المعتمدة علي الوقود الإحفوري. في الوقت الراهن عادت سخانات المياه الشمسية للظهور مرة أخرى، ففي كاليفورنيا وحدها يوجد نصف مليون سخان شمسي تستخدم في توفير المياه الساخنة للمنازل وأماكن العمل وحمامات السباحة. يتكون السخان الشمسي من مُجمعات شمسية وخزان ومواسير ويتألف المُجمع الشمسي من لوح ماص علي شكل صفيحة خفيفة سوداء اللون ذات قابلية امتصاص عالية للأشعة الشمسية، يُعطي اللوح الماص بطبقة أو طبقتين من الزجاج لتقليل الأشعة الشمسية المرتدة عن اللوح الماص وبالتالي تقليل الفاقد من الأشعة الشمسية، وغالبا ما يُصنع اللوح الماص من النحاس أو الألمنيوم أو الحديد، تنتقل الطاقة الحرارية من السطح الماص إلي الماء الموجود بالأنابيب فترتفع درجة حرارته وكنتيجة لاختلاف الكثافة يتحرك الماء الساخن من المجمع إلي الخزان ويحل محله الماء البارد، وبتكرار الدورة يسخن الماء الموجود في الخزان[1].

## 3.2 تحويل الطاقة الشمسية إلي كهرباء:

تستخدم الطاقة الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربائية في أمريكا توجد بعض المحطات التي تعتمد علي تقنية مرايا القطع المكافئ "Parabolic Trough" في تركيز أشعة الشمس علي ماسورة توجد أعلي مركز القطع الناقص لترتفع درجة حرارة الماء لأعلي من درجة الغليان ليتحول بعد ذلك إلي بخار يوجه إلي توربينة ومن ثم توليد الكهرباء. في صحراء كاليفورنيا يوجد عدد هائل من صفوف المرايا صُنفت فيما يعرف بمحطة الطاقة الشمسية الحرارية "Solar Thermal Power Plant" نُفِذت من خلال تسع منظومات تتراوح ساعاتها بين 13 و80 ميجاوات، إلا أن مشكلة الطاقة الشمسية أنها لا تعمل في غياب الشمس، وبالتالي ففي أوقات الغيوم والليل تتوقف هذه المحطات عن إنتاج الطاقة. لذا

فإن بعض هذه المحطات تتكون من نظام هجين "Hybrid System"، بمعنى أن تستخدم الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء نهاراً أما أثناء الليل وفي أوقات الغيوم فإن المحطات الحرارية تعمل حيث يحرق الغاز الطبيعي أو غير ذلك من أنواع الوقود الإحفوري في تسخين المياه، ويضمن النظام الهجين استمرار عمل المحطة في إنتاج الكهرباء بشكل دائم [1]. يوجد نظام آخر لإنتاج الكهرباء بالطاقة الشمسية يعرف باسم محطة قوي البرج المركزي "Central Tower Power Plant". حيث يُعكس ضوء الشمس من خلال حقل مرايا "Mirror Field" يتكون من قرابة 1800 مرآة تحيط ببرج شاهق تتحرك كلها صوب ضوء الشمس بواسطة نظام توجيه "Steering System" لتعكس أشعة الشمس نحو قمة البرج الموجود في المركز لترتفع درجة حرارة المائع "Fluid" (غالباً ما يكون زيت خاص أو ملح صخر مذائب) الموجود في قمة البرج إلى درجة عالية جداً يتحول المائع علي أثرها إلى بخار يوجه نحو توربينة لتوليد الكهرباء. كانت أول هذه المحطات المحطة التجريبية التي أنشأت عام 1980 بصحراء ولاية كاليفورنيا بإسم شمس-2 "Solar II"، والتي تبلغ قدرتها 10 ميجاوات، وقد اعتمد العلماء في ذلك الوقت علي تكنولوجيات جديدة أمكن منها تحويل أشعة الشمس إلى طاقة ميكانيكية تدير التوربينة. وتتولي هذه المحطة توفير الكهرباء للمناطق السكنية القريبة منها، ويقول العلماء أن محطات إنتاج الكهرباء بواسطة تقنية البرج المركزي يمكن أن توفر الطاقة الكهربائية لعدد هائل من المنازل يتراوح بين 100.000 و 200.000.

## 4.2 استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه:

تستخدم الطاقة الشمسية لتحلية المياه بطريقتين، الطريقة الأولى تعتمد علي استخدام الطاقة الكهربائية الناتجة من الطاقة الشمسية محل الطاقة التقليدية لاستعمالها مع التقنيات المألوفة للتحلية، أما الطريقة الثانية فتستخدم الإشعاع الشمسي لتبخير جزء من المحلول الملحي ثم تكثيفه باستخدام المُقطرات البسيطة، وفيما يلي عرض مبسط لطريقة عمل التقنية الثانية، عندما يمر الإشعاع الشمسي خلال السطح الزجاجي إلى الماء المالح الموجود في القاعدة فإنه يساعد علي تبخر جزيئاته وتكثيفها علي السطح الداخلي للزجاج لتتجمع قطرات الماء المتكاثفة في القنوات الجانبية للحوض لتصب في وعاء التجميع، ويبلغ متوسط كمية المياه المُحلاة 4 لتر/يوم لكل متر مكعب من المُقطر الشمسي.

## 5.2 استخدام الطاقة الشمسية في الزراعة:

تعتبر الطاقة أحد المتطلبات الرئيسية للزراعة وتنمية المناطق الريفية، كما أن النباتات تستخدم ضوء الشمس وثاني أكسيد الكربون والماء لتحولها إلى طاقة تنمو بها، ويمكن لمصادر الطاقة المتجددة أن تحل بعض مشاكل المناطق الريفية مثل تحويل المخلفات الزراعية إلى غاز حيوي، إلى جانب استخدام الطاقة الشمسية في ضخ المياه، والصوب الزراعية وتجفيف المحاصيل وكذلك في طهي الأطعمة [1].

## الباب الثالث

### الخلايا الشمسية

#### 1.3 مقدمة:

إعترافاً من البشرية بأهمية الشمس تم في القرن السادس بعد الميلاد سن أول قانون عرف بحقوق الشمس والذي تم من خلاله بناء غرف تسمح لاشعة الشمس بالوصول للأفراد لأن ذلك يعد من حقوقهم، وفي القرن الثاني عشر تم في أمريكا الشمالية بناء بيوت بطريقة خاصة تسمح بتجميع ضوء الشمس بالشتاء. وفي عام 1767 ميلادي كان الفضل للعالم السويسري دي سويسر هوراس في بناء أول تقنية فعلية لجمع الطاقة الشمسية والتي استخدمت لاحقاً من قبل السيد جون هيرشيل Sir John Herschel في طهي الطعام خلال زيارته إلى جنوب إفريقيا. وفي العام 1816 ميلادي حصل روبرت ستيرلينغ Robert Stirling على براءة إختراع تتعلق بالمحركات الحرارية، وفي عام 1839 ميلادي تمكن العالم الفرنسي أدمون بيكريل Edmond Becquerel إكتشاف ظاهرة التأثير الحراري photovoltaic effect وذلك من خلال تجاربه على خلية التحليل الكهربائي والتي لاحظ من خلالها إزدياد كمية التيار عند تعرض الخلية للضوء. وفي ستينيات القرن التاسع عشر إقترح عالم الرياضيات الفرنسي أغسطس موشيه August Mouchet فكرة لتشغيل المحركات الحرارية والتي شهدت النور وأبدت إسهاماً في إيجاد كثير من التطبيقات التي دخلت فيها هذه المحركات بالعقدين التاليين. وفي العام 1873 ميلادي، إكتشف يلوغبي سميث Willoughby Smith الظاهرة الضوئية بالسيليونيوم، وفي عام 1876 إكتشف وليام آدمز جريلز و ريتشارد إيفانز داي William Grylls Adams and Richard Evans Day أن السيليونيوم يولد الكهرباء عند تعرضه للضوء، ولكن فشلت حينها الخلايا السيليونومية بتوليد ما يكفي من الكهرباء لتشغيل المعدات الكهربائية. وقد إستمرت مساهمات العلماء في مجال الطاقة الشمسية حيث إخترع العالم صموئيل إنجلي Langley. Samuel P جهاز يستخدم لقياس الضوء الساقط من أضعف النجوم إلى أشعة الشمس، وفي عام 1883 ميلادية تمكن المخترع الأمريكي تشارلز فريتز Charles Fritts ، من صناعة أول خلية مصنوعة من رقائق السيليونيوم. وفي عام 1887 ميلادي، إكتشف هاينريش هيرتز Heinrich Hertz بعض خصائص الأشعة فوق البنفسجية، وفي عام 1891 تم إختراع أول سخان مياه تجاري، وفي 1904 ميلادي إكتشف ويلهلم هالواخ Wilhelm Hallwachs أن مزيج من النحاس وأكسيد نحاسي يعطي تأثيراً بالظاهرة الضوئية. وفي عام 1905 ميلادي، نشر الفيزيائي الشهير ألبرت أينشتاين Albert Einstein نشر ورقته على التأثير الكهروضوئي (جنباً إلى جنب مع ورقة عن نظريته النسبية) ، وفي 1908 ميلادي، يضح العالم وليام جيبلي أول نموذج للخلايا الحالية بتصميمها المعتمد الآن، وفي العام 1914 ميلادي لوحظ وجود طبقة الحاجز barrier layer في الأجهزة الضوئية. وفي 1918 ميلادي، طور العالم البولندي جان

كيزوشر الزكي Jan Czochralski استخدام تقنية كريستال السيليكون في مجال الطاقة الشمسية، وفي 1921 ميلادي حصل أينشتاين على جائزة نوبل نتيجة لأبحاثه سالت الذكر. وفي العام 1932 ميلادي إكتشف العالمان أودوبرت و ستورا Audobert and Stora ظاهرة التأثير الضوئي في كبريتات الكاديوم، وفي العام 1953 ميلادي تمكن الدكتور دان تريفتش Dr. Dan Trivic من وضع طريقة رياضية لحساب كفاءة المواد المستخدمة بناءً على نطاق الطاقة band gap في كل منها. وبعدها بعام شهدت الولايات المتحدة الأمريكية تطوير أول خلية شمسية سيليكونية على يد كل من داريل شابين، كالفين فولر، وجيرالد بيرسون Gerald Pearson, Daryl Chapin, Calvin Fuller وكانت حين ذن بكفاءة 4% ولكن سرعان ما تم تطويرها لتصل إلى 11%. وسرعان ما تم الترويج لهذه التقنية تجارياً على مستوى واسع حيث أنه في العام 1954 ميلادي، بدأت ويسترن إلكترونيك term Electric Wes لبيع الرخص التجارية للسيليكون الضوئية (PV)، وكان لهذه التقنية أثر كبير في التنمية والنهضة في الولايات المتحدة خاصة بعد التأثير الكبير لقطاعات الطاقة فيها في الحرب العالمية الثانية. وفي منتصف خمسينيات القرن العشرين ساهم المهندس المعماري فرانك بريدجر Frank Bridgers بتصميم أول مكتب تجاري في العالم يستخدم الطاقة الشمسية في تسخين المياه، وفي العام 1956 ميلادي بدأت الأبحاث تجرى لإدخال تقنية الخلايا الشمسية إلى مجال الفضاء لتكون مزود للطاقة في الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض. وبعدها بعام حققت شركة هوفمان إلكترونيك Hoffman Electronics إنجازاً بصنع خلية شمسية بكفاءة 9% ، وفي العام 1958 ميلادي دخلت الخلايا الشمسية مجال الفضاء فعلياً. وفي عام 1959 ميلادي، عادت شركة هوفمان إلكترونيات لتحقيق كفاءة 10% للخلايا الشمسية، وهي متاحة تجارياً في ذلك العام، وفي 1959 ميلادي، (أطلق القمر الصناعي إكسبلورر السادس) والذي كان يستخدم تقنية الخلايا الفوتوضوئية الخلايا الشمسية بشكل كبير [2]. وبعدها بعام قامت هوفمان بتطوير الكفاءة لتصل 14%، وإزدهرت خلال ذلك العام أيضاً صناعة الخلايا الشمسية من السيلينيوم والسيليكون في عدد من الشركات. وفي 1962 ميلادي، مختبرات جرس الهاتف تطلق القمر الصناعي الأول للاتصالات ، وكان يستخدم تقنية الخلايا الشمسية، وفي العام 1963 ميلادي، بدأت شركة سارب Sharp Corporation بإنتاج خلايا السيليكون لإنتاج الكهرباء. وفي العام 1963 ميلادي، زودت اليابان أكبر منارة في العالم آنذاك بنظام خلايا شمسية يمولها بمقدار 242 واط من القدرة، وبعدها بعام واحد أطلقت وكالة ناسا قمر صناعي مدعوم بنظام شمسي يولد 470 واط من القدرة. وفي العام 1965 ميلادي، وضع بيتر جلاسر Peter Glaser أول تصور لمحطة طاقة شمسية فضائية، وفي 1966 ميلادي أطلقت ناسا أول مرصد فلكي مداري ، مدعوم بنظام شمسي قادر على تزويده بكيلووات من القدرة وكان هدفه هو توفير البيانات الفلكية، وفي 1969 ميلادي تم إختراع الفرن الشمسي في فرنسا. وفي سبعينيات القرن العشرين، قام الدكتور إليوت بيرمان rD.Elliot Berman، بمساعدة من شركة إكسون Exxon Corporation، بتصميم خلايا الشمسية

أقل تكلفة، ليصل سعر السهم من 100 دولار للواط إلى 20 دولارا للواط، مما ساهم في تعزيز استخدام تقنية الخلايا الشمسية على المستوى المنزلي وبداية وجود الأنظمة المتصلة مع الشبكة gridconnected. وفي 1972 ميلادي قام الفرنسيون باستخدام كبريتيد الكاديوم بتشغيل تلفزيون يستخدم في العملية التربوية في أحد مدارس قرى النيجر، وفي العام ذاته تم تأسيس معهد تحويل الطاقة في جامعة ديلاوير [2]. University of Delaware لإجراء البحث والتطوير في الأغشية الرقيقة الضوئية (PV) و الطاقة الشمسية للأنظمة الحرارية، ليصبح أول مختبر في العالم مكرسة للبحث والتطوير. وفي عام 1976 ميلادي، مركز أبحاث ناسا لويس NASA's Lewis Research Center يبدأ بتركيب 83 من أنظمة الطاقة الشمسية في كل القارات باستثناء استراليا، حيث توفر هذه النظم مثل الطّاقة لعدد من التطبيقات مثل تبريد اللقاحات في المراكز الصّحيّة، إضاءة الغرفة، وإضاءة العيادة الطبية والاتصالات وضخ المياه وطحن الحبوب، وتشغيل التلفزيون ومد الفصول الدراسية بالطّاقة اللّازمة. وفي عام 1976 بدأ استخدام السيليكون غير المتبلور في الخلايا الشمسية، وفي العام 1977 الميلادي أطلقت وزارة الطّاقة الأمريكية معهد بحوث الطّاقة الشمسية، وفي العام نفسه وصل إنتاج القدرة الكهربائية من تقنية الخلايا الشمسية إلى 500 كيلوات. وفي عام 1978 ميلادي، مركز أبحاث لويس ناسا NASA's Lewis Research Center يخصص نظام من الخلايا الشمسية بقدرة 3.5 كيلوات في جنوب منطقة أريزونا Arizona حيث يستخدم هذا النظام لتوفير لضخ المياه والكهرباء السكنية في 15 منزلا حتى عام 1983. وفي عام 1980 ميلادي، حققت شركة أركو ARCO سبّقاً تجاريّاً حيث أصبحت الشركة الأولى التي تنتج أكثر من قدرة واحد ميغاواط من الخلايا الشمسية في العام الواحد، وفي نفس العام قامت جامعة ديلاوير University of Delaware بصناعة رقائق من الخلايا الشمسية تصل قدرتها إلى 10%، حيث صنعت باستخدام كبريتيد النحاس وكبريتيد الكاديوم. وفي عام 1981 ميلادي، قام بول ماكريدي Paul MacCready طائرة تعمل بالخلايا الشمسية، وفي العام التالي شهدت كاليفورنيا أول محطة لتوليد الطّاقة الكهربائية من الطّاقة الشمسية بواقع واحد ميغاواط من القدرة ، ومن العام نفسه شهد العالم اول سيارة تعمل بالخلايا الشمسية في إستراليا، وأيضاً قامت وزارة الطّاقة في الولايات المتحدة الأمريكية بنفس العام بإطلاق عدد من المشاريع في مجال الطّاقة الشمسية مع عدد من الشركات. وفي عام 1982 ميلادي، قامت شركة فولكس واجن Volkswagen الألمانية باستخدام الخلايا الشمسية على أسطح المركبات لتغذية نظام الإشعال ignition system، وفي العام ذاته مركز فلوريدا للطّاقة الشمسية. وبدعم وزارة الخارجية الأمريكية يعزز استخدام الطّاقة الشمسية في المجالات الهندسية، وفي ذلك العام أيضاً تجاوز الإنتاج العالمي من الطّاقة الكهربائية باستخدام الخلايا الشمسية 9.3 ميغاوات. وما زالت تكنولوجيا الخلايا الشمسية وإستخدامها بتطوّر ، حيث قامت في العام التّالي شركة أركو ببناء محطة توليد للطّاقة الكهربائية بقدرة 6 ميغاواط في وسط كاليفورنيا، وتم أيضاً تصميم منازل لها الإعتمادية الذاتيّة بتوليد الطّاقة

الكهربائية حيث وصلت القدرة المولدة في كل منها إلى 4 كيلوات وذلك في وادي نهر هدرسون، وتجاوز في ذلك العام الإنتاج العالمي من الطاقة الكهربائية بهذه التقنية 21.3 ميغاواط مع مبيعات فاقت 250 مليون دولار. وفي عام 1985 ميلادي، شهدت كفاءة الخلايا الشمسية تطوراً كبيراً حيث تمكنت جامعة ساوث ويلز من إنتاج خلية شمسية من السيليكون تصل كفاءتها إلى 20%، وفي عام 1986 بناء أكبر منشأة للطاقة الشمسية الحرارية 1986 في العالم، وتقع في تقاطع كرامر، كاليفورنيا، حيث يتضمن نظام الطاقة الشمسية هذا صفوف من المرايا التي تعمل على تركيز طاقة الشمس على نظام الأنابيب التي تعمل على نقل السوائل. وفي العام 1988 ميلادي، حصل الدكتور ألفين ماركس Alvin Marks. Dr على براءة اختراع لتطويره تقنية الخلايا الشمسية، وفي عام 1992 ميلادي طورت جامعة فلوريدا كفاءة الخلايا المصنوعة من تيلوريد الكاديوم cadmium telluride لتتجاوز 15% وفي عام 1994 ميلادي، تم تطوير الخلية المصنوعة من Gallium indium phosphide and Gallium arsenide لتتجاوز كفاءتها 30%، وفي عام 1996 ميلادي الطائر الأكثر تطوراً في العالم والتي تعمل بالخلايا الشمسية تطلق فوق ألمانيا، ويستمر التطوير في مجال الطيران، حيث ظهرت في عام 1998 ميلادي، أول طائرة تعمل بالطاقة الشمسية ويتحكم بها عن بعد. وفي عام 1999 ميلادي تستخدم أطول ناطحة سحاب في مدينة نيويورك الخلايا الشمسية، وتم تطوير خلايا شمسية تصل كفاءتها إلى 32.2% ، وبلغ إنتاج العالم من الكهرباء بتقنية الخلايا الضوئية 1000 ميغاواط في ذلك العام. وفي عام 2000 يستمر دخول هذه التقنية وتطورها على مستوى الفضاء، حيث تم تركيب مجموعة شمسية بعدد 32500 خلية شمسية بالفضاء، وفي العام ذاته تم تطوير العاكسات في أنظمة توليد الطاقة الكهربائية من الخلايا الشمسية، وبعدها بعام تم تطوير طريقة فريدة باستخدام الشرائح الثلاثية الأبعاد لتركيز ضوء الشمس على الخلايا الشمسية. وبعد ذلك الوقت حتى الآن تطورت الخلايا الشمسية والأنظمة المختلفة التي تستخدم فيها بشكل كبير لا يكاد يحصى، حيث أن التطور أصبح على مستوى الأجزاء البسيطة من الكفاءة، ولكن كان من الواجب علينا معرفة تاريخ تطور هذه التقنية واستخدام الطاقة الشمسية؛ لنعلم مقدار المجهود الذي بذل لكي تصل إلينا هذه التكنولوجيا بصورها التي نلاحظها في مجالات كثيرة اليوم [2].

### 2.3 الخلايا الضوئية:

الخلايا الشمسية المستخدمة في الآلات الحاسبة وفي الأقمار الصناعية: هي عبارة عن مجموعة من الخلايا cells photovoltaic خلايا فوتو فولتيك الكهربائية موصلة مع بعضها البعض في اطار واحد على شكل لوحة, وكلمة photo تعني ضوء فوتو فولتيك هو اسم مشتق من طبيعة عمل الخلية فكلمة voltaic تعني كهرباء، وهذا يعني تحويل ضوء الشمس إلى كهرباء.

في البداية كانت خلايا الفوتوفولتيك تستخدم في الأقمار الصناعية ومحطات الفضاء للحصول على الكهرباء من اشعة الشمس مباشرة والان بدأت تدخل في العديد من الأجهزة الالكترونية وفي السيارات قريباً سوف تستخدمها كمصدر للطاقة الكهربائية وفي منازلنا [3].

### 3.3 تعريف الخلايا الشمسية:

هي عبارة عن محولات فولتو ضوئية تقوم بتحويل ضوء الشمس المباشر إلى كهرباء، وهي نباض شبه موصلة وحساسة ضوئياً ومحاطة بغلاف أمامي وخلفي موصل للكهرباء [4].

### 4.3 تركيب الخلايا الشمسية وكيفية عملها:

تصنع خلية فوتو فولتيك من المواد اشباه الموصلات السيلكون وكل خلية فوتو فولتيك مكونة من بلورة واحدة من السيلكون وتشكل مجموعة كبيرة من خلايا الفوتوفولتيك الخلية الشمسية. وببساطة عندما تسقط اشعة الضوء على الخلية فإن جزء من الضوء يتم امتصاصه من قبل ذرات السيلكون، أي ان طاقة الضوء قد امتصت من قبل مادة الخلية. تعمل هذه الطاقة على إثارة الالكترونات غير المرتبطة في المادة وتجعلها تتحرك بحر داخل المادة. وعندما تتعرض هذه الالكترونات الحرة لمجال كهربائي فإنها سوف تتحرك كلها في اتجاه واحد وهذا يعني تيار كهربائي، وعند ربط طرفي خلية الفوتوفولتيك بنقطة توصيل على السطح العلوي والسطح لسفلي للخلية نحصل على تيار كهربائي طالما استمر سقوط الضوء على خلية الفوتوفولتيك. وهذا التيار الكهربائي هو الذي يشغل الآلة الحاسبة وبمعلومية قيمة التيار الكهربائي المار في الدائرة وفرق الجهد الكهربائي المتولد على طرفي خلية الفوتوفولتيك يمكن ان نحصل على قيمة الطاقة الكهربائية التي تولدها الخلية الشمسية.

$$(الطاقة الكهربائية) = \text{واط} = (\text{فرق الجهد الكهربائي}) \times (\text{شدة التيار}) \text{ امبير} [3].$$

### 3.5 مبدأ التحويل الفولطو ضوئي:

-آليات اولية :

- يمكن أن نتصور ببساطة المحول المثالي فوتون \_ إلكترون.
- يجب ان يقع امتصاص الفوتونات من قبل مكونات الجهاز. وبطريقة الامتصاص اللابصرية هذه تنتقل طاقة الفوتون الي المكونات.
- يجب تحويل هذه الطاقة الي طاقة كهربائية، لا الي طاقة حرارية فقط. فمن المحتمل إذا ان تنتقل طاقة الفوتون الي الكترون بشكل طاقة كامنة، وهذا ما يسمى بالتحويل الكمي (لأن المستويات الإلكترونية للطاقة في الاجسام الصلبة هي بشكل عام مكممة).

واخيرا فمن الضروري ان لا تسقط الالكترونات المهيجة بتفاعلها مع الفوتونات الى مستواها الاصلي، وذلك مهما كانت طريقة الاسترخاء، ولكن يجب ان تجمع في اتجاه مسار خروج الخلية الشمسية قبل وقوع هذا الاتحاد. لذلك يجب ان تكون بنية هذا التجميع بنية ناجعة [5].

### 6.3 المكونات الفولطاضونية:

تتركب الخلية الشمسية من مكونات ماصة ومن بنية للتجميع، ويجب ان يكون للمكونات الماصة مستويان للطاقة، وأن تكون ناقلة بما يسمح للتيار بالمرور. وابسط البنيات للتجميع هي بالطبع التيار الكهربائي، ويقترن دائماً بحائل جهدويرتبط هذا الاخير مباشرة بالفارق بين مستويات فارمي " Fermi بين منطقتين. وهكذا يمكن اختيار المكونات الفولطاضونية، إذ لا يمكن استعمال العوازل لأنها لا تسمح بنقل التيار الكهربائي. كما لايمكننا استعمال المعادن. وتبين التجربة الشائعة التي تستخدم المزدوجات الحرارية أنها لا تعطي الا بعض المكروفولط (MV) بالدرجة الواحدة. وبهذا سيقع اختيار المكونات الفولطاضونية ضمن شبه النواقل. وستكون بنية التجميع وصلة (P\_N) أو وصلة غير متجانسة او حائل شوتكي "Schottky" [5].

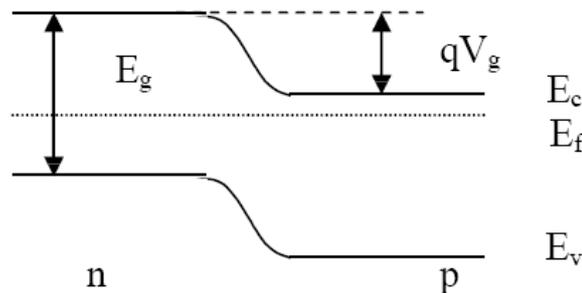
### 7.3 المحول ذو المستويين للطاقة:

يتركب ابسط مثال لمكونات شبه الناقل من منظومة ذات مستويين 1 و 2 طاقتهما  $E_1$  و  $E_2$ . ولبناء نموذج مثالي لخلية شمسية يجب إعتبار الافتراضات الاتية:

- لا يمكن ان توجد طاقة الالكترونات بين  $E_1$  و  $E_2$  وانما تساوي  $E_1$  او  $E_2$ .
- لا يمكن امتصاص فوتون وارد طاقتة أدنى من  $E = E_2 - E_1$  ويعد الوسط في هذه الحالة وسطا شفافا بشكل كلي بالنسبة إلى هذا الفوتون.
- ان الامتصاص الكلي لفوتون يحدث في الحالة التي يملك فيها هذا الفوتون طاقة تساوي أو تفوق الطاقة  $E_g$ . وينتقل الالكترون الذي يمتص هذه الطاقة من المستوى 1 إلى المستوى 2 تاركا وراءه فجوة في المستوى 1. وهذه الفجوة تسمى عادة " ثقباً " .
- تعتبر آليات إسترخاء الالكيترون الي المستوى 1 (وتسمى اتحاد الكترون\_ ثقب).بطيئة بحيث يقع جمع الالكترون المهيج حتى يساهم في نقل التيار القابل للإستعمال. يساوي جهد الخروج لهذه الخلية الشمسية المثالية  $(\frac{E_g}{q})$  حيث (q: شحنة )

- يكمن هدف تركيب الخلايا الشمسية في إيجاد مجال كهربائي داخلي وظيفته التفريق بين الإلكترون والثقب المبتعثين بمفعول الإضاءة . ويمكن، ولهذا الغرض استعمال جهد كهربائي خارجي ، لكن

المولد الذي نحصل عليه لا يكون مستقلاً. غير أنه يمكن الحصول على مجال كهربائي داخلي بإيجاد حائل في المكون ويكفي لذلك تغيير موقع مستوى فارمي بالنسبة إلى لحافات الشريط. ويمكن إنجاز ذلك بالصيغة التالية:



شكل (1.3): تخطيط طاقي (n-p) في حالة توازن يمثل  $BV$  علو حاجز الجهد.

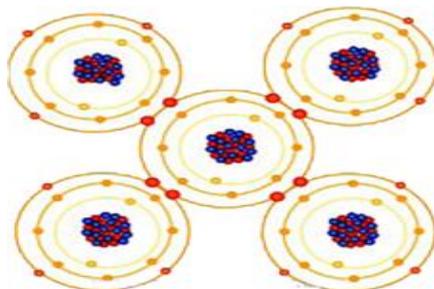
- تغيير في التطعيم .

- تغيير في تكوين المكون ، ويؤدي ذلك إلى تركيب ذرات شريط محجر متغير.

- تغيير الإثنيين معا مما يؤدي إلى وصلات غير متجانسة[5].

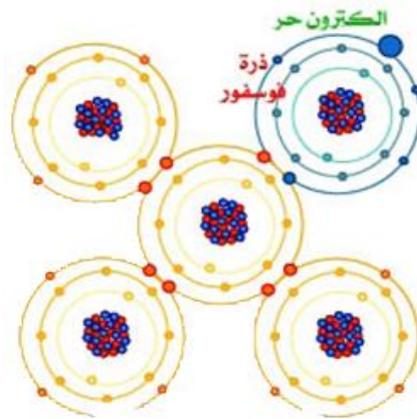
### 8.3 كيف يعمل السيلكون كخلية شمسية:

يمتلك السيلكون بعض الخواص الكيميائية في تركيبه البلوري. فذرة السيلكون تحتوي على 14 إلكترون موزعة على ثلاث مستويات طاقة. مستويين الطاقة الأولى والثاني الأقرب للنواة يكونان ممتلئين تماماً بالالكترونات والمستوى الثالث أو المستوى الخارجي يحتوي على 4 الكترونات فقط أي يكون نصفه ممتلئ والنصف الآخر فارغ حيث أن المدار يكتمل ب 8 الكترونات. وتسمى ذرة السيلكون لأن تكمل النقص في عدد الالكترونات في المستوى الخارجي ولتفعل ذلك فإنها تشارك أربع الكترونات من ذرات سيلكون مجاورة وبهذا ترتبط ذرات السيلكون بعضها البعض في شكل تركيب بلوري وهذا التركيب البلوري له فائدة كبيرة في خلية الفوتوفولتيك كما سنوضح ذلك في الشرح[3].



شكل (2.3): ذرات السيلكون مرتبطة مع بعضها البعض مشكلة تركيب بلوري منتظم لا يوجد فيه الكترونات حرة.

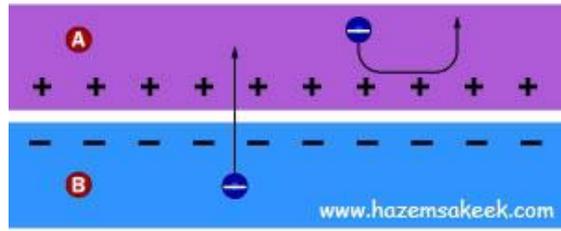
لقد قمنا بوصف بلورة سيلكون نقية وللعلم بلورة السليكون النقية لا توصل التيار الكهربى بكفاءة لأنه لا توجد الكترولونات حرة لتتنقل التيار الكهربى حيث ان كل الالكترولونات قد قيدت فى التركيب البلورى . ولهذا ولكى يتم استخدام السليكون فى الخلية الشمسية فإننا بحاجة إلى إجراء تعديل بسيط فى التركيب البلورى. التعديل البسيط هذا هو عبارة عن اضافة ذرات عناصر اخرى تسمى عملية تطعيم وهي ضرورية وهذه الذرات الاضافية نسميها شوائب لعمل الخلية الشمسية بغض النظر عن اسمها شوائب وقد يفهمها البعض انها ذرات غير مرغوب فيها وسوف نكتشف ذلك من خلال الشرح. يتم اضافة (تطعيم) ذرات الفوسفور بنسبة بسيطة جداً تصل إلى 1:1,000,000 وذرة الفسفور تحتوي على 5 الكترولونات فى مدارها الخارجى ولهذا عندما تدخل الشبكة البلورية بين ذرات السليكون ستشارك ب 4 الكترولونات ويبقى الكترولون حر [3].



شكل (3.3): تطعيم ذرات السليكون بذرات الفوسفور.

الآن نتضح فكرة عمل الشوائب فى ذرات السليكون فلو تم تزويد السليكون النقي بالطاقة ولتكن طاقة حرارية مثلاً لوجدنا ان بعض الالكترولونات تتحرر وتترك مكانها تعمل هذه الفجوة على السماح للإلكترونات فى الجوار hole. شاعر نسميه فجوة بالانتقال اليها تاركاً فجوة اخرى وهكذا تستمر حركة الالكترولونات فى اتجاه وحركة الفجوات فى الاتجاه المعاكس وهذه الحركة هي تيار كهربى. ولكن فى حالة ذرات السليكون المطعمة بذرات الفسفور يصبح الامر مختلف من ناحية ان الطاقة اللازمة لبدأ تحريك الالكترولونات اقل بكثير من حالة السليكون النقي. وتسمى اشباه اى N-type الموصلات التى تطعم بذرات تحتوي على الكترولونات اضافية بالنوع السالب لأنه تم اضافة الكترولون للتركيب البلورى للذرات. ولهذا يعتبر السليكون المطعم بالفوسفور موصل افضل من السليكون النقي. كما انه يوجد تطعيم بذرات توفر الكترولونات اضافية هناك تطعيم آخر بذرات لها عدد اى P-type اقل من الالكترولونات وتسمى المواد الناتجة عن هذا التطعيم بالنوع الموجب. وفى الحقيقة الخلية الشمسية تحتوي على كلا النوعين النوع الموجب والنوع

السالب. والامر الالهم هو ما يحدث عند توصيل النوعين معاً حيث تنتقل الالكترونات الحرة في النوع السالب إلى الفجوات في النوع الموجب [3]. تذكر ان الالكترونات المتحررة من الخلية الفوتوفولتيك تحتاج الى مجال كهربى ليحركها، ولعلك تساءلت من اين يأتي هذا المجال الكهربى؟ كما ذكرنا منذ قليل ان الالكترونات تنتقل الى الفجوات وتتحد معها ولكن لا تستمر عملية الانتقال هذه إلى ان تتحد كل الالكترونات مع كل الفجوات وتتوقف العملية لان ما يحدث هو ان بعد ان تنتقل المجموعة الأولى من الالكترونات وتتحد مع الفجوات لتشكل حاجز عند المنطقة التي تصل النوع الموجب عن النوع السالب ويمنع هذا الحاجز المزيد من الالكترونات الاخرى في النوع السالب الاتحاد مع فجوات في النوع الموجب ويتكون عند المنطقة بين النوعين مجال كهربى.

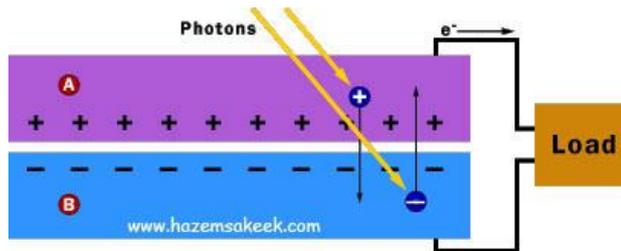


**A** n-type silicon

**B** p-type silicon.

شكل (4.3): المجال الكهربى المتولد في كل خلية كهروضوئية.

هذا المجال الكهربى يعمل عمل الديود diode حيث يسمح بمرور الالكترونات من الجزء الموجب إلى الجزء السالب ولكن ليس العكس. وبهذا يكون لدينا في كل خلية فوتوفولتيك مجال كهربى يحدد اتجاه حركة الالكترونات عندما يسقط الضوء المكون من فوتونات عند طاقة معينة على الخلية الفوتوفولتيك فإنه يعمل على تحرير الكترون وفجوة بالقرب من الحاجز حيث المجال الكهربى فيتم تمرير هذا الالكترون في اتجاه الجزء السالب تحت تأثير المجال في حين تنتقل الفجوة إلى الجزء الموجب تحت تأثير المجال. وعندما يتم توصيل طرفى الخلية (النوع السالب طرف والنوع الموجب طرف) بدائرة خارجية فإن هذه الالكترونات سوف تتحرك لتعود إلى موضعها الاصلى وكذلك الفجوات وهذه الحركة هي التيار الكهربى الذى نريد [3].



**A** n-type silicon.

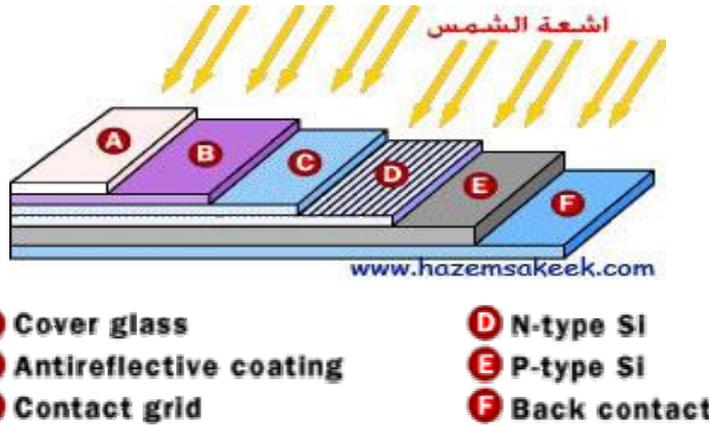
## B p-type silicon.

### شكل (5.3): فكرة عمل الخلية كهروضوئية.

عند سقوط فوتون الضوء على الخلية تتحرر الكترونات وفجوات تنتقل الالكترونات تحت تأثير قوة المجال الكهربائي في الخلية إلى الجزء السالب وتنتقل الفجوات إلى الجزء الموجب ولكن تعود مرة أخرى إلى موضعها الأساسي عند توصيلها بدائرة خارجية.

**ملاحظة:** يتم طلي الخلية الشمسية بمواد تمنع انعكاس الفوتونات الضوئية عند سقوطها على الخلية لان السليكون يشكل طبقة لامعة تعكس الضوء وهذا ما لا نريده ان يحدث.

يتم وضع طبقة رقيقة جداً على سطح شريحة السليكون لمنع انعكاس الضوء وبعدها يتم وضع شريحة زجاجية لحماية الخلية. وعملياً يتم دمج ما يقارب 36 خلية فوتوفولتيك على التوالي والتوازي لنحصل على مستوى فرق الجهد والتيار الكهربائي المطلوب وتوضع هذه الخلايا في اطار من الزجاج لحمايته مع وضع نقطتي توصيل موجبة على السطح الامامي وسالبة على السطح الخلفي [3].



### شكل (6.3): تركيب خلية شمسية من خلايا كهروضوئية.

## 9.3 أنواع الخلايا الشمسية التجارية:

تم تصنيع خلايا شمسية من مواد مختلفة إلا أن أغلب هذه المواد نادرة الوجود بالطبيعة أولها خواص سامة ملوثة للبيئة أو معقدة التصنيع وباهظة التكاليف وبعضها لا يزال تحت الدراسة والبحث وعليه فقد تركز الاهتمام على تصنيع الخلايا الشمسية السيليكونية وذلك لتوفير عنصر السيليكون في الطبيعة علاوة على أن العلماء والباحثين تمكنوا من دراسة هذا العنصر دراسة مستفيضة وتعرفوا على خواصه المختلفة وملاءمته لصناعة الخلايا الشمسية المتبلورة ومتصدعة التبلور.

● الخلايا الشمسية السيليكونية المتبلورة:

تصنع هذه الخلايا من السيليكون عبر إنماء قضبان من السيليكون أحادي أو عديد التبلور ثم يؤرب إلي رقائق تعالج كيميائياً وفيزيائياً عبر مراحل مختلفة لتصل إلي خلايا شمسية.

والخلايا السيليكونية أحادية التبلور – كفاءة هذه الخلايا عالية تتراوح بين 9-17 % غالبية الثمن حيث صعوبة التقنية واستهلاك الطاقة بينما الخلايا السيليكونية عديدة التبلور تعتبر أقل تكلفة من أحادية التبلور وأقل كفاءة أيضاً.

● الخلايا الشمسية السيليكونية الأمورفي (متصدعة التبلور) :

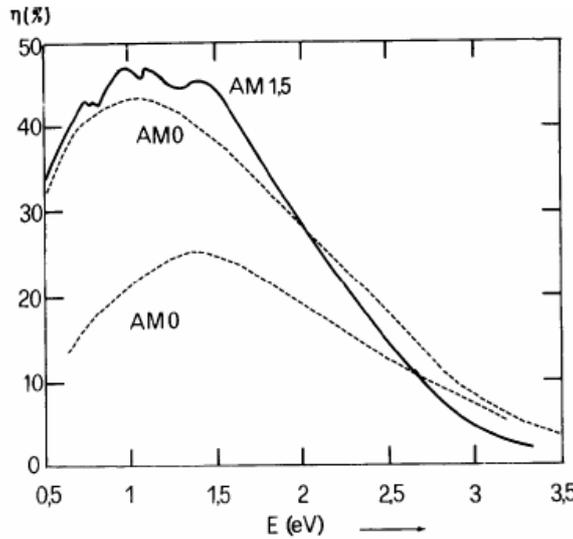
مادة هذه الخلايا ذات شكل سيليكوني من حيث التكوين البلوري متصدع لوجود عنصر الهيدروجين أو عناصر أخرى أدخلت قصداً لتكسيبها خواص كهربائية مميزة وخلايا السيليكون الأمورفي زهيدة التكلفة عن خلايا السيليكون البلوري حيث ترسب طبقة شريطية رقيقة باستعمال كميات صغيرة من المواد الخام المستخدمة في عمليات قليلة تتراوح كفاءة خلايا هذه المادة ما بين 4-9% بالنسبة للمساحة السطحية الكبيرة – وتزيد عن ذلك بقليل بالنسبة للمساحة السطحية الصغيرة وإن كان يتأثر استقرارها بالإشعاع الشمسي [4].

**10.3 كفاءة الخلية الشمسية الأولية:**

تعطى كفاءة للخلية الشمسية الأولية بالعلاقة :

$$\eta = \frac{I \times E_g}{q \times M} \quad (3.1).$$

يمثل  $\frac{I \times E_g}{q}$  قدرة الخلية الشمسية، التيار،  $M$  الاستطاعة او القدرة الواردة من الشمس.



شكل (7.3) الكفاءة النظرية لخلية شمسية اولية.

ويمثل الشكل (7.3) المردود المحسوب لمنودج اكثر واقعية من النموذج المثالي والذي ياخذ بعين

الإعتبار عوامل ضياع اخرى تتكون من:

- إمتصاص غير كامل للفوتونات .

- الطاقة الفائضة .

- إنعكاس على السطح.

- مردود التجميع .

- معامل التوتر.

- معامل المنحنى او معامل الملء FF (7.3) .

وحتى يتم شرح معاملات الضياع الثلاثة الأخيرة يجب الرجوع إلى الشكل (7.3) ولقد افترضنا من

أجل احتساب المردود المثالي بأن المميز "تيار-جهد" :

$$V_i = \frac{E_g}{q} \quad (2.3).$$

مستطيل الشكل ويقابله قدرة قصوى مقدارها :

$$P = V \times I = \frac{I_i E_g}{q} \quad (3.3).$$

ويتغير المميز عن المميز الحقيقي. وقبل كل شيء فإن التيار الأقصى  $[I_{sc}]$  ويسمى الدائرة المقصورة

لأنه يأتي من  $[V=0]$  أصغر من  $[I_i]$  لسبب التجميع. وثم إن الجهد أصغر دائما من  $\frac{E_g}{q}$  وينتج الجهد

الأقصى الملاحظ  $V_{oc}$  عن دائرة مفتوحة أي إن الخلية الشمسية لا تقدم تيارا. ويعرف معامل الجهد بـ

$$[V_{oc} / (E_g/q)] \quad (4.3).$$

وختاما فإن المميز (تيار-جهد) ليس بمستطيل الشكل. إذا فنقطة الاشتغال الموافقة للقدرة القصوى

ليست

$$P_{mini} = V_{oc} \times I_{sc} \quad (5.3).$$

وإنما

$$P_{max} = V_m \times I_m \quad (6.3).$$

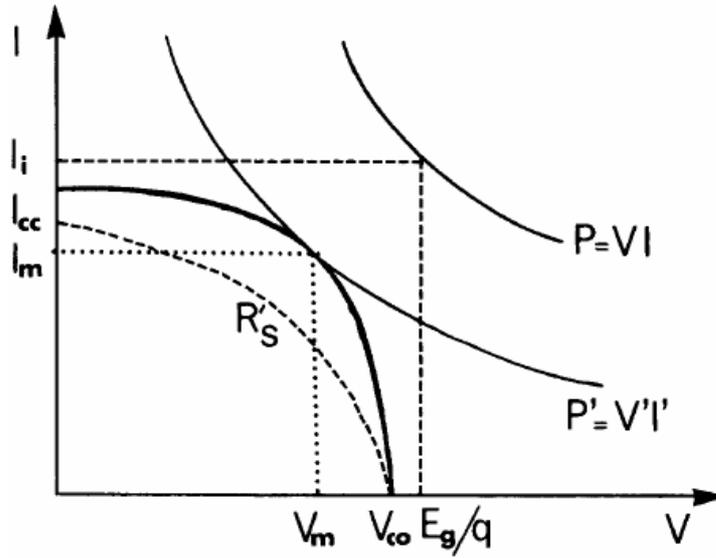
وهي أصغر بكثير من  $P$ . وتسمى النسبة

$$FF = \frac{(V_m \times I_m)}{(V_{oc} \times I_{sc})} \quad (7.3).$$

معامل الملء أما مقاومة التوالي  $R_s$  فأنها تضيف هبوطها للجهد

$$R_s \times I \quad (8.3).$$

وعندما تعطي الخلية الشمسية تيارا، فيتغير حينئذ المميز كما مبين في الشكل (7.3) ويكون التيار المحسوب محدودا ويصغر معامل المنحنى مما يقلل الكفاءة [5].



شكل (8.3): مميز تيار جهد خلية شمسية بخط متقطع

مميز مستطيل لخلية شمسية مثالية بخط مستمر

مميز حقيقي يبين المنحنى  $R_s$  تأثير مقاومة التوالي.

### 11.3 طرق تحسين كفاءة الخلية الشمسية:

أن اغلب بحوث الطاقة الشمسية تهدف إلى زيادة كفاءة تحويل الخلية الشمسية ( أي مقدار ما يتحول من طاقة شمسية إلى كهربائية ) وهذا يتم بعدة طرق هي:

**أولاً:** تغيير و محاولة تحسين معاملات ( parameters ) الخلية الشمسية أثناء تصنيعها ( معنى المعلمات هي مقدار كل من القدرة العظمى وفولتية الدائرة المفتوحة وتيار الدائرة القصيرة .. الخ .. ) وهذا أيضا يتم بعدة طرق:

● استخدام الصفائح المتبلورة الملونة:

فعند استخدام صبغات مبلورة ذات كفاءة كمية مقارنة للواحد كطلاء وقاية للخلية

الشمسية فإن الكفاءة سوف تزداد بمقدار % 2.7 عند التلوين باللون الأخضر و

17.27% عند الطلاء باللون الوردي وهذه الزيادة تعود إلى أن الطلاء يقلل

الانعكاسية من % 40 إلى % 20 والألوان المفضلة هي الذهبي الأخضر، البني والرصاصي

• استخدام الأنظمة المتعددة الفجوات لكونها أكثر تناسباً مع الطيف الشمسي من الأنظمة ذات الفجوة المفردة وبالتالي تكون الكفاءة أعلى [4].

• تقنية الخلايا المركبة III-V Compound Solar Cells حيث يتم اختبار سبيكة مناسبة من

III-V alloy (III-V) لتصنيع نبطية بلورية ذات شبكة متصلة (lattice-match) ترسب

على أرضية معينة حيث ترسب أولاً ذات فجوة الطاقة الصغيرة تتبع بمفرق نفقي ثم الخلية

ذات فجوة الطاقة الأعلى وتطورت كفاءة هذه الخلية ذات المفروق الواحد البسيط من % 20

عام 1980 وإلى 30% عام 1996 .

• خلية الاتصال المدفون Cells Buried Contact Solar:

هي محاولة لتطوير كفاءة الأداء بأقل كلفة ممكنة حيث تصلب بواسطة الترسيب اللاكهربائي

طبقات Ni/Cu/Ag وأعلى كفاءة تم الحصول عليها من هذا النوع 18-19% .

• خلايا الشبكة المطبوعة Printed- Screen Solar Cells :

تستخدم عادة فيها طبقات من السليكون المطعم بالبورون وتصنع بطريقة قوالب (CZ) وهي ذات

كفاءة بين 10-13% .

**ثانياً : استخدام المركزات الشمسية Using Solar Concentrators :**

وعلى الرغم من إحراز تقدم كبير في مجال تحسين كفاءة أداء الخلايا الشمسية خلال

العشرين سنة الماضية إلا أن ارتفاع الكلفة مازال عائقاً أمام انتشار استخدامها وما تزال

البحوث مستمرة في هذا المجال. إن بحوث الفوتوفولطائيات تطمح دوماً أن تخفض كلفة إنتاجية

الكهرباء باستخدام مواد رخيصة لتجميع أشعة الشمس الساقطة وتوجيهها إلى الخلية الشمسية ومنها

استخدام العدسات وتقنيات أخرى بصرية فالمركزات هي أجزاء بصرية تزيد من كمية الإشعاع الساقط

على سطح ما كالخلية شمسية أو ماص حراري وتعد المرايا وعدسات فرنيل أهم ما يستخدم لهذا

الغرض إذ تستخدم العدسات لزيادة التركيز وليس للحصول على صورة معينة أو تستخدم المرايا لهذا

الغرض أو كلاهما معاً. إن تركيز الإشعاع الضوئي يتحقق إما بـ imaging optic أو

nonimaging – optics حيث ينقل النوع الأول الضوء إلى نقطة واحدة كالبؤرة مثلاً عند استخدام

العدسات أما النوع الثاني فينقل السيل الإشعاعي من منطقة معينة إلى أخرى وينقل كلاً من الإشعاع

المباشر direct irradiation الذي يعرف بأنه مركبة الفيض الواصلة إلى المركز بدون أي تداخل

مع الجسيمات المحيطة والإشعاع المنتشر (diffused radiation) (الذي يعرف بأنه مركبة الفيض

الشمسي المنتشرة بسبب العوالق الجوية)[4]. وهناك مقاييس لاختيار المركز المطلوب منها درجة

التركيز والحرارة الناتجة حيث أن تركيز القدرة في نقطة يولد حرارة بين عالية إلى عالية جداً أما عند تركيزها في خط فان الحرارة المتولدة من معتدلة إلى عالية. ولأجل معرفة أي المركزات أفضل للتطبيقات فيجب المقارنة فيما بينها من حيث نسبة التركيز، زوايا السقوط، مساحة السطح العاكس ومعدل الانعكاسات

أن المركزات أما أن تكون ثابتة لا تحتاج إلى معقبات لأثر الشمس بحيث تكون ذات زوايا استقبال واسعة ولها القابلية على جمع وتركيز الأشعة المباشرة والمنتشرة والخلايا المناسبة في هذه الأنظمة هي خلايا السليكون التقليدية أو تكون معقبة وذات نسبة تركيز أعلى من الثابتة وذات كفاءة أفضل قبل أن نستعرض أنواع المركزات الشمسية أود لو اعرف بعض المصطلحات نسبة التركيز Concentration Ratio C. إن أهم المعايير لتقييم عمل المركزات هي نسبة التركيز C التي من الممكن تعريفها بطريقتين:

• نسبة التركيز الهندسي Geometrical Concentration Ratio:

هي النسبة بين مساحة فتحة الدخول إلى مساحة الماص أو فتحة الخروج

( $A_1$  =Area of entrance Aperture  $A_2$  =Area of exit Aperture).

$$C_g = \frac{A_1}{A_2} \quad (9.3).$$

• نسبة تركيز الفيض Flux Concentration Ratio F.C.R:

ويمكن حسابها أيضاً من نسبة الإشعاع (Global) الساقط على الماص إلى نسبة الإشعاع على فتحة الدخول

$$C = \frac{G_2}{G_1} \quad (10.3).$$

ويمكن حساب قيمة نسبة التركيز بقسمة  $I_{SC}$  عند التركيز إلى  $I_{SC}$  بدون تركيز حيث أن  $I_{SC}$  هو تيار الدائرة القصيرة [4].

تصنف المركزات الشمسية بعدة طرق منها:

• مركزات البؤرة النقطية Point Focus Concentrator :

هي المركزات الثلاثية الأبعاد وتستخدم عموماً عندما يشترط وجود تركيز عالٍ ( $C=500-1000$ ) وتستخدم في الأفران الشمسية ومستقبلات القدرة المركزية (central receivers) التي ظهرت لأول مرة بواسطة علماء سوفيت عام 1960 ومن أحدث برامجه هو Solar 2 ذو الإنتاجية الكهربائية المقدر بـ 10MW في صحراء كاليفورنيا وقد شغل عام 2000 وكذلك تعد المركزات المخروطية وعدسات فرنيل النقطية البؤرة من هذا النوع الثلاثي الأبعاد.

• مركزات البؤرة الخطية Focus concentrator Linear :

هي المركزات الثنائية الأبعاد D-concentrator مثل عدسات فرنيل ذات البؤرة الخطية وأحواض القطع الناقص المركب CPC وأحواض V-trough ويتم اختيارها عندما يتم اختيار تركيز متوسط [4].

### 12.3 تطبيقات الخلايا الشمسية :

تركز الاهتمام على إدخال الفولتضوئيات كمصدر للطاقة المتجددة في التطبيقات الأرضية بغية تطوير التقنية ووسائل الاستخدام في قطاع السكن والصحة والتعليم والصناعة والزراعة والنفط وغيرها في الاستخدامات الفولتضوئيات الجذابة اقتصاديا وفي المناطق المعزولة والناائية حيث تنقص تكلفة شبكات الكهرباء العامة وتساعد في الإنماء الاقتصادي والتطوير الاجتماعي المحلي. والمسطحات الفولتضوئية هي مصدر القدرة الكهربائية لهذه التطبيقات ، حيث يتكون المسطح من عدة خلايا متصلة معا بصفائح سلكية معدنية مغطاة بملف من البلاستيك الحراري مثل أسيتات فينيل إيثيل أو غيره وآخر من التدلار لحمايتها من الأشعة فوق البنفسجية ومغلقة بصفيحة زجاجية من الأمام وطبقة واقية تعمل كقاعدة إنشائية من الزجاج أو من الألياف الزجاجية أو الخزف الصيني عند الخلف مركب عليها صندوق وصلة كهربائية ومحاط بإطار معدني. وهذه المسطحات يعوّل عليها بتطرف كمصدر طاقة كهربائية لأن ليس لها أجزاء متحركة وذات عمر طويل يتراوح من 15 إلى 35 سنة و أمانة على البيئة ، كما تضيف على المباني شكلا معماريا جميلا يمكن تصنيف وتحديد التطبيقات الأرضية وفق القدرة الكهربائية علي النحو التالي :

- **تطبيقات ذات قدرة منخفضة:** وتشمل الأجهزة والمنظومات التالية :الحاسبات والألعاب الإلكترونية والساعات . أجهزة الإذاعة المسموعة وشاحنات وسائط القدرة المنخفضة .
- **تطبيقات ذات قدرة متوسطة:** وتشمل المنظومات التالية :الإنارة و أجهزة الإذاعة المرئية و ثلاثيات اللقاح والأمصال و إشارات المرور والإنذار و مراوح الأسقف التهوية و هواتف الطوارئ و شاحنات السياج الكهربائي .حيث يشحن السياج المحاط بالمزارع وأماكن تربية الحيوانات لمنعها من الاقتراب منها .
- **تطبيقات ذات قدرة متوسطة وعالية:** ضخ المياه و محطات اتصالات الموجات السننيمترية و محطات الأقمار الصناعية الأرضية و الوقاية المهبطية لحماية أنابيب النفط والغاز والمنشآت المعدنية من التآكل و تغذية شبكة الكهرباء العامة [6].

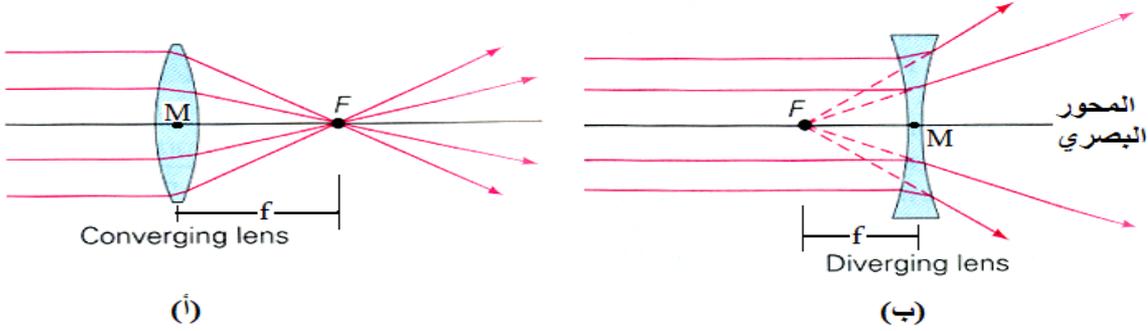
### 13.3 العدسات:

العدسات هي مواد شفافة منفذه للضوء ومن أشهرها العدسة المحدبة و العدسة المقعرة وتتكون من:

- المركز البصري للعدسة (م) : هو نقطة تقع في منتصف العدسة تماما .
- مركز التكور : لكل سطح من سطحي العدسة مركز تكور وهو مركز الكرة التي يكون سطح العدسة جزءا منها .

- المحور الاصيلي للعدسة: هو المستقيم المار بالمركز البصري للعدسة ومركزي التكور.
- بؤرة العدسة (ب):

هي النقطة التي تتجمع عندها الاشعة الخارجة من العدسة او امتداداتها والتي سقطت موازية للمحور الاصيلي [7].



شكل (9.3): يوضح مسار الاشعة في عدستين احدهما مفرغه واخرى مجمعة

م = م F = ب (أ) = عدسة محدبة الوجهين

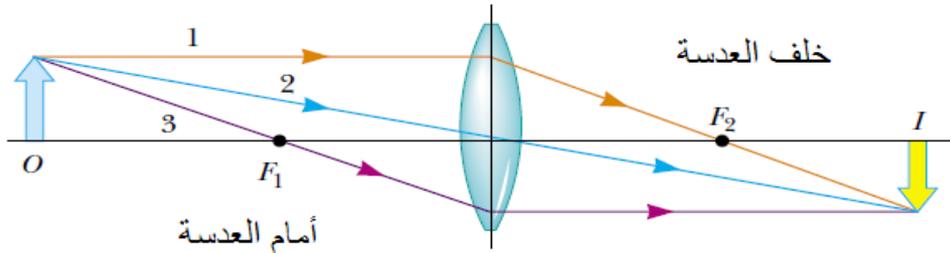
(ب) = مقعرة الوجهين

للعدسة المحدبة بؤرة اصلية حقيقية هي عبارة عن النقطة التي تجتمع فيها الاشعة الساقطة الموازية للمحور البصري والقريبه منه بعد الانكسار في الشكل (أ). و للعدسة المقعرة بؤرة خيالية وهي عبارة عن النقطة التي تجتمع فيها امتدادات الاشعة الساقطة الموازية للمحور البصري والقريبه منه بعد الانكسار في الشكل (ب).

### 14.3 القواعد الاساسية للانكسار في العدسات:

من الشكل ادناه :

- الشعاع الساقط المار بالبؤرة ( $F_1$ ) ينكسر موازيا للمحور البصري.
- الشعاع الساقط موازيا للمحور البصري ينكسر مارا بالبؤرة الثانية ( $F_2$ ).
- الشعاع الساقط المار بالمحور البصري يستمر على استقامته دون انكسار [8].



الشكل: (10.3) مسار الضوء في عدسة محدبة

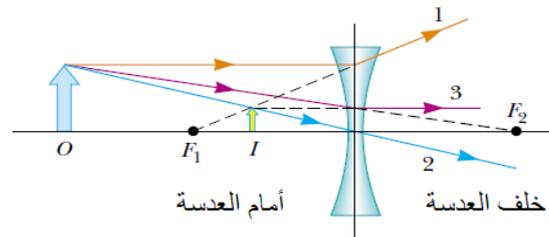
جدول (1.3): يوضح حالات تكون الصور بواسطة عدسة محدبة

الحالة	الشكل	موقع الجسم	موقع الصورة	صفات الصورة
(١)		بين مركز التكور للعدسة والبيؤرة	خلف مركز التكور للعدسة (في الجهة الأخرى)	حقيقية، ومقلوبة، ومكبرة
(٢)		بعيداً خلف مركز التكور	بين بيؤرة العدسة ومركز التكور (في الجهة الأخرى)	حقيقية، ومقلوبة، ومصغرة
(٣)		في مركز التكور	في مركز التكور (في الجهة الأخرى)	حقيقية، ومقلوبة، ومساوية للجسم
(٤)		بين قطب المرآة (المركز البصري) والبيؤرة	في نفس الجهة التي يقع فيها الجسم	خيالية، ومعتدلة، ومكبرة

15.3 قواعد انكسار الضوء في العدسة المفرقة (المقعرة):

كما في الشكل ادناة

- الشعاع الساقط الذي يمر امتداده بالبيؤرة ( $F_2$ ) ينكسر موازياً للمحور البصري.
- الشعاع الساقط موازياً للمحور البصري ينكسر مبتعداً عن المحور البصري وكأنه قادم من البيؤرة الأولى ( $F_1$ ).
- الشعاع الساقط المار بالمحور البصري يستمر على استقامته دون انكسار [7].



شكل: (11.3) انكسار الاشعة بواسطة عدسة مقعرة

## الباب الرابع العملی

### 1.4 الهدف:

دراسة تأثير العدسة المحدبة على كفاءة الخلية الضوئية وحساب عامل الملء.

### 2.4 الاجهزة والادوات:

خلية ضوئية "خلية الآلة الحاسبة", فولتميتر, اميتر, مقاومة متغيرة, مصدر للطاقة, لمبة "75 واط", عدسات مختلفة الابعاد البؤرية "10,15,20 سم", مسطرة.

### 3.4 النظرية:

$$\eta = \frac{I \times E_g}{q \times M} = \frac{V_m \times I_m}{P} \quad (1.4).$$

حيث:

$\eta \equiv$  كفاءة الخلية الضوئية.

$I \equiv$  تيار الخلية.

$M \equiv$  القدرة الواردة من الشمس.

$\frac{I \times E_g}{q} \equiv$  قدرة الخلية.

$V_m \times I_m \equiv$  القدرة العظمى للخلية.

$P \equiv$  قدرة المصدر الضوئي.

$$FF = \frac{(V_m \times I_m)}{(V_{oc} \times I_{sc})} \quad (2.4).$$

حيث:

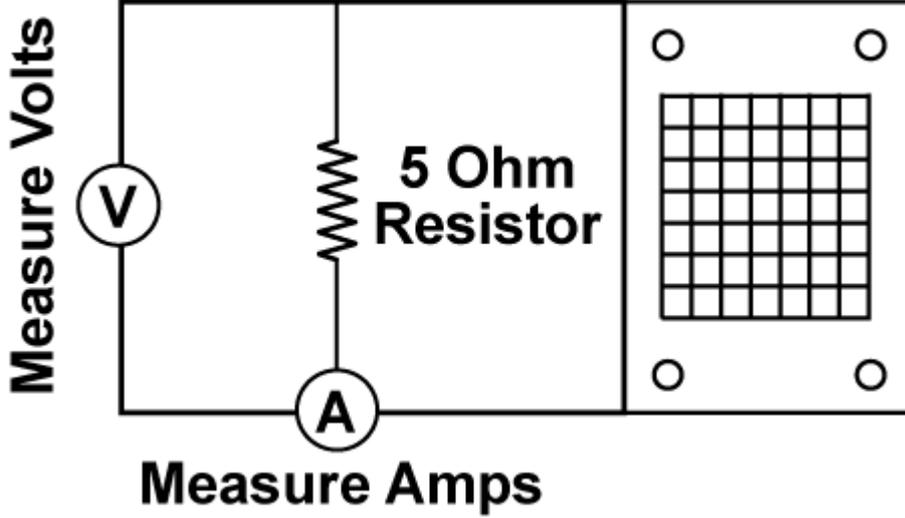
$FF \equiv$  عامل الملء.

$V_{oc} \equiv$  الجهد عندما يكون التيار صفرا.

$I_{sc} \equiv$  التيار عندما يكون الجهد صفرا.

#### 4.4 الطريقة:

وصلت الدائرة كما مبين بالشكل (1.4)



شكل (1.4): توصيل الدائرة

- سلط ضوء ذو قدرة 75 واط , وحسبت قيم التيار والفولطية بتغيير قيم المقاومة المتغيرة وسجلت النتائج في الجداول ادناه:

- ثم تم ايجاد مقدار فولتية الدائرة المفتوحة ( $V_{OC}$ ) (اي عندما يكون التيار صفرا), بحسب تيار الدائرة القصيرة ( $I_{SC}$ ) عندما تكون الفولتية صفر. ثم رسمت منحنيات خصائص الجهد والتيار لايجاد القدرة العظمى للخلية بالعلاقة:

$$P_{max} = V_m \times I_m \quad (3.4).$$

$V_m \equiv$  الجهد عند نقطة الاستطاعة العظمى.

$I_m \equiv$  التيار عند نقطة الاستطاعة العظمى.

ومن ثم تم حساب كفاءة أداء الخلية الشمسية من المعادلة (1.4) ومعامل الملء من المعادلة (7).

- كررت التجربة بعد اضافة العدسة في مواضع مختلفة بين المصدر الضوئي والخلية الضوئية باستخدام عدسة محدبة بابعاد بؤرية مختلفة ايضا وسجلت النتائج كذلك وحسب كل من الكفاءة وعامل الملء كما وضح بالعلاقات اعلا.

## 5.4 النتائج:

اولا:

عند ترك مسافه 36.5 بين المصدر والخليه وتغيير الموضع العدسة وبعدها البؤري:

جدول (1.4) يوضح نتائج التجربة قبل وضع العدسة المحدبة على بعد 36.5 بين المصدر الضوئي والخليه

I/mA $\pm 0.005$	V/v $\pm 0.01$	I/mA $\pm 0.005$	V/v $\pm 0.01$
0.035	0.05	0.03	0.19
0.035	0.05	0.03	0.2
0.035	0.05	0.03	0.22
0.035	0.05	0.025	0.24
0.035	0.05	0.025	0.26
0.035	0.05	0.02	0.28
0.035	0.06	0.02	0.29
0.035	0.06	0.02	0.3
0.035	0.06	0.02	0.32
0.035	0.08	0.02	0.34
0.035	0.11	0.02	0.36
0.03	0.14	0.02	0.36
0.03	0.16		

جدول (2.4): يوضح نتائج التجربة بعد وضع العدسة المحدبة ذات البعد البؤري 10 سم بين المصدر الضوئي والخليه , و على 25 سم عن الخليه اي 11.5 سم عن المصدر الضوئي .

I/mA ±0.005	V/v ±0.01	I/mA ±0.005	V/v ±0.01
0.08	0.18	0.06	0.69
0.08	0.18	0.055	0.73
0.08	0.18	0.055	0.76
0.08	0.18	0.055	0.8
0.08	0.18	0.05	0.82
0.08	0.18	0.05	0.84
0.08	0.19	0.05	0.87
0.08	0.2	0.05	0.89
0.08	0.2	0.045	0.93
0.08	0.25	0.045	0.95
0.075	0.3	0.045	0.97
0.075	0.37	0.045	1
0.07	0.42	0.045	1.53
0.07	0.48	0.04	1.54
0.065	0.52	0.04	1.55
0.065	0.57	0.04	1.62
0.06	0.61	0.04	1.68
0.06	0.66	0.035	1.68

جدول (3.4): يوضح نتائج التجربة بعد وضع العدسة المحدبة ذات البعد البؤري 15سم بين المصدر الضوئي والخليه , و على 20سم عن الخليه اي 16.5سم عن المصدر الضوئي .

I/mA ±0.005	V/v ±0.01	I/mA ±0.005	V/v ±0.01
0.205	0.260	0.160	1.200
0.205	0.270	0.160	1.380
0.205	0.290	0.160	1.440
0.205	0.300	0.150	1.530
0.205	0.300	0.140	1.620
0.200	0.300	0.135	1.710
0.200	0.330	0.135	1.80
0.200	0.340	0.130	1.860
0.200	0.360	0.125	1.920
0.195	0.460	0.120	1.980
0.180	0.620	0.115	2.040
0.170	0.750	0.105	2.070
0.160	0.870	0.105	2.070
0.160	0.970		

ثانيا : في حالة ان يكون البعد بين المصدر والخلية 10سم – وتثبيت موضع العدسه عند 9سم عن الخليه اي 1سم عن المصدر وتغيير البعد البؤري للعدسة

جدول (4.4): يوضح نتائج التجربة قبل وضع العدسة, وترك مسافة 10سم بين المصدر والخلية.

I/mA $\pm 0.005$	V/v $\pm 0.01$	I/mA $\pm 0.005$	V/v $\pm 0.01$
0.49	0.66	0.26	1.95
0.49	0.66	0.24	2.04
0.49	0.66	0.22	2.1
0.49	0.66	0.205	2.16
0.49	0.66	0.195	2.22
0.485	0.66	0.18	2.28
0.48	0.72	0.17	2.31
0.475	0.78	0.16	2.34
0.47	0.81	0.15	2.37
0.44	1.02	0.145	2.4
0.395	1.29	0.135	2.43
0.355	1.53	0.13	2.46
0.31	1.71	0.125	2.46
0.295	1.83		

جدول (5.4): يوضح نتائج التجربة بعد وضع العدسة المحدبة ذات البعد البؤري 20سم, في حالة ان يكون البعد بين العدسة والخليه 10سم , وترك مسافة 9سم بين العدسة و الخليه اي 1سم بينها و

المصدر

I/mA $\pm 0.005$	V/v $\pm 0.01$	I/mA $\pm 0.005$	V/v $\pm 0.01$
0.4	0.57	0.25	1.89
0.4	0.57	0.23	1.98
0.4	0.6	0.215	2.04
0.395	0.6	0.2	2.1
0.39	0.6	0.19	2.16
0.39	0.6	0.18	2.22
0.39	0.63	0.17	2.25
0.39	0.66	0.16	2.28
0.39	0.72	0.15	2.34
0.385	0.9	0.145	2.37
0.36	1.2	0.14	2.4
0.25	1.44	0.13	2.42
0.295	1.62	0.125	2.43
0.275	1.71	0.125	2.43

جدول رقم(6.4): يوضح نتائج التجربة بعد وضع العدسة المحدبة ذات البعد البؤري 15سم, في حالة ان يكون البعد بين العدسه والخلية 10سم , وترك مسافة 9سم بين العدسه و الخليه اي 1سم بينها و المصدر

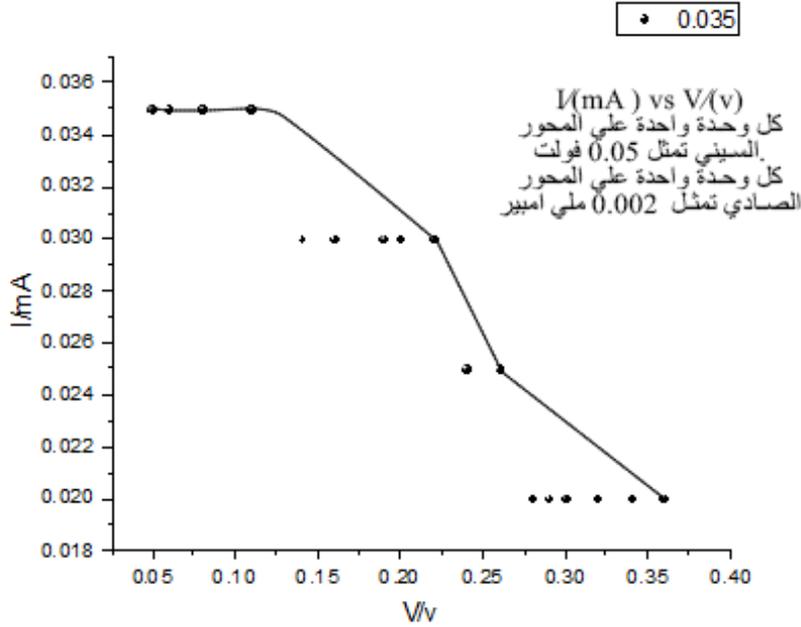
I/mA ±0.005	V/v ±0.01	I/mA ±0.005	V/v ±0.01
0.495	0.72	0.27	2.01
0.495	0.72	0.24	2.1
0.495	0.72	0.225	2.19
0.495	0.72	0.21	2.22
0.495	0.72	0.2	2.28
0.495	0.75	0.185	2.31
0.495	0.78	0.17	2.34
0.495	0.84	0.16	2.37
0.49	0.9	0.15	2.4
0.47	1.11	0.145	2.43
0.42	1.41	0.14	2.46
0.37	1.62	0.13	2.62
0.33	1.8	0.13	2.52
0.3	1.92	0.12	2.52

جدول رقم(7.4): يوضح نتائج التجربة بعد وضع العدسة المحدبة ذات البعد البؤري 10سم, في حالة ان يكون البعد بين العدسه والخليه 10سم , وترك مسافة 9سم بين العدسه و الخليه اي 1سم بينها و المصدر

I/mA ±0.005	V/v ±0.01	I/mA ±0.005	V/v ±0.01
0.5	0.78	0.295	1.92
0.5	0.78	0.26	1.98
0.5	0.78	0.24	2.07
0.5	0.78	0.22	2.16
0.5	0.78	0.21	2.19
0.495	0.81	0.19	2.25
0.49	0.84	0.18	2.28
0.485	0.9	0.17	2.31
0.485	0.93	0.16	2.34
0.45	1.14	0.15	2.4
0.405	1.41	0.145	2.43
0.365	1.62	0.14	2.46
0.33	1.8	0.13	2.46

## 6.4 الحسابات:

من الجدول رقم (1.4):



شكل (2.4) علاقة تربط فرق الجهد بالتيار

$$V_m = 0.36v.$$

$$I_m = 0.035mA = 3.5 \times 10^{-5} A.$$

$$P = 75W.$$

من المعادلة (1.4) :

$$\eta = \frac{V_m \times I_m}{P} = \frac{0.36 \times 3.5 \times 10^{-5}}{75} = 1.68 \times 10^{-7}.$$

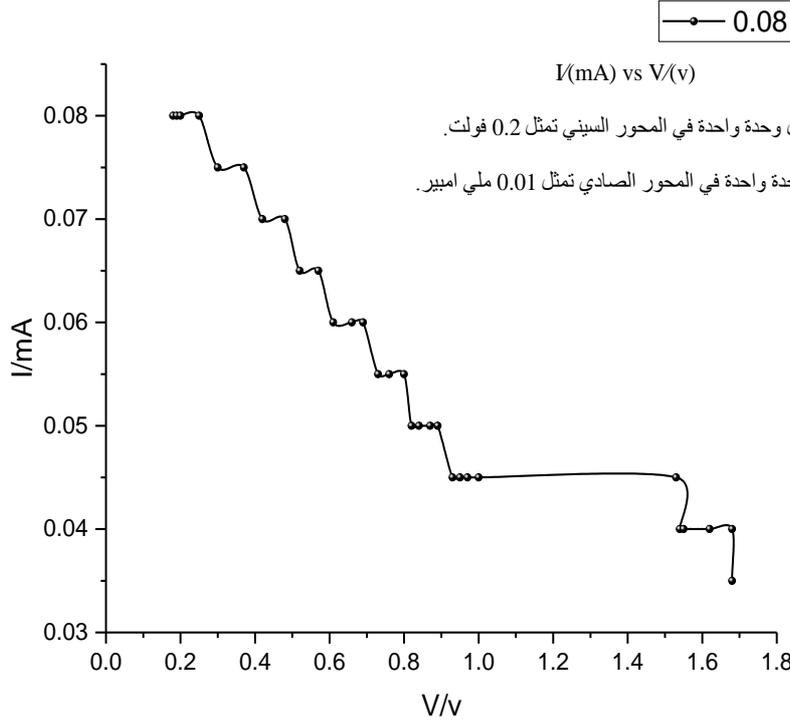
$$V_{oc} = 0.11v.$$

$$I_{sc} = 0.035mA = 3.5 \times 10^{-5} A.$$

-من المعادلة (2.4):

$$FF = \frac{(V_m \times I_m)}{(V_{oc} \times I_{sc})} = \frac{(0.36 \times 3.5 \times 10^{-5})}{(0.11 \times 3.5 \times 10^{-5})} = \frac{(0.25)}{(1.68)} = 3.2727272727273.$$

-من الجدول رقم (2.4):



شكل(3.4) علاقة تربط فرق الجهد بالتيار

$$V_m = 0.25v.$$

$$I_m = 0.08mA = 8 \times 10^{-5}A.$$

$$P = 75W.$$

-من المعادلة (1.4) :

$$\eta = \frac{V_m \times I_m}{P} = \frac{0.25 \times 8 \times 10^{-5}}{75} = 2.66666666667 \times 10^{-7}.$$

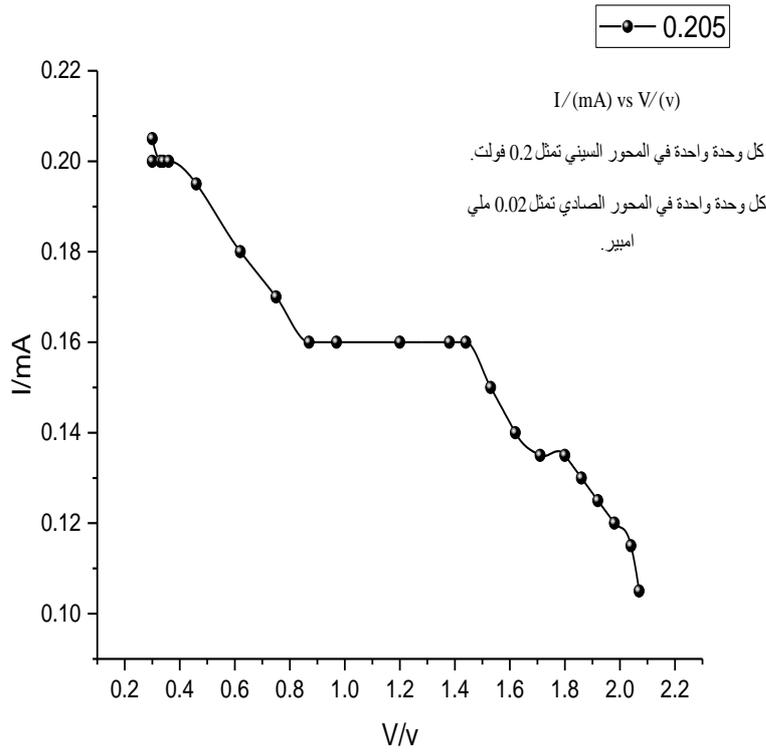
$$V_{oc} = 1.68v.$$

$$I_{sc} = 0.08mA = 8 \times 10^{-5}A.$$

-من المعادلة (2.4):

$$FF = \frac{(V_m \times I_m)}{(V_{oc} \times I_{sc})} = \frac{(0.25 \times 8 \times 10^{-5})}{(1.68 \times 8 \times 10^{-5})} = \frac{(0.25)}{(1.68)} = 0.14880952381.$$

-من الجدول رقم (3.4):



شكل(4.4) علاقة تربط فرق الجهد بالتيار

$$V_m = 0.36v.$$

$$I_m = 0.2mA = 20 \times 10^{-5}A.$$

$$P = 75W.$$

-من المعادلة (1.4):

$$\eta = \frac{V_m \times I_m}{P} = \frac{0.36 \times 20 \times 10^{-5}}{75} = 9.6 \times 10^{-7}.$$

$$V_{oc} = 2.07v.$$

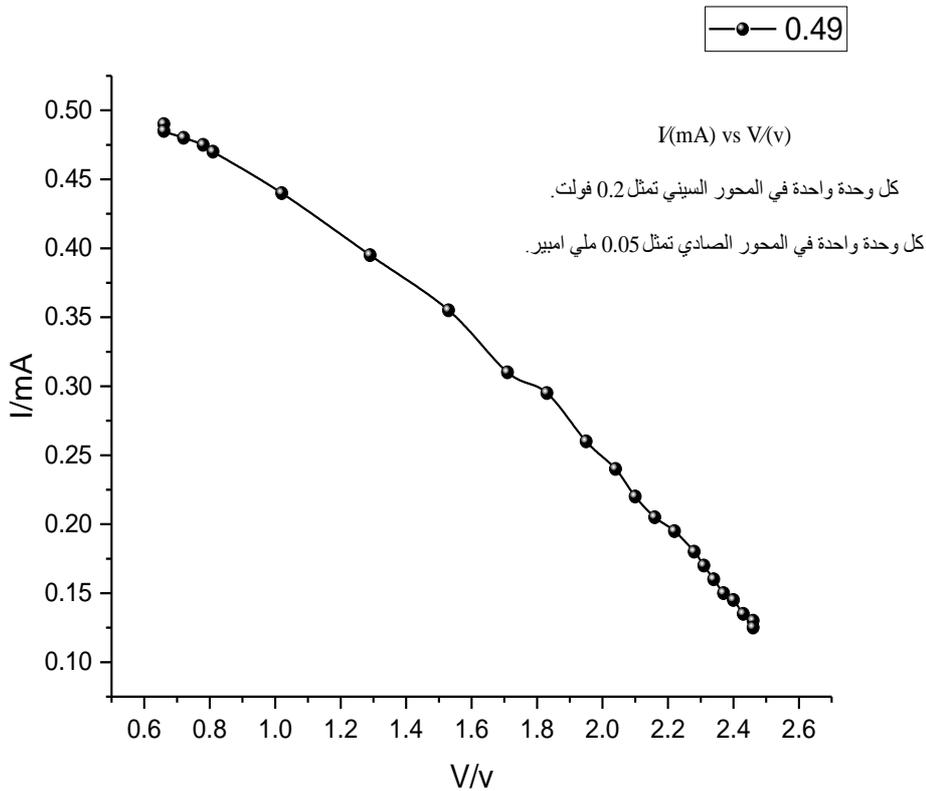
$$I_{sc} = 0.205mA = 20.5 \times 10^{-5}A.$$

- من المعادلة (2.4):

$$FF = \frac{(V_m \times I_m)}{(V_{oc} \times I_{sc})} = \frac{(0.36 \times 20 \times 10^{-5})}{(2.07 \times 20.5 \times 10^{-5})} = \frac{(7.2 \times 10^{-5})}{(42.435 \times 10^{-5})}$$

$$= 0.16967126193.$$

- من الجدول رقم (4.4):



شكل (5.4) علاقة تربط فرق الجهد بالتيار

$$V_m = 0.81v.$$

$$I_m = 0.47mA = 47 \times 10^{-5}A.$$

$$P = 75W.$$

-من المعادلة (1.4) :

$$\eta = \frac{V_m \times I_m}{P} = \frac{0.81 \times 47 \times 10^{-5}}{75} = 50.76 \times 10^{-7}.$$

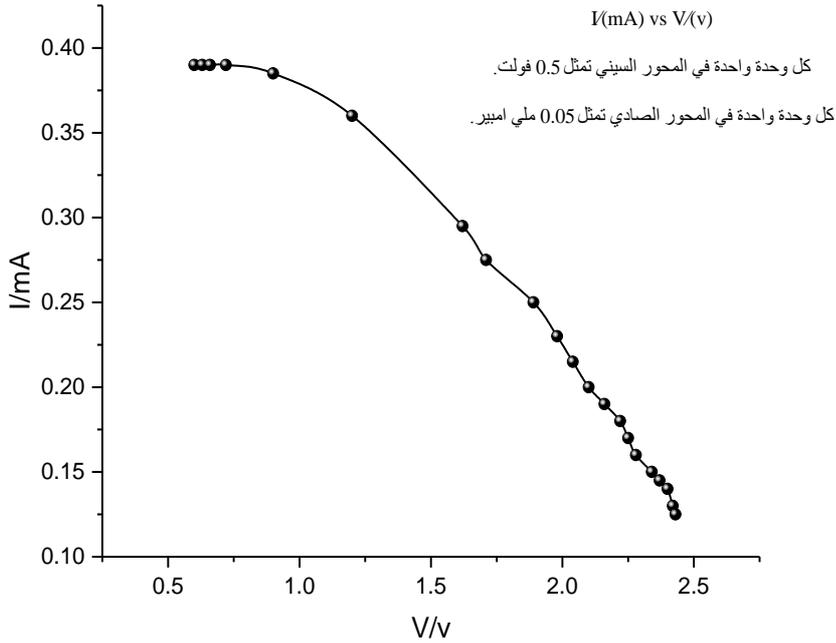
$$V_{oc} = 2.46v.$$

$$I_{sc} = 0.49mA = 49 \times 10^{-5}A.$$

-من المعادلة (2.4) :

$$FF = \frac{(V_m \times I_m)}{(V_{oc} \times I_{sc})} = \frac{(0.81 \times 47 \times 10^{-5})}{(2.46 \times 49 \times 10^{-5})} = 0.3158287705326033.$$

-من الجدول رقم (5.4) :



شكل(6.4) علاقة تربط فرق الجهد بالتيار

$$V_m = 1v.$$

$$I_m = 0.375mA = 37.5 \times 10^{-5}A.$$

$$P = 75W$$

-من المعادلة (1.4) :

$$\eta = \frac{V_m \times I_m}{P} = \frac{1 \times 37.5 \times 10^{-5}}{75} = 50 \times 10^{-7}.$$

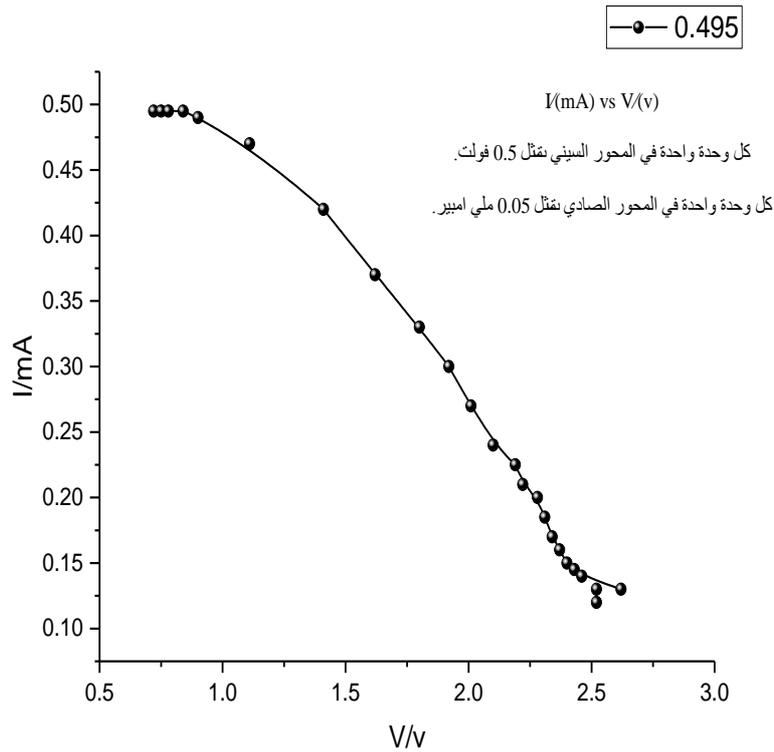
-من المعادلة (2.4) :

$$V_{oc} = 2.43v.$$

$$I_{sc} = 0.39mA = 39 \times 10^{-5}A.$$

$$FF = \frac{(V_m \times I_m)}{(V_{oc} \times I_{sc})} = \frac{(1 \times 37.5 \times 10^{-5})}{(2.43 \times 39 \times 10^{-5})} = 0.3956948401392846.$$

-من الجدول رقم (6.4) :



شكل(7.4) علاقة تربط فرق الجهد بالتيار

$$V_m = 0.9v.$$

$$I_m = 0.49mA = 49 \times 10^{-5}A.$$

$$P = 75W.$$

– من المعادلة (1.4):

$$\eta = \frac{V_m \times I_m}{P} = \frac{0.9 \times 49 \times 10^{-5}}{75} = 58.8 \times 10^{-7}.$$

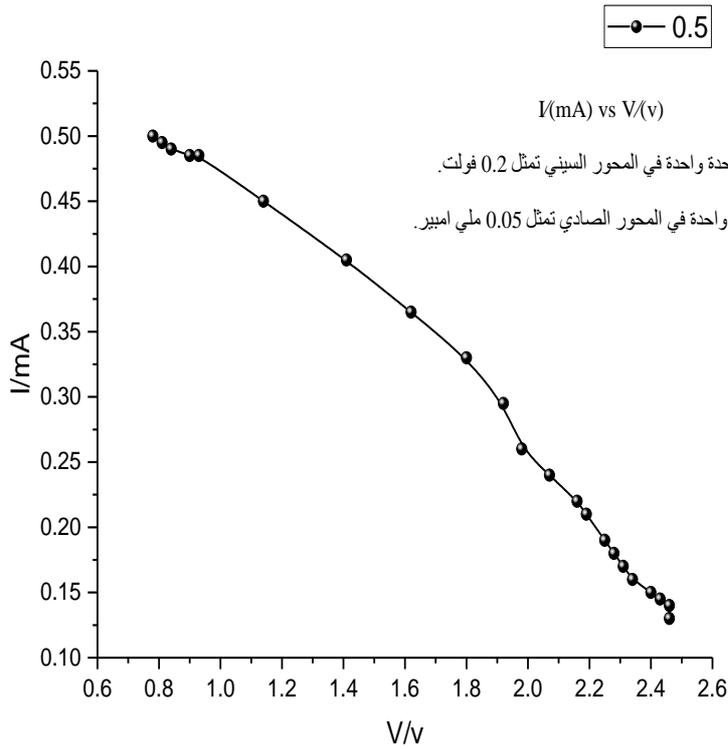
– من المعادلة (2.4):

$$V_{oc} = 2.62v.$$

$$I_{sc} = 0.495mA = 49.5 \times 10^{-5}A.$$

$$FF = \frac{(V_m \times I_m)}{(V_{oc} \times I_{sc})} = \frac{(0.9 \times 49 \times 10^{-5})}{(2.62 \times 49.5 \times 10^{-5})} = 0.3400416377515614.$$

- من الجدول رقم (7.4):



شكل (8.4) علاقة تربط فرق الجهد بالتيار

$$V_m = 0.9v.$$

$$I_m = 0.485mA = 48.5 \times 10^{-5}A.$$

$$P = 75W.$$

-من المعادلة (1.4) :

$$\eta = \frac{V_m \times I_m}{P} = \frac{0.9 \times 48.5 \times 10^{-5}}{75} = 58.2 \times 10^{-7}.$$

-من المعادلة (2.4) :

$$V_{oc} = 2.46v.$$

$$I_{sc} = 0.5mA = 50 \times 10^{-5}A.$$

$$FF = \frac{(V_m \times I_m)}{(V_{oc} \times I_{sc})} = \frac{(0.9 \times 48.5 \times 10^{-5})}{(2.46 \times 50 \times 10^{-5})} = \frac{(291)}{(820)} = 0.3548780487804878.$$

#### 7.4 المناقشة:

الحمد لله حمدا كثيرا مباركا فيه على ان هداانا والهمنا هذه الدراسة التي رجو منه سبحانه ان تكون علما نافعا.

الاسئلة الواجب طرحها لماذا من الاساس اختيرت العدسة اصلا للدراسة؟ وماهو هدف الدراسة؟ وكيف يتضح؟

اولا: كما ذكر في الفصل الاول فان خاصية تجميع العدسات للاشعة تمكنها من تركيز الشعاع الساقط عليها ممايزيد من كفاءة الخلية اي زيادة التيار الناتج عنها, وهذا ماسنتأكد منه من خلال الحسابات, لكن السؤال الذي يفرض نفسه الان هو ان للمرآة المقعرة نفس الخاصية اذن لماذا لم نفكر في تطبيقها في الدراسة؟! الجواب ببساطه هو العدسة لاتحتاج لتعقيدات واعتبارات كثيرة كما في المرآة والتي تحتاج الى وضعيات محده بزوايا محده ربما يكون من الصعب قليلا دراستها في المختبر البسيط كذلك يمكن ان يتضح اثر الدراسة اكثر بالعدسات لتوفر ابعاد يوريه لها في المعمل.

ثانيا: كما اشرنا سابقا فان الهدف هو دراسة تأثير العدسة على الكفاءة كذلك محاوله انتاج تيار اكبر, اما كيف يتضح الهدف؟ يجب المقارنه بين تأثير البعد البؤري وموضع العدسة بين الخلية والمصدر على الكفاءة.

قبل ان نتطرق للحسابات يجب اولا ان نجيب على السؤال, لماذا اختيرت الابعاد المذكوره اعلاه في النتائج هل هنالك هدف محدد من تحديدها؟

الجواب: اختيار البعد 36.5 لم يكن مقصودا لذاته فقط تركت مسافه حسب امكانيات المعمل بحيث تكون بعيدة نسبيا ثم بناء على هذه المسافة تم تحرك العدسة المحدبه حسب بعدها البؤري لتعطي اكبر قيمة للتيار حيث وجد ان افضل موضع للعدسة عن المصدر هو بعدها البؤري مضافا اليه واحد ونصف.

اما في الحاله الثانية فان اختيار البعد كان بحيث تكون الخلية اقرب مايمكن للمصدر وتم تثبيت كل الابعاد البؤرية حيث كان اسم هو المكان الذي يعطي قيمة عظمى للتيار لجميع الابعاد البؤريه هذه النقطة يجب دراستها مستقبلا لان وجود موضع يتوحد فيه تاثير الابعاد البؤرية يسهل من دراسه.

## الباب الخامس

### مخرجات البحث

#### 1.5 التوصيات:

- تكرار التجربة باستخدام ابعاد بؤرية اكثر ولمساحات اكبر من الخلية الضوئية.
- دراسة تأثير عدسات بابعاد بؤرية مختلفة في ان واحد عند استخدام الخلايا ذات المساحات الكبيرة على التيار وكذلك تكرار التجربة في حالة توحيد الابعاد البؤرية وملاحظة الفرق ويمكن عمل ذلك بصناعة حامل عدسات متعدد له مساحة تعادل مساحة الخلية , تكرار التجربة ايضا في حالة الابعاد البؤرية الصغيرة.
- دراسة تأثير الحرارة الناتجة عن العدسة على مكونات الخلية.
- محاولة ادخال العدسة ضمن منظومة الخلية اضوئية بعد الحصول على نتائج دقيقة .

#### 2.5 الخلاصة:

- اولاً: في حالة ترك مسافة 36.5 بين الخلية والمصدر وتغيير موضع العدسة

من حسابات الشكل (2.4) وجد ان الكفاءة تساوي  $\eta = 1.68 \times 10^{-7}$

ومن الشكل (3.4) وجد ان الكفاءة تساوي  $\eta = 2.67 \times 10^{-7}$

ومن الشكل (4.4) وجد ان الكفاءة تساوي  $\eta = 9.6 \times 10^{-7}$

- ثانياً: في الة ترك مسافة 10سم بين الخلية والمصدر وثبتت موضع العدسة

من حسابات الشكل (5.4) وجد ان الكفاءة تساوي  $\eta = 50.76 \times 10^{-7}$

ومن الشكل (6.4) وجد ان الكفاءة تساوي  $\eta = 50 \times 10^{-7}$

ومن الشكل (7.4) وجد ان الكفاءة تساوي  $\eta = 58.8 \times 10^{-7}$

ومن الشكل (8.4) وجد ان الكفاءة تساوي  $\eta = 58.2 \times 10^{-7}$

من الحسابات خلص الى ان الكفاءة تزداد بزيادة البعد البؤري عند المسافه البعيدة نسبيا اما عند المسافة القريبه نسبيا وبالرغم من ان كفاءة الخلية تزداد بشكل واضح عند مقارنتها بالكفاءة في حالة المسافة الابعد اللا ان هذه الزيادة ناتجه عن زيادة الشدة , فان الكفاءة تكون تقريبا نفسها للبعد البؤري الاصغر اما في حالة الابعاد الاكبر نسبيا فان الكفاءة تزيد بشكل ملوظ ايضا , لكن الملاحظ عند البعد الاقرب

انه لا يمكن الجزم بشكل دقيق على ان الكفاءة تزيد بزيادة البعد البؤري, عليه يمكن ان نخلص الى ان المسافة بين الخليه والمصدر وموضع البعد البؤري بينهما هو فقط الذي يحسم امكانية زيادة الكفاءة بناءا على ملاحظة زيادة التيار.

# المراجع

- [1]- د.م/ محمد مصطفى.م. الخياط- 2006م- الطاقة مصادرهما – أنواعه استخداماتها. القاهرة يوليو.
- [2]-تاريخ الخلايا الشمسية
- [3]-من تجميع وتنسيق-عبدالكريم-كيف تعمل الخلايا الشمسية.
- [4]- بحث في الطاقة الشمسية
- [5]- د/ منجي بوعائشة - د/ محمد ف.بو - رضا الاندلسي- 2000م -حقيبة الخلايا الشمسية- اعداد: المعهد الوطني للبحث العلمي والتقني الجمهورية التونسية.
- [6]-د/عبدالكريم.ال.الحجازي- إيجاد الطاقة الكهربائية البديلة- فوائد الطاقة الشمسية- الجزء الثالث.
- [7]- د/ محمد ح.أسنادة - د/ مبارك د.عبد الله - د/ عز الدين ع.مجنوب- 2002م - الفيزياء الصف الثالث ثانوي- المركز القومي للمناهج, الطبعة الثانية-الخرطوم.
- [8]-المملكة العربية السعودية - المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني -الادارة العامة تصميم ولتطوير المناهج- طبعة 1429هـ -الفيزياء المتخصصة 120 فيز.