

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

رقم الترتيب:

رقم التسلسل:

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم الفيزياء

مذكرة تخرج لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

تخصص: فيزياء تطبيقية إشعاعات وطاقة

من إعداد:

سلمي سميحة

عوينات نور الهدى

الموضوع

دراسة كفاءة الليزر الشمسي بواسطة الضخ عند الطرف ل:

Nd: YAG

نوقشت يوم: 2018/06/03

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

مفتاح محمد الصالح	أستاذ مساعد أ	جامعة الوادي	رئيسا
رحومة فرحات	أستاذ تعليم عالي	جامعة الوادي	مناقش 1
تيوه بلخير	أستاذ مساعد أ	جامعة الوادي	مناقش 2
محلو السعيد	أستاذ محاضر ب	جامعة الوادي	مؤطرا
ليلى بوراس	أستاذ مساعد أ	جامعة الوادي	مؤطرا

الموسم الجامعي: 2018/2017

مخبر إستغلال وتثمين المصادر الطاقوية الصحراوية



الإهداء

أهدي ثمرة جهدي وخلاصة عملي :

إلى نبع المحبة والحنان والوفاء ، إلى أغلى ما في الوجود "أمي" الحبيبة و الغالية
أطال الله في عمرها.

إلى منبع عزمي وإرادة حزمي ، إلى نور دربي "أبي" العزيز حفظه الله وأطال
في بعمره .

وإلى " زوجي " الذي أزرني و ساعدني

إلى القلوب الطاهرة ، إلى رباحين حياتي في الشدة والرخاء.

إخوتي وأخص بذكر أخي محمدأتمنى لهم مشوار دراسي موفق.

وأخواتي عائشة ومسعودة .

إلى كل أفراد العائلة والأقارب كئيبا وكغيرا.

إلى من تذوقته معها أجمل اللحظات إلى صديقة عمري "نور الهدى"

إلى كل صديقاتي التي فارقنا العين ولم يفارقنا الوجدان.

إلى كل من علمني حرفه أساتذتي الكرام.

سلمي سميرة

الإهداء

أهدي ثمرة جهدي وخلاصة عملي :

إلى من قال فيهما عز وجل {وقضى ربك ألا تعبدوا إلا إياه وبالوالدين إحسانا }
إلى أئمة ما أملك في الوجود إلى من سمرت على تربيتي وكانك سر وجودي والتي ممها
فعلت وقلت لم أوفيها "أمي" الغالية والحنونة حفظها الله وأطال الله في عمرها.

إلى من يعجز لساني ويحذف القلم عن وصفه جميله وكان لي سراجا منيرا
"أبي" العزيز حفظه الله وأطال بعمره .

كما أهدى هذا العمل

إلى من عشت معهم وتقاسمنا أحلى الأيام وأمرها إلى من هم أئمن وأجمل ما في هذه
الدنيا :

إخوتي كل واحد بإسمه وأخص بالذكر زهير وهشام ومحمد ورضا .
وأخواتي وهيبة وأمنة وأمال وخاصة توأم روي رائدة وأتمنى لكم مشوار دراسي موفق.

إلى كل الأقارب وأصحاب الفضل

إلى كل عائلة عوينات.

إلى رفيقة دربي "سميرة"

إلى أساتذتي الأفاضل خلال المشوار الدراسي

إلى كل صديقاتي كل واحدة بإسمها ورسمها

إلى كل من نسيهم قلبي ولم ينساهم قلبي

عوينات نور الهدى

شكر و عرفان

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات ، والحمد لله الذي أماننا على
إكمال هذا العمل وإتمامه على أحسن وجه فما كان لشيء أن يجري في
ملكه إلا بمشيئته جل شأنه وعظم قدره ، والصلاة والسلام على الحبيب طه
الصادق الأمين.

أتقدم بأسمى عبارات الشكر والتقدير والامتنان إلى الأستاذ الفاضل
معلو السعيد على كل مجهوداته ونصائحه وتوجيهاته خلال إشرافه على
إعداد هذه المذكرة فكاننا لنا نعم المرشد والموجه .

كما أشكر أعضاء اللجنة على قبولها لمناقشة هذا العمل بداية برئيس
اللجنة مفتاح محمد الصالح وكذلك الأستاذين فرحات رحومة وتيوه
بلخير.

كما لا يفوتني أن أتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من قدم لي يد العون
والمساعدة وأخص بالذكر الأستاذة بوراس ليلي كما أشكر مخبر
استغلال وتثمين المصادر الطاقوية الصراوية.

فهرس المحتويات

I	الاهداء
III	التشكرات
IV	فهرس المحتويات
VIII	فهرس الاشكال
IX	فهرس الجداول
X	قائمة الرموز
02	المقدمة العامة
03	مراجع المقدمة العامة

الفصل الاول : الطاقة الشمسية

05	I- 1 المقدمة :
05	I- 2 تعريف الشمس :
05	I- 3 تأثير الغلاف الجوي على الإشعاع الشمسي :
06	I- 4 المسافة بين الأرض والشمس :
06	I- 5 الثابت الشمسي :
07	I- 6 أنواع الاشعاع الشمسي :
08	I- 6-1 الإشعاع الشمسي المباشر I_h :
08	I- 6-2 الإشعاع الشمسي المنتشر أو المشتت D_h :
08	I- 6-3 الإشعاع الشمسي الكلي G_h :
09	I- 7 طيف الإشعاع الشمسي :
10	I- 8 الزوايا الشمسية :
10	I- 8-1 زاوية ميل الشمس δ :
11	I- 8-2 زاوية الإرتفاع الشمس h :
11	I- 8-3 زاوية دائرة العرض φ :
12	I- 8-4 زاوية خط الطول L :
12	I- 8-5 زاوية السمات الشمسي a :

13	I 6-8- زاوية السمات الرأسى Z:
13	I 7-8- زاوية الساعة الشمسى ω:
14	I 9- الخاتمة:
15	مراجع الفصل الأول

الفصل الثانى : توجىه و تركىز الاشعاع الشمسى

17	II 1- المقدمة:
17	II 2- تعريف المراكز:
17	II 3- أنواع المراكز:
17	II 1-3- مراكز خطىة:
17	II 2-3- المراكز النقطىة :
18	II 1-2-3- أبراج الطاقة:
18	II 2-2-3- عدسات فرىنل:
18	II 3-2-3- المركز الشمسى ذو القطع المكافئ (الصحن الشمسى):
19	II 4- عمل المراكز :
19	II 1- 4- مبدأ الانعكاس :
19	II 2- 4- هندسة المركز الشمسى ذو القطع المكافئ:
22	II 5- الموجهات الضوئىة:
22	II 1-5- الألىاف البصرىة:
23	II 2- 5- الدلىل الموجى:
23	II 1-2-5- أنواع الدلىل الموجى:
23	II 1-1-2-5- دلىل موجى ذو قرىنة انكسار ثابتة:
23	II 2-1-2- 5- دلىل موجى ذو قرىنة انكسار متغىرة:
23	II 2- 2-5- مبدأ إنتشار الضوء داخل الدلىل الموجى:
25	II 3-5- معادلة الموجة:
26	II 1-3-5- إنتشار الموجة الضوئىة فى الدلىل الموجى

27	6- II الخاتمة:
28	مراجع الفصل الثاني

الفصل الثالث : الليزر الشمسي

30	1- III المقدمة:
30	2- III تعريف الليزر (LASER):
30	3- III مميزات شعاع الليزر:
30	1-3- III أحادي اللون:
31	2-3- III الاتجاهية:
31	3-3- III الترابط:
31	4-3- III الشدة الضوئية (السطوع):
31	4- III مكونات جهاز الليزر:
32	1-4- III الوسط الفعال:
33	2-4- III التجويف الرنيني (المرنان):
33	3-4- III وسيلة الضخ:
33	1-3-4- III التفريغ الكهربائي:
33	2-3-4- III الضخ الضوئي:
34	5- III آلية حدوث الانبعاث الليزري:
34	1-5- III الامتصاص:
35	2-5- III الانبعاث التلقائي:
35	2-5- III الانبعاث المحفز:
36	6- III الية حدوث الليزر:
37	7- III مستويات الليزر:
37	1-7- III الليزر ثلاثي المستوي:
38	2-7- III الليزر رباعي المستويات:
38	8- III الليزر الشمسي:
38	1-8- III لمحة تاريخية:
39	2-8- III مكونات المنظومة الليزرية:

39	.....III-8-2-1 الضخ الشمسي:
40	.....III-8-2-1 الضخ الجانبي :
41	.....III-8-2-1 الضخ على الاطراف:
41	.....III-8-2-2 المادة الفعالة:
42	.....III-9 الخاتمة :
43	..... مراجع الفصل الثالث

الفصل الرابع : محاكاة الليزر ونتائجها

45	.....IV-1 المقدمة:
45	.....IV-2 الشق النظري:
45	.....IV-2-1 – التصميم البصري:
45	.....IV-2-1-1 برنامج زيماكس:
46	.....IV-2-1-2 مكونات المنظومة الليزرية:
46	.....IV-2-1-1 المركز (القطع المكافئ) :
47	.....IV-2-1-2 رأس الليزر:
47	.....IV-2-2-1-1 الدليل الموجي:
47	.....IV-2-2-2-1 المركز الثانوي:
48	.....IV-2-2-3-1 التجويف البصري:
48	.....IV-2-2-4-1 الوسط الفعال:
49	.....IV-2-2-5-1 التبريد:
49	.....IV-2-2-6-1 التجويف الرنيني:
50	.....IV-2-4 المحاكاة العددية:
50	.....IV-2-1 الكاشف رقم 1:
50	.....IV-2-2 الكاشف رقم 2:
51	.....IV-2-3 الكاشف رقم 3:
52	.....IV-2-4 الكاشف رقم 4:
53	.....IV-3- الخاتمة:

54.....	مراجع الفصل الرابع
56.....	الخاتمة العامة

فهرس الاشكال

الفصل الأول : الطاقة الشمسية

- الشكل (I - 1) : حركة الأرض حول الشمس 6
- الشكل (I - 2) : الثابت الشمسي E_0 خلال السنة 7
- الشكل (I - 3) : أنواع الأشعاع الشمسي 7
- الشكل (I - 4) : توزيع طيف الإشعاع الشمسي 9
- الشكل (I - 5) : تأثير الغلاف الجوي على الإشعاع الشمسي 10
- الشكل (I - 6) : تغيرات زاوية الميل بدلالة أيام السنة 11
- الشكل (I - 7) : زوايا تحديد الموقع (زاوية خط العرض φ وزاوية خط الطول L) 12
- الشكل (I - 8) : حركة الشمس عند نقطة من زاوية دائرة العرض 13

الفصل الثاني : تركيز و توجيه الأشعاع الشمسي

- الشكل (II - 1) : مركز شمسي خطي 17
- الشكل (II - 2) : البرج المركزي 18
- الشكل (II - 3) : عدسة فرينل محدبة 18
- الشكل (II - 4) : المركز الشمسي ذو القطع المكافئ 19
- الشكل (II - 5) : مبدأ انعكاس الضوء 19
- الشكل (II - 6) : الصحن الشمسي 20
- الشكل (II - 7) : هندسة القطع المكافئ 20
- الشكل (II - 8) : تغير البؤرة بدلالة تغير القطر 21
- الشكل (II - 9) : الدليل موجي 22
- الشكل (II - 10) : الليف بصري 23
- الشكل (II - 11) : انواع قنوات الموجه الضوئي 23
- الشكل (II - 12) : الموجه الضوئي المستوي العازل المدمج 24
- الشكل (II - 13) : مبدأ الانعكاس الكلي للضوء داخل الموجه 24
- الشكل (II - 14) : منحنى انتشار الموجه داخل الموجه الضوئي 27

الفصل الثالث : الليزر الشمسي

- الشكل (III - 1) : شعاع الليزر 30
- الشكل (III - 2) : طيف لليزر غاز الهليوم نيون 30
- الشكل (III - 3) : الفرق بين الضوء العادي و ضوء الليزر 31

31	الشكل (III - 4): تداخل الضوء في الليزر و الضوء العادي
32	الشكل (III - 5): مكونات جهاز الليزر
34	الشكل (III - 6): الية حدوث الامتصاص
35	الشكل (III - 7): آلية حدوث الانبعاث التلقائي
36	الشكل (III - 8): الية حدوث الانبعاث المحفز
37	الشكل (III - 9): الية حدوث الليزر
37	الشكل (III - 10): ليزر ذي 3 مستويات
38	الشكل (III - 11): ليزر ذي 4 مستويات
39	الشكل (III - 12): منظومة الليزر الشمسي
39	الشكل (III - 13): المنظومة ليزرية
39	الشكل (III - 14): منظومة الليزر الشمسي
40	الشكل (III - 15): ترشيح الاشعاع الشمسي المركز
40	الشكل (III - 16): منظومة الضخ الجانبي
41	الشكل (III - 17): منظومة الضخ على الطرف
42	الشكل (III - 18): مواد الليزر من عناصر الارض النادرة
42	الشكل (III - 19): مخطط الانتقالات الطاقوية داخل بلورة Nd:YAG

الفصل الرابع : محاكاة الليزر ونتائجها

45	الشكل (IV - 1): نافذة برنامج زيماكس ZEMAX
46	الشكل (IV - 2): رأس الليزر 47
46	الشكل (IV - 3): تركيز الأشعة بواسطة المركز (القطع المكافئ)
47	الشكل (IV - 4): صورة الدليل الموجي
47	الشكل (IV - 5): المركز الثانوي
48	الشكل (IV - 6): التجويف البصري
48	الشكل (IV - 7): انعكاس الاشعاع داخل التجويف البصري
49	الشكل (IV - 8): المادة الفعالة
49	الشكل (IV - 9): التجويف الرنيني
50	الشكل (IV - 10): توزيع الإشعاع عند البؤرة القطع المكافئ
51	الشكل (IV - 11): توزع الاشعاع عند مخرج الدليل الموجي
51	الشكل (IV - 12): توزع الاشعاع عند مخرج المركز الثانوي
52	الشكل (IV - 13): توزع الاستطاعة الممتصة على طول المادة الفعالة
53	الشكل (IV - 14): نتيجة الاستطاعة الممتصة في برنامج Excel

فهرس الجداول

الفصل الأول : الطاقة الشمسية

- الجدول (I - 1) : قيم الثوابت A، B و C 08
- الجدول (I - 2) : قيمة ثابت التجربة E 08

الفصل الثالث : الليزر الشمسي

- الجدول (III-1): أنواع مواد الليزر مع اطوال الموجية لإثارته..... 33
- الجدول (III-2): جدول يبين أطوال الامتصاص و الاصدار لبعض عناصر الارض النادرة..... 41

الفصل الرابع: محاكاة الليزر ونتائجها

- الجدول (IV - 1) : الموصلية الحرارية لمادة Nd:YAG بدلالة درجة الحرارة..... 49

الرموز المستعملة

الوحدة	الرمز	المقادير الفيزيائية المستعملة
[m]	R_s	نصف القطر الشمس
[k]	T_s	درجة الحرارة الشمس
[$\frac{w}{m^2}$]	W_s	شدة الضوئية
[$\frac{watt}{m^2k^4}$]	σ	ثابت بولتزمان
[watt]	P_s	الاستطاعة الكلية المنبعثة
[$\frac{w}{m^2}$]	E_0	الثابت الشمسي
يوما	N_j	رقم اليوم من السنة
[$\frac{watt}{m^2}$]	I_0	شدة الاشعاع الشمسي
[$\frac{watt}{m^2}$]	I_h	شدة الاشعاع المباشر
[$\frac{watt}{m^2}$]	D_h	شدة الاشعاع المنتشر
[$\frac{watt}{m^2}$]	G_h	شدة الاشعاع الكلي
[m]	λ	طول الموجة
[°]	δ	زاوية ميل الشمس
[°]	A	زاوية السميت الشمسي
[°]	φ	زاوية دائرة العرض
[°]	L	زاوية خط الطول
[°]	Z	زاوية السميت الرأسي
[°]	ω	زاوية الساعة الشمسية
[h]	Tvs	التوقيت الشمسي الحقيقي
[h]	TL	التوقيت المحلي
[h]	Et	التصحيح الزمني
[m]	f	البعد البؤري للقطع المكافئ
[m]	h	ارتفاع القطع المكافئ
[m]	d	قطر القطع المكافئ
[m]	p	نصف قطر القطع المكافئ
[°]	ψ	زاوية الفتحة
[m]	s	طول القوس للقطع المكافئ
[m ²]	A_s	مساحة الفتحة القطع المكافئ
	c_g	نسبة تركيز الهندسي القطع المكافئ
[m ²]	A_{abs}	مساحة فتحة السطح المستقبل
[m ²]	A_{ref}	مساحة فتحة السطح العاكس
	n_a	قرينة الانكسار الطبقة العليا
	n_g	قرينة الانكسار الطبقة الموجهة
	n_s	قرينة الانكسار الطبقة الشريحة
[°]	θ_a	زاوية القبول

$[\frac{C}{m^3}]$	ρ	كثافة الشحنة
$[\frac{A}{m^2}]$	J	كثافة التيار
$[\frac{F}{m}]$	ϵ	السماحية الكهربائية
$[\frac{Henm}{m}]$	μ	النفذية المغناطيسية
	N_1	عدد الذرات في المستوى الأدنى
	N_2	عدد الذرات في المستوى الأعلى
	g_i	انحلال المستوى i.
$[j.s]$	h	ثابت بلانك
$[Hz]$	ν	تردد الفوتونات
$[\frac{j}{k}]$	k	ثابت بولتزمان
$[s^{-1}]$	B_{21}	معامل اينشتاين لحدوث الامتصاص
$[j.s.m^{-3}]$	$\rho(\nu)$	كثافة طاقة الاشعاع الوارد
$[s^{-1}]$	A_{21}	معامل اينشتاين للانبعث التلقائي
$[s]$	τ_{rad}	زمن المكوث او عمر الطبقة
$[m^3s^{-2}j^{-1}]$	B_{21}	معامل اينشتاين لحدوث الانبعث المحفز
	n	قرينة الانكسار الوسط الفعال
$[\frac{m}{s}]$	c_0	سرعة الضوء في الفراغ

المقدمة العامة

المقدمة العامة:

تعد الشمس مصدرا مهما واساسيا للطاقة على سطح الارض، فقد حاول الانسان منذ القدم الاستفادة من طاقة الاشعاع الشمسي مباشرة ولكن بشكل محدود، فاستخدمها في تطبيقات عديدة كالتجفيف والتدفئة.

تطور استخدامها عبر العصور بتقدم العلوم والتكنولوجيا فتم تحويلها الى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الكهروضوئية، والى طاقة حرارية عن طريق المجمعات الشمسية.

وقد تم استغلال الاشعاع الشمسي مؤخرا في عملية ضخ الوسط الفعال وذلك بهدف انتاج شعاع الليزر، الذي يسمى بالليزر الشمسي. ففي عام 1966 تم صنع اول ليزر شمسي من مادة Nd:YAG بواسطة الباحث Young ذو استطاعة ليزر بلغت 1w ، بعد فترة ركود وفي عام 1984 تم تحسين استطاعة الليزر المنتجة من نفس المادة لتصل الى 18w كان هذا من عمل الباحث Arashi وزملاؤه، وفي عام 2003 توصل الباحث Lando و زملاؤه الى فعالية تجميع (الاستطاعة على مساحة المجمع) بلغت $7.6w/m^2$ ، في عام 2012 تم التحسين من فعالية التجميع من قبل الباحث Dinh و زملاؤه فبلغة قيمة تقدر ب: $30w/m$.

استعملت في هذه الاعمال طريقتين لضخ المادة الفعالة: الطريقة الاولى الضخ على الجوانب حيث يكون الاشعاع الشمسي المركز مسلطا على جوانب المادة الفعالة وهذا باستخدام التجويف المناسب لتوزيعه على كل أطراف جانب المادة الفعالة، والاخرى بالضخ على الاطراف وذلك بإرسال الاشعاع الشمسي المركز على طرف قضيب المادة الفعالة.

حيث سنهتم في مذكرتنا بدراسة طريقة الضخ الطرف وذلك باستخدام مادة Nd:YAG وهذا لما لها من مميزات عديدة اهمها الانتشار الحراري الجيد، وطيف امتصاصها يتوافق مع اكبر مجال لأعلى قيمة لطيف انبعاث الشمس.

ينقسم هذا العمل الى اربعة فصول:

الفصل الاول: يكون محور دراسته حول الطاقة الشمسية بحيث نعرف الاشعاع الشمسي والزوايا الشمسية.

الفصل الثاني: نهتم بدراسة عامة حول مراكزات الشمسية بمختلف انواعها وكيفية توجيه الاشعاع الشمسي بعد عملية تركيزه.

الفصل الثالث: يتناول دراسة عامة حول الليزر وخصائصه ومميزاته ومن ثم نتطرق لليزر الشمسي.

الفصل الرابع: نقوم بدراسة محاكاته باستخدام برنامج زيماكس بهدف الحصول على أكبر استطاعة ممتصة من قبل المادة الفعالة، وذلك بإجراء عملية محاكات لمنظومة ليزرية تعمل بالضخ على طرف.

وفي الاخير نختم دراستنا بخاتمة عامة حول انتاج الليزر وذلك باستخدام وسيلة الضخ على الطرف.

مراجع المقدمة العامّة

قائمة المراجع

[1] Joana Isabel Lázaro Almeida," Advances in solar-pumped laser efficiency and brightness", thèse de doctorat, univesidade nevadeLisboa , Setembro, 2017.

الفصل الأول

الطاقة الشمسية

I-1 المقدمة:

يبحث الإنسان دوماً عن مصادر جديدة للطاقة لتغطية احتياجاته المتزايدة في تطبيقات الحياة المتطورة التي يعيشها، ويعيب الكثير من مصادر نضوبها وتكلفة استغلالها المرتفعة والتأثير السلبي لاستخدامها على البيئة، وأدرك جليا الخطر الكبير الذي يسببه استخدام مصادر أخرى و الشائعة (خاصة النفط و الغاز الطبيعي) في تلوث البيئة و تدميرها ، مما جعل الطاقة الشمسية الخيار الامثل و الأفضل على الإطلاق. حيث تمكن الإنسان في العصر الحديث من إمكانية الاستفادة من الطاقة الشمسية بطرق عديدة.

I-2 تعريف الشمس :

هي أحد النجوم الصفراء الصغيرة وليست الضخمة والعملاقة كما يتخيل البعض بسبب قربها إلينا، والتي تشكل المصدر الرئيسي للضوء والحرارة على كوكب الأرض، وأشعاعها يكون في كافة الاتجاهات. تبلغ درجة حرارة داخل مركز الشمس حوالي 14 مليون درجة مئوية، وهي درجة حرارة هائلة جداً، بينما تصل إلى حوالي 6000 درجة مئوية على سطح الشمس. تتكون بشكل رئيسي من غاز الهيدروجين الذي يشكل أغلبية مكونات الشمس، حيث تصل نسبته 75 بالمائة، بينما يشكل الأكسجين والهليوم والنيتروجين بقية العناصر الأخرى[1].

تعتبر الشمس كجسم أسود نصف قطره R_s درجة حرارته T_s و تعرف علاقة الشدة الضوئية بقانون Stephan:

$$W_s = \sigma T_s^4 \quad (1- I)$$

حيث :

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 k^4} \text{ ثابت ستيفان بولتزمان}$$

الاستطاعة الكلية المنبعثة P_s :

$$P_s = W_s (4\pi R_s^2) = \sigma T_s^4 (4\pi R_s^2) \quad (2- I)$$

I-3 تأثير الغلاف الجوي على الإشعاع الشمسي :

يمتص الغلاف الجوي الموجات الطويلة من أشعة الشمس مباشرة أما الموجات الأقصر فتصل إلى سطح الأرض وتسمى بالأشعة المكتسبة حيث تقدر نسبتها 66% من الإشعاع الشمسي موزعة على : 19% تمتص من قبل الغلاف الغازي و 47% تمتص من سطح الأرض . أما الأشعة المرتدة إلى الفضاء تبلغ نسبتها حوالي 34% من الإشعاع الواصل إلى جو الأرض، وهذه الأشعة موزعة 19% تنتشر في الفضاء

و2% تنعكس من الأرض إلى الفضاء و23% تنعكس بواسطة السحب[2].

4- I المسافة بين الأرض والشمس :

تتغير المسافة بين مركزي الأرض والشمس حسب اليوم من السنة وذلك لكون المسار دوران الأرض حول الشمس إهليلجي ، حيث هناك إنقلابين هما: إنقلاب الربيعي 21 مارس وإنقلاب الخريفي 23 سبتمبر.

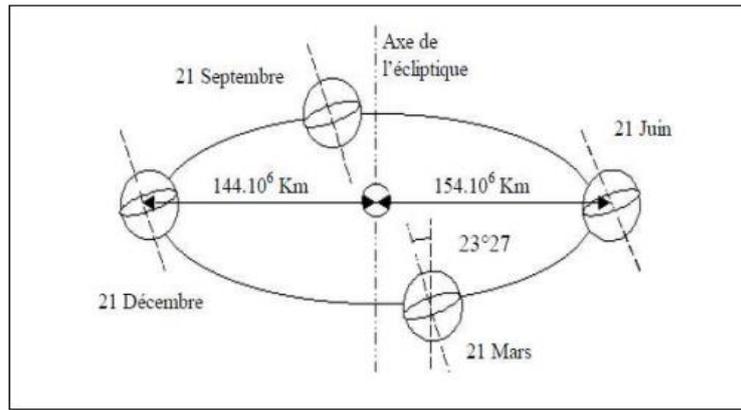
كما يوضحه الشكل (1- I)

وتعطى علاقة المسافة D_{TS} : [3]

بالعبارة :

$$D_{TS}=1 - 0.017 \cos\left[\frac{360}{365} (N_j - 2)\right] \quad (3- I)$$

N_j : رقم اليوم من السنة (1.....365)



الشكل (1 - I): حركة الارض حول الشمس [3].

5- I الثابت الشمسي :

هو تدفق الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح مساحته $1m^2$ في وضع يكون فيه عمودي على أشعة الشمس ، وذلك باعتبار المسافة بين الشمس والأرض على قيمتها المتوسطة خلال السنة والمقدرة ب :

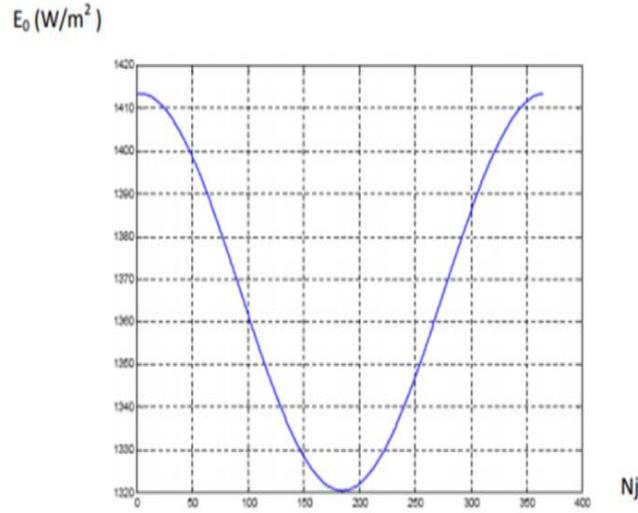
$$E_0=1367W/m^2 \text{ الشمسي } [5, 4]. \quad (1,5. 10^8 \text{ km})$$

يحسب الإشعاع الشمسي من المعادلة التالية :

$$I_0 = E_0 \left(1 + 0,33 \cos \frac{360}{365} \right) \quad (4 - I)$$

N_j : رقم اليوم من السنة ابتداء من 1 جانفي (1.....365).

الثابت الشمسي بدلالة أيام السنة كما موضح في الشكل (I - 2) ، حيث نلاحظ أن شدة الإشعاع الشمسي تكون أعظمية عند الأيام الأولى من شهر جانفي و الايام الاخيرة من شهر ديسمبر.

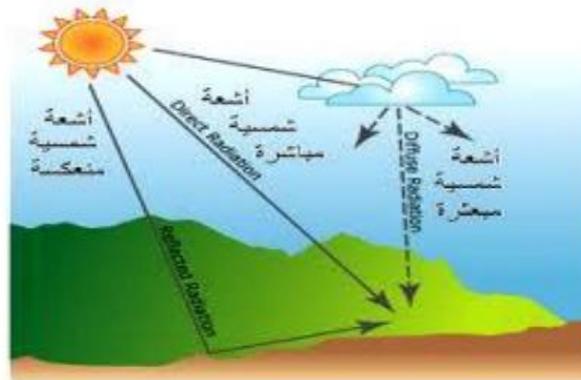


الشكل (I - 2): الثابت الشمسي E_0 خلال السنة [1].

6- I أنواع الإشعاع الشمسي :

يتبعثر بعض الإشعاع الشمسي عند مروره خلال الغلاف الجوي ، كما يمتص بعضه في الغلاف الجوي وينعكس بعضه إلى الفضاء خارج الغلاف الجوي ، وبالتالي يكون الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض مكون من جزأين الأول إشعاع على شكل حزمة ضوئية أو إشعاع مباشر والجزء الآخر إشعاع إنتشاري أو منتشر نتيجة للجزء المبعثر من الإشعاع بواسطة الغلاف الجوي كما يوضحه الشكل (I - 3)

التالي :



الشكل (I - 3): أنواع الإشعاع الشمسي.

I-6-1 الإشعاع الشمسي المباشر I_h :

وهو الإشعاع الساقط على سطح ما مباشرة من الشمس [6] تعطى علاقة الإشعاع المباشر بالعلاقة التالية :

$$I_h = A \cdot \exp \frac{-1}{B \sin(h+C)} \quad (5- I)$$

حيث الجدول التالي يوضح قيم A ، B و C التي تمثل ثوابت التجربة التي تعتمد على طبيعة السماء، والتي تأخذ القيم التالية :

الجدول (I - I): قيم الثوابت A ، B و C [3].

سماء صافية جدا	$C=1$	$B=6$	$A=1210$
ولظروف طبيعية من سماء صافية	$C=1,6$	$B=3,8$	$A=1230$
سماء في حالة غبار وضباب	$C=3$	$B=2,3$	$A=1260$

I-6-2 الإشعاع الشمسي المنتشر أو المشتت D_h :

وهو الإشعاع الشمسي الساقط على سطح ما بعد أن تشتت خلال مروره طبقات الجو، أو هو الإشعاع الذي إنعكس وسقط على ذلك السطح [7].

تعطى علاقة الإشعاع المنتشر بالعلاقة التالية :

$$D_h = E (\sin h)^{0.4} \quad (6- I)$$

الجدول (I - 2): التالي يوضح قيمة الثابت E التي تعتمد على طبيعة السماء، والتي تأخذ القيم التالية :

الجدول (I - 2): قيمة ثابت التجربة E [3].

سماء صافية جدا	$E=(3/4).125$
لظروف طبيعية من سماء صافية	$E=125$
لسماء في حالة غبار وضباب	$E=(4/3).125$

I-6-3 الإشعاع الشمسي الكلي G_h :

وهو مجموع الإشعاع الشمسي المباشر والمشتت الساقطين على مستوى أفقي [6, 7, 8] كما توضحه العلاقة التالية :

$$G_h = I_h \sin h + D_h \quad (7- I)$$

حيث :

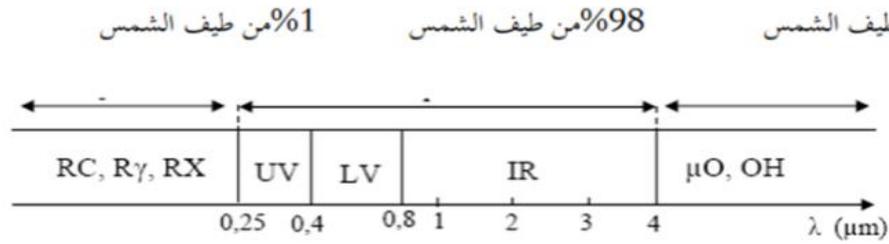
I_h : الإشعاع المباشر .

h : زاوية الارتفاع الشمسي .

D_h : الإشعاع المنتشر في السماء .

I- 7 طيف الإشعاع الشمسي :

الإشعاع الشمس الصادر عن الشمس هو أمواج كهرومغناطيسية، تتوزع طاقتها على طيف الإشعاع كما موضح في الشكل (I - 4):



الشكل (I - 4): توزيع طيف الإشعاع الشمسي [8].

يمثل توزيع الإشعاع الشمسي كمايلي :

المجال $\lambda \in [0,25;0,4] \mu m$ فوق البنفسجي ويمثل 7% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس

المجال المرئي ويمثل 47, 5% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس

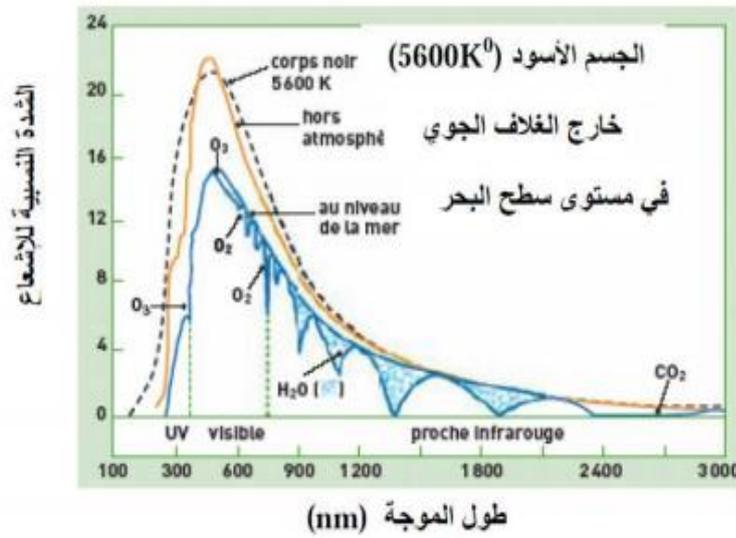
المجال تحت الحمراء ويمثل 45% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس .

المجال أشعة سينية وأشعة كاما وأشعة الراديوية .

المجال $\lambda > 4 \mu m$ من فهي أشعة ميكروويف .

إن طيف الإشعاع الشمسي يحاكي إشعاع الجسم الأسود في درجة حرارة $T= 5600 K$ في مجال

الطيف $\lambda \in [0,25;4] \mu m$ كما هو موضح في الشكل (I - 5) [1].



الشكل (I - 5): تأثير الغلاف الجوي على الإشعاع الشمسي [1]

8- I الزوايا الشمسية :

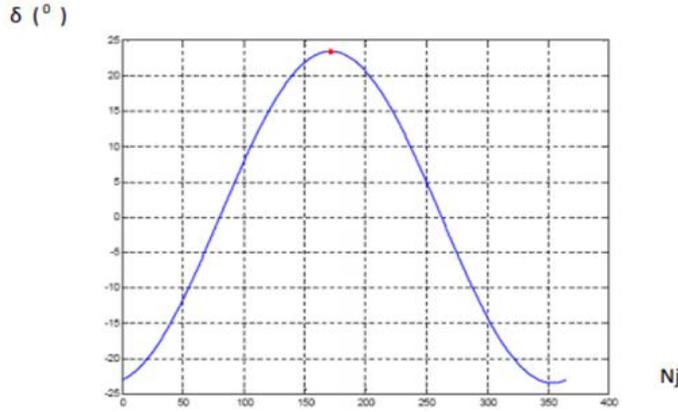
تعرف العلاقات الهندسية للزوايا الشمسية كما يلي:

1-8- I زاوية ميل الشمس δ :

هي الزاوية التي يصنعها الخط الواصل من مركز الأرض إلى مركز الشمس مع خط الاستواء تنعدم هذه الأخيرة في الاعتدالين (الربيعي : 21 مارس والخريفي : 23 سبتمبر) ، بينما $\delta = -23,45$ في الانقلاب الشتوي (22 ديسمبر) $\delta = +23,45$ في الانقلاب الصيفي (22 جوان) [10,9] يعطى بالمعادلة التالية :

$$\delta = 23,45 \sin(0,980(N_j + 284)) \quad (8- I)$$

كما يوضحه الشكل (I - 6).



الشكل (I - 6): تغيرات زاوية الميل بدلالة أيام السنة.

يمثل المنحنى تغيرات زاوية الميل خلال أيام السنة حيث نلاحظ في بداية السنة قيمة صغيرة لهذه الزاوية ثم تزايد قيمتها لتصل أقصى قيمة في منتصف السنة (إنقلاب الصيفي) ثم تتناقص قيمتها في آخر السنة .

I- 8-2 زاوية الإرتفاع الشمس h :

هي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين نقطة على سطح الأرض ومركز الشمس الأفقي الذي تمر فيه النقطة على الأرض ، هذه الزاوية تساوي صفر عند شروق وغروب الشمس وتأخذ القيمة العظمى عند وقت الزوال الشمسي هذه الزاوية مهمة في تحديد كمية الاشعاع الواصل إلى سطح الأرض [3,4]. وتكتب بالعلاقة التالية :

$$\sin(h) = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega \quad (I - 9)$$

$h=0$: عند شروق وغروب الشمس $h>0$: في النهار $h<0$: في الليل

حيث:

φ : زاوية دائرة العرض

ω : زاوية الساعة الشمسية

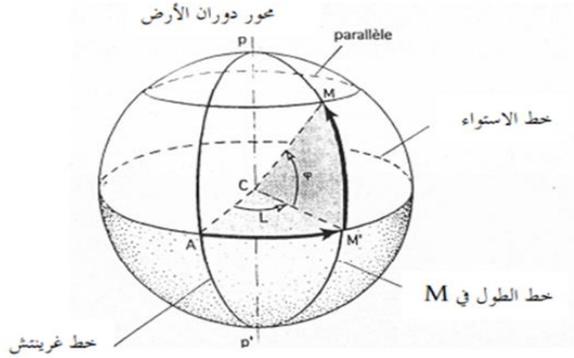
I- 8-3 زاوية دائرة العرض φ :

وهي الزاوية المحصورة بين المتجه المار بين نقطة على سطح الأرض ومركز الأرض ومسقطه على خط الاستواء وهي محصورة بين: $\varphi \in [-90, +90]$ كما هو موضح في الشكل (I - 7) .

حيث :

$0 < \varphi$: شمال خط الإستواء

$\varphi > 0$: جنوب خط الإستواء



الشكل (I - 7): زوايا تحديد الموقع (زاوية خط العرض φ وزاوية خط الطول L)

I-8-4 زاوية خط الطول L :

هي الزاوية التي يصنعها خط الطول المار بالمنطقة مع خط الطول المار ببلدة غرينتش البريطانية الذي نعتبره خط الصفر، وتقرأ الزاوية موجبة شرقا وسالبة غربا [11,9] وتكون قيمها محصورة $L \in [-180, +180]$ كما موضح في الشكل (I - 7) السابق.

I-8-5 زاوية السمات الشمسي a :

وهي الزاوية المحصورة بين خط المار في النقطة على سطح الأرض، والمتجه جنوبا وبين المسقط الأفقي بين النقطة والشمس [3, 10]، هذه الزاوية تكون موجبة إذا كانت متجهة نحو الغرب، إذا تكتب هذه الزاوية بالعلاقة التالية:

$$\sin a = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos h} \quad (10 - I)$$

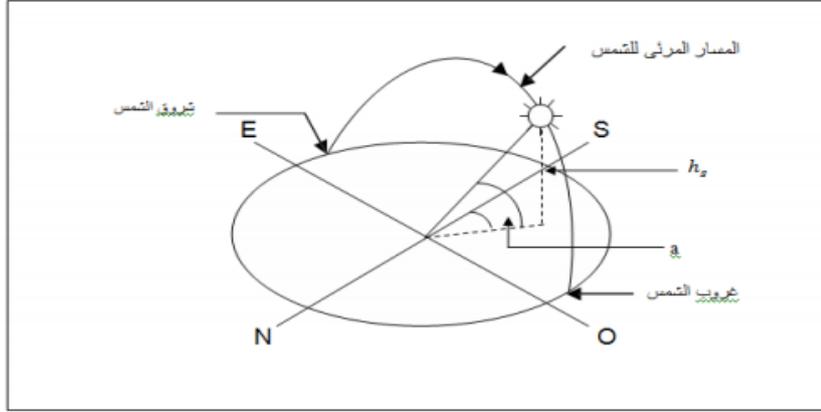
حيث:

$a=0$: مسقط الشعاع الشمسي منطبق على المحور الجنوب

$a>0$: مسقط الشعاع الشمسي منحرف على المحور باتجاه الغرب

$a<0$: مسقط الشعاع الشمسي منحرف على المحور باتجاه الشرق

هذين الزاويتين ممثلتين في الشكل (I - 8).



الشكل (I - 8): حركة الشمس عند نقطة من زاوية دائرة العرض [3].

I-8-6 زاوية السمات الرأسية Z:

هي الزاوية بين الشعاع الشمسي وسمت الأرض (الخط الشاقولي المار بالموقع) وبذلك فهي متممة زاوية الارتفاع الشمسي [11,3].

$$z = \frac{\pi}{2} - h \quad (11- I)$$

ويمكن حسابها بالعلاقة التالية:

$$\cos \theta_z = \cos \delta \cos L \cos \omega + \sin \delta \sin L \quad (12- I)$$

I-8-7 زاوية الساعة الشمسية ω:

زاوية الساعة الشمسية تعين بالدوران المنتظم للأرض حول محورها القطبي، إذا يوجد ارتباط مباشر للتوقيت الشمسي الحقيقي يكون متغير أساسي يسمح بالحساب الصحيح للإحداثيات الزاوية للشمس [4,3].

$$\omega = \frac{360}{24} (Tvs - 12) \quad (13- I)$$

حيث :

Tvs: توقيت الشمسي الحقيقي

تعطى علاقة التوقيت الشمسي الحقيقي كما يلي:

$$Tvs = TL + Et + \frac{L}{15} + C \quad (14- I)$$

حيث :

C : التصحيح الناتج عن تغير التوقيت المحلي (الصيفي ، الشتوي) مقارنة بتوقيت غرينتش الذي قيمته في الجزائر C = -1

TL : التوقيت المحلي .

Et : التصحيح الزمني (المعادلة الزمنية).

L : زاوية خط الطول التي تقع عليه المنطقة ، وتكون موجبة إذا كانت المنطقة شرق خط غرينتش بينما تكون سلبا غرب خط غرينتش [4].

العدد 15: هو درجة لكل ساعة عند التحرك (شرق - غرب) على نفس دائرة العرض ، أي 1 درجة لـ 4 دقائق أي مسافة (111Km) (شرق -غرب) لكل عند دائرة خط الإستواء $\varphi = 0$ و (96km) عن دائرة العرض المارة عبر مدينة الوادي حيث: $\varphi = 33.5^\circ$ وخط الطول $L = 6^\circ.47'$ [12].

I- 9 الخاتمة:

الطاقة عامل مهم لتطوير الحياة البشرية وللمحد من تأثير مصادر الطاقة التقليدية على البيئة انصب الاهتمام على البديل المتجدد ومن أمثلها الطاقة الشمسية بقدر متوسط الطاقة المستلمة لصحراء الجزائر ب: $2650 \text{ kwh/m}^2/\text{years}$ في 86% من إجمالي المساحة 3500 h/years . ولولاية الوادي موقع ممتاز الموافق لخط الطول $33^\circ 22' 06'' \text{N}$ وخط العرض $6^\circ 52' 03''$ يجعل منها مكان لاستغلال وتثمين هذه الطاقة الهائلة، يمكن استغلال الطاقة الشمسية في عدة مجالات : كهربائية باستخدام الخلايا الشمسية وحرارية بتوجيهها وتركيزها وهذا في المركبات الشمسية وهي : عدسة فريزل ومركز القطع المكافئ كما سنراه في الفصل التالي .

مراجع الفصل الأول

قائمة المراجع

- [1]: سعود يوسف عياش ، تكنولوجيا الطاقة البديلة عالم المعرفة ، الكويت فبراير 1981.
- [2]:كتاب الطاقة الشمسية الإشعاعية .
- [4]: الطاقة الشمسية واستخداماتها – محمد أحمد سيد خليل – دارالكتب العلمية للنشر وتوزيع بالقاهرة.
- [5]:أ- نبيل شهيد ، تقنيات الطاقة حساب الإشعاع الشمسي الساعي بمساعدة الحاسوب الطاقة والحياة – العدد الثالث والعشرون –الصيف (يونيو)2006.
- [6]:أ.بن حميدة سفيان ، أ. غوغالي مبروك ،كتاب سلسلة الطاقات المتجددة ،(2009) مطبعة مزوار
- [7]: خلف نور وحشيفة ليلي ،استعمال الطاقة الشمسية لتسخين المياه الصحية، مذكرة تخرج لنيل شهادة ليسانس أكاديمي بالمركز الجامعي الوادي (2012).
- [11]:أولاد سالم حليلة ، تقدير الإشعاع الشمسي في منطقة ورقلة وتأثير طرق التتبع الشمسي وزوايا توجيه اللاقط على شدة الإشعاع ، مذكرة ماستر أكاديمي جامعة ورقلة 2016.
- [12]: سوداني عبد البار ، دراسة نظرية لمجمع شمسي إسطواني مقعر ذي غطاء زجاجي مذكرة ماجستير ، جامعة ورقلة 2009.
- [3] Hamani Nadjette," Modélisation du flux solaire incident et de température de sortie dans un capteur solaire à eau avec effet de concentration du rayonnement solaire incident", mémoire de magister, Université Mohamed Khider- Biskra,2005.
- [8] SAYIGH A.A, Characteristics Of Solar Radiation, Solar Energy Conversion, Pergamon Press, Ontario,1979
- [9]A.ASFEIR G.GUARRACINO,ingenieur des systemes solaires , application a l'habitat , technique et documentation , Edition paris,1981.
- [10] K-Messaitfa.,Evaluation de l'apport quantitatif des inclinaisonsoptimales d'un Systeme de pompage photovoltiquesenersole '01-adrar-algerie pp255-272.2001
- [13]International Journal of Engetica(IJECA) Mokhtar Ghodbane
ISSIN : 2543-3717 December 2016 page 22.

الفصل الثاني

تركيز وتوجيه الأشعاع
الشمسي

II-1 المقدمة:

ان مشكلتي نضوب مصادر الطاقة والتلوث الناشئ عنها ادى الى البحث عن الحل البديل المتجدد ، لذلك تعتبر الطاقة الشمسية من اهم مصادر الطاقة المتجددة خلال القرن الواحد و العشرين ونظرا لتطور البحث العلمي تم استغلالها بطرق عدة : بشكل حراري وذلك عن طريق المركبات و المجمعات الشمسية ، وبشكل كهربائي عن طريق الخلايا الكهرو ضوئية او محرك ستيرلينغ، وحاليا تم استغلال الاشعاع الشمسي في توليد اشعة الليزر ما يسمى بالليزر الشمسي و الانارة وذلك عن طريق تركيزها وهذا ما سوف يكون محور دراستنا في هذا الفصل .

II-2 تعريف المركبات:

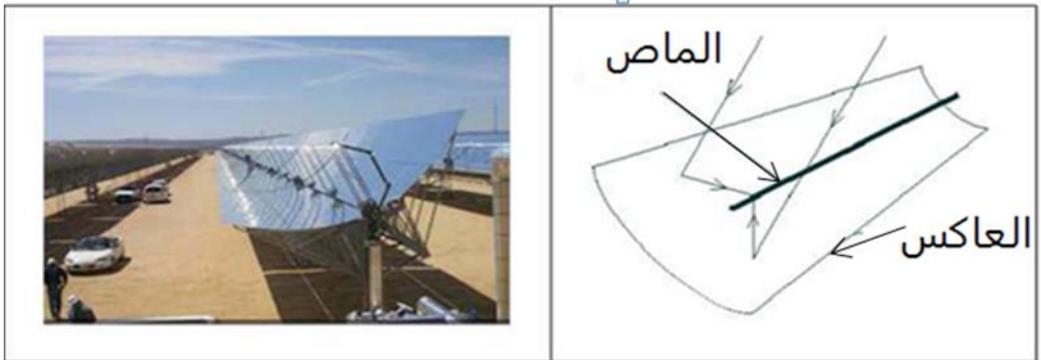
وهي منظومة خاصة بتركيز الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية أو كهربائية، لكونها تملك سطوح عاكسة لتركيز الاشعاع الشمسي اما بشكل خطي او نقطي، ويمكن استخدامها لأغراض متعددة

II-3 أنواع المركبات:

II-3-1مركبات خطية:

يتميز هذا النوع بدرجات حرارة منخفضة، تستخدم السطوح الاسطوانية حيث يتم تركيز الاشعة على شكل خطي ،ولا تتجاوز درجة حرارتها 250°C [1].

كما موضح في الشكل (II -1):



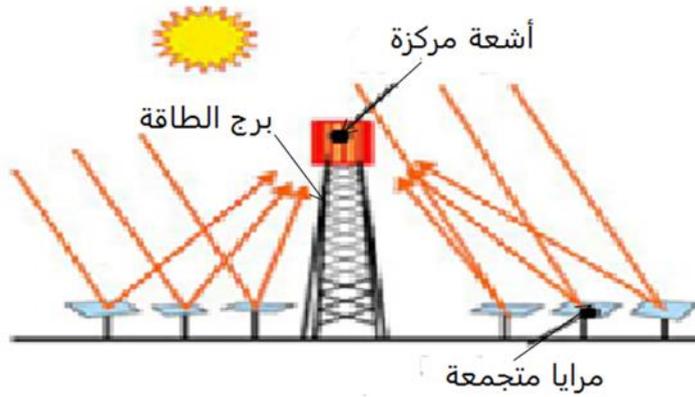
الشكل (II -1): مركز شمسي خطي.

II-3-2 المركبات النقطية :

تعرف المركبات الشمسية النقطية على انها سطوح عاكسة مقعرة ،تعمل على تركيز الاشعاع الشمسي في نقطة تسمى البؤرة نذكر منها :

II 1-2-3 ابراج الطاقة:

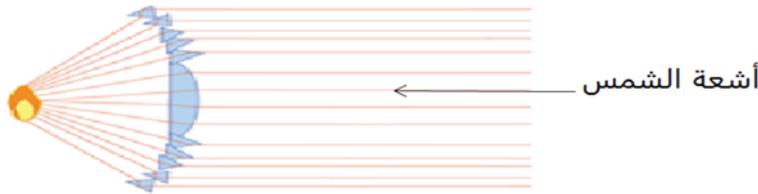
تتكون من مجموعة كبيرة من المرايا متجمعة على مساحة كبيرة تبلغ $100m^2$ حول برج مركزي يتجمع الاشعاع الشمسي في قمة هذا البرج حيث تبلغ درجة حرارتها $1000^{\circ}C$ [2]. كما يوضح الشكل (II - 2)



الشكل (II - 2) : البرج المركزي .

II 2-2-3 عدسات فرينل:

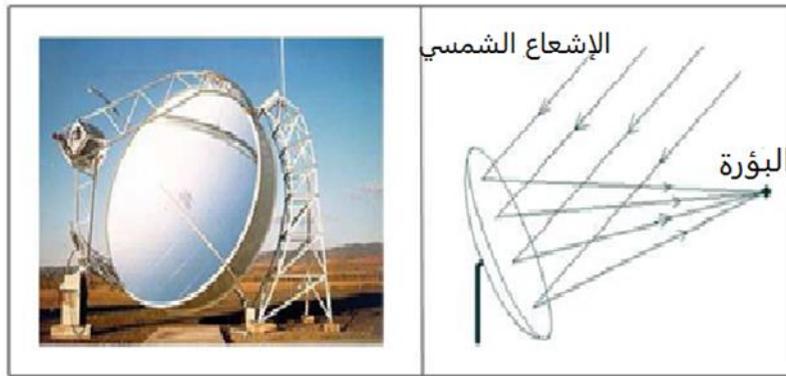
هي عدسة مكبرة شفافة ذات بعد بؤري قصير، وتتكون عدسة فرينل من سطحين سطح ناعم و سطح خشن، وكذلك يوجد عدسات فرينل ذات توزيع خطي والشكل (II - 3) يوضح صورة لعدسة فرينل ذات تركيز نقطي. [3]



الشكل (II - 3) : عدسة فرينل محدبة [3]

II 3-2-3 المركز الشمسي ذو القطع المكافئ (الصحن الشمسي):

يكون السطح العاكس لمجمع القطع المكافئ مقعرا، يقوم السطح العاكس بتركيز أشعة الشمس على نقطة بؤرية تبلغ درجة حرارتها بين $250^{\circ}C$ و $1500^{\circ}C$ [1]. كما يوضح الشكل (II - 4) :

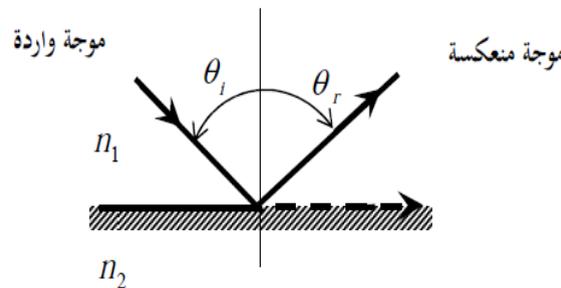


الشكل (II - 4) : المركز الشمسي ذو القطع المكافئ .

II-4 عمل المركزات :

II-4-1 مبدأ الانعكاس :

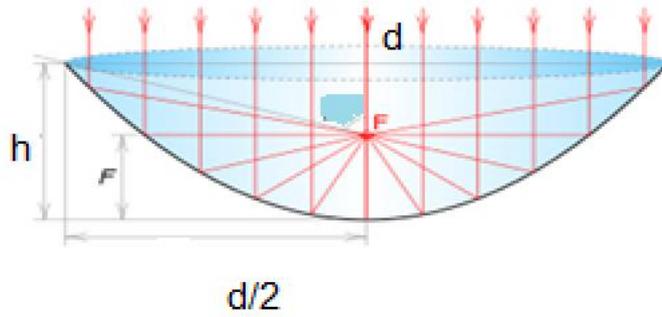
ينص مبدأ انعكاس الضوء على تساوي زاويتي السقوط والانعكاس اذا سقط الضوء على سطح عاكس مستوي حيث $\theta_i = \theta_r$ [4] كما يوضح الشكل (II - 5)



الشكل (II - 5) : مبدأ انعكاس الضوء.

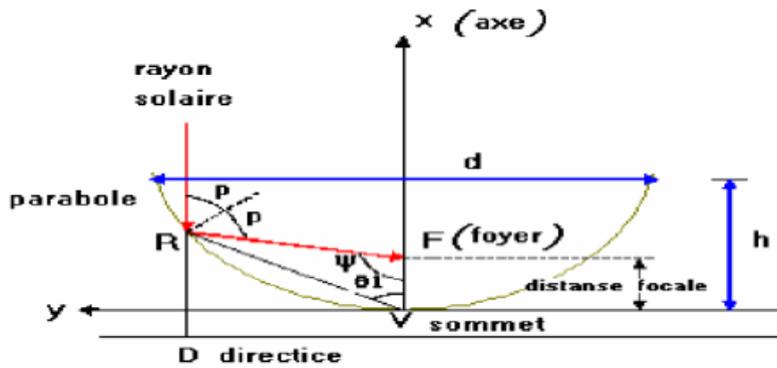
II-4-2 هندسة المركز الشمسي ذو قطع المكافئ :

تسقط الأشعة الشمسية متوازية على سطح عاكس للمراة ، فتتجمع الأشعة الشمسية على السطح الماص في البؤرة الضوئية ، حيث يلعب الشكل الهندسي لسطح المركز دورا مهما في عملية التركيز . كما يوضح الشكل (II - 6):



الشكل (II - 6): الصحن الشمسي.

يعرف القطع المكافئ بمعاملات عدة منها قطر القطع المكافئ و الارتفاع و زاوية الفتحة بالشكل (II - 7) و يعطي بالمعادلة التالية:



الشكل (II - 7): هندسة القطع المكافئ. [5]

تعرف معادلة القطع المكافئ بالمعادلة (II - 1) [5]:

$$Y^2 = 4fx \quad (1- II)$$

حيث:

f : البعد البؤري للقطع المكافئ .

الارتفاع:

تعطى عبارة الارتفاع بالعلاقة التالية [5]:

$$h = \frac{d^2}{16f} \quad (2- II)$$

حيث:

h : ارتفاع القطع المكافئ.

نصف قطر القطع المكافئ p [5]:

$$p = \frac{2f}{1 + \cos \psi} \quad (3-II)$$

حيث:

ψ : زاوية بين الخط (VF) و نصف قطر القطع المكافئ p .

تعرف زاوية الفتحة بالعلاقة التالية [5]:

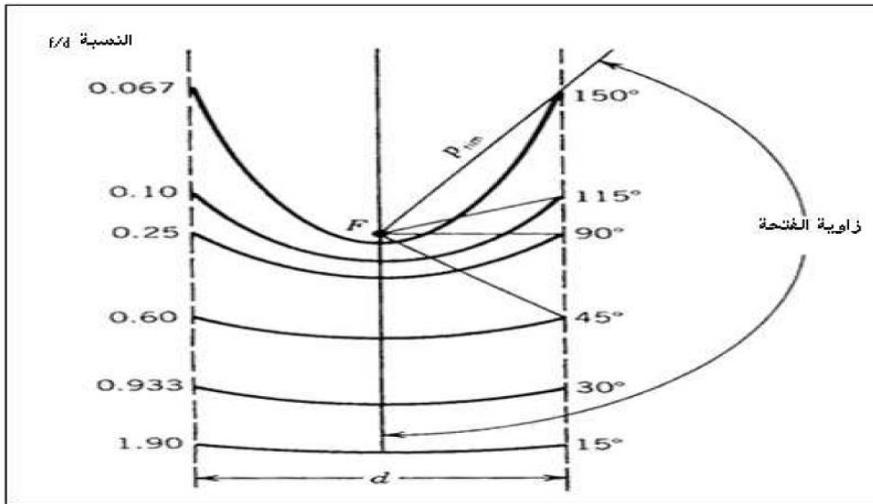
$$\tan \psi = \frac{f/d}{(f)^2 - \frac{1}{8}} \quad (4-II)$$

تعطى عبارة طول القوس للقطع المكافئ بالعلاقة التالية [5]:

$$s = \left[\frac{a}{2} \sqrt{\left(\frac{4h}{a}\right)^2 + 1} \right] + 2f \cdot \ln \left[\frac{4h}{a} + \sqrt{\left(\frac{4h}{a}\right)^2 + 1} \right] \quad (5-II)$$

s : وحدتها m .

يتغير بعد البؤرة بتغير قطر القطع المكافئ d كلما زاد القطر زادت مساحة الفتحة للقطع المكافئ مما يؤدي الى تغيير موقع البؤرة ونلاحظ كذلك من الشكل ان مساحة الفتحة للقطع المكافئ لها علاقة بتغير زاوية الفتحة التي بدورها ترتبط بشكل عكسي مع تغير النسبة f/d بحيث كلما زادت هذه النسبة نقصت قيمة زاوية الفتحة كما يوضح الشكل (8-II)



الشكل (8 - II): تغير البؤرة بدلالة تغير القطر [6]

تعطى عبارة مساحة الفتحة للقطع المكافئ كما يلي [5]:

$$A_s = \int_0^{d/2} dA_s = 8\pi f^2 \left\{ \left[\left(\frac{d}{4f}\right)^2 + 1 \right]^{\frac{3}{2}} - 1 \right\} \quad (6-II)$$

نسبة تركيز الهندسي القطع المكافئ هي نتيجة لنسبة بين مساحة فتحة السطح المستقبل على مساحة فتحة السطح العاكس وتعطى بالعلاقة التالية [7]:

$$C_g = \frac{A_{abs}}{A_{ref}} \quad (8- II)$$

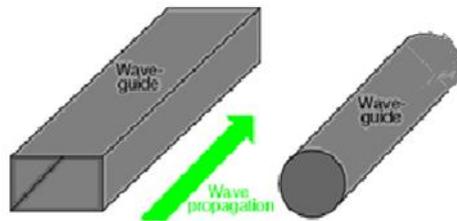
حيث:

A_{abs} : مساحة فتحة السطح المستقبل.

A_{ref} : مساحة فتحة السطح العاكس.

II -5 الموجهات الضوئية:

هي وسط ناقل للأشعة الضوئية وهي نوعان الاليف بصرية و تسمى كذلك بالألياف ضوئية و يوجد نوع ثاني من الموجهات الضوئية يسمى الدليل الموجي يكون على شكل قناة كما توضح الشكل (II -9): .



الشكل (II -9): الدليل موجي.

II -5-1 الاليف البصرية:

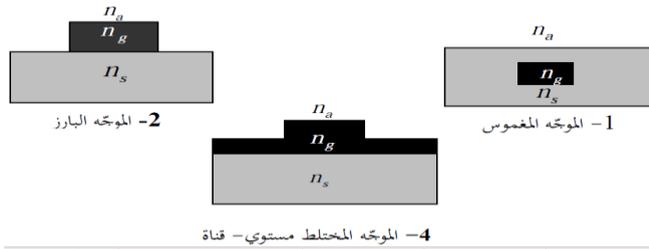
وهي تركيب من مادة الزجاج المطعم بهدف تضخيمها لنقل الاشارة الضوئية (الليزر) من نقطة لأخرى دون فقاداتها او اتلافها او تشويهها، يتكون الليف البصري من منطقة داخلية تسمى اللب يمر خلالها شعاع الليزر تحيط بها منطقة تسمى الغلاف وتكون قرينة انكسار منطقة اللب n_1 أكبر من قرينة انكسار الغلاف n_2 لجعل شعاع الليزر يسير في المنطقة الوسطية [9] تستعمل الاليف البصرية لنقل الاشارة الضوئية و ينتقل الضوء داخلها بمبدأ الانعكاس الكلي بين وسطين كما يبين الشكل (II -10):



الشكل (II - 10): الليف بصري.

II - 5- 2- الدليل الموجي:

هي انظمة عازلة كهربائيا تستعمل لحبس و تحديد مسار الموجة الضوئية ، لها عدة اشكال ومنها الموجهات المستوية و ثلاثية الابعاد (قناة) [7] كما يوضح الشكل (II - 11):



الشكل (II - 11): انواع قنوات الموجه الضوئي [4].

حيث n_s, n_g, n_a تمثل على التوالي قرينة انكسار كل من: الطبقة العليا ، الطبقة الموجهة والشريحة.

II - 5- 2- 1- أنواع الادلة الموجية:

تنقسم لنوعين بحسب قرينة انكساره [4]:

II - 5- 2- 1- 1- دليل موجي ذو قرينة انكسار ثابتة:

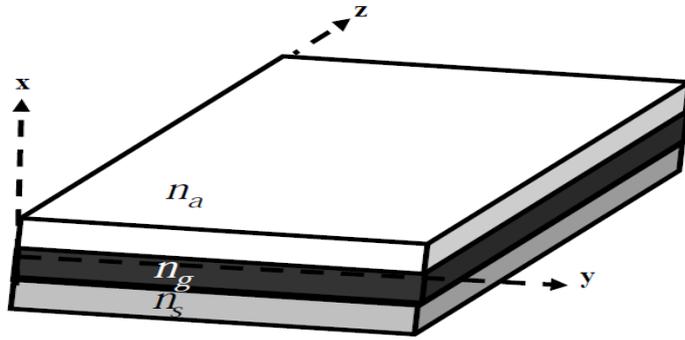
حيث لا تتغير قرينة انكساره بالنسبة للاتجاه العرضي لانتشار الموجة الضوئية.

II - 5- 2- 1- 2- دليل موجي ذو قرينة انكسار متغيرة:

تكون قرينة انكساره متغيرة بالنسبة للاتجاه العرضي لانتشار وهذا راجع لتغير خواصه من نقطة لأخرى.

II - 5- 2- 2- مبدا انتشار الضوء داخل الدليل الموجي:

للموجه المستوي العازل بنية هندسية تسمح باحتباس الضوء داخله في اتجاه واحد وطبقته الموجهة محجوزة بين عازلين [6] كما يوضح الشكل (II - 12):

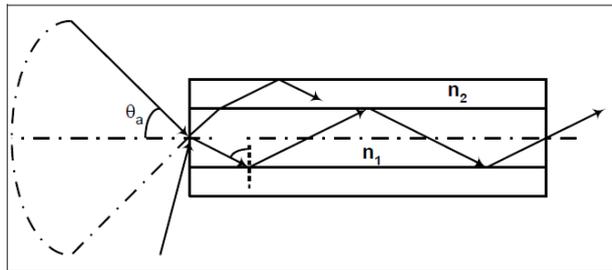


الشكل (II - 12): الموجه الضوئي المستوي العازل المدمج.[4]

- يخضع انتشار الضوء داخل الموجه الى مبدأ الانعكاس الكلي عند الحد الفاصل بين الوسطين (الموجه n_g - الطبقة العليا n_a و الموجه n_a - شريحة n_s) باتباعه مسار منكسر وحسب شرط التوجيه للضوء داخل الموجه الضوئي كما يلي [6]:

$$n_g \geq n_s \geq n_a$$

كما يوضح الشكل (II - 13).



الشكل (II - 13): مبدأ الانعكاس الكلي للضوء داخل الموجه[9].

- ولكي ينتشر الشعاع داخل الدليل الموجي يجب ان يحقق شرط القبول وهي اكبر زاوية يصنعها الشعاع مع المحور البصري والتي تسمح بدخوله للدليل الموجي[4] كما يوضح الشكل (II - 13):
تعطى علاقة زاوية القبول بالمعادلة التالية [9]:

$$\theta_a = \sin^{-1}(\sqrt{n_a^2 - n_s^2}) \quad (9 - II)$$

حيث:

n_a : قرينة انكسار الطبقة العليا.

n_s : قرينة انكسار الطبقة الشريحة .

II-5-3 معادلة الموجة:

معادلات ماكس ويل في الفراغ نجد [4]:

$$\text{div} \vec{D} = \vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho \quad (10- \text{II})$$

$$\text{div} \vec{B} = \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (11- \text{II})$$

$$\overrightarrow{\text{rot}} \vec{E} = \vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (12- \text{II})$$

$$\overrightarrow{\text{rot}} \vec{H} = \vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{j} - \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (13- \text{II})$$

حيث:

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} \quad \text{شعاع التحريض الكهربائي}$$

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad \text{شعاع التحريض المغناطيسي}$$

$$\rho: \text{كثافة الشحنة } \left(\frac{C}{m^3} \right).$$

$$\vec{j}: \text{كثافة التيار } \left(\frac{A}{m^2} \right).$$

$$\epsilon: \text{السماحية الكهربائية } \left(\frac{F}{m} \right).$$

$$\mu: \text{النفذية المغناطيسية } \left(\frac{Henm}{m} \right).$$

تعطى معادلة الموجة في الفراغ [6]:

$$\Delta \vec{E}(r, t) = - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}(r, t)}{\partial t^2} = 0 \quad (14- \text{II})$$

$$\Delta \vec{B}(r, t) = - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{B}(r, t)}{\partial t^2} = 0 \quad (15- \text{II})$$

بما ان الضوء عبارة عن موجة كهرو مغناطيسية مكونة من حقلين كهربائي ومغناطيسي عموديان على بعضهما و عموديان على اتجاه الانتشار فأن اهتزاز الحقل الكهربائي في الفراغ يعرف بالمعاداة التالية:

نكتب صيغة الحقول [4]:

$$E = e(x, y) \exp(i\beta z) \quad (16- \text{II})$$

$$H = e(x, y) \exp(i\beta z) \quad (17- \text{II})$$

حيث:

β : ثابت الانتشار.

e_0 : سعة الحقل الكهربائي.

h_0 : سعة الحقل المغناطيسي

II-3-5-1 انتشار الموجة الضوئية في الدليل الموجي:

تعطى عبارة انتشار الموجة الكهربائي في وسطين داخل و خارج الدليل الموجي [4]:

$$E_y(x, z) = \begin{cases} A_a \exp(-\gamma_a \cdot x), & x > d/2 \\ A_g \cos(k_x \cdot x + \Psi), & \exp(i\beta z) |x| \leq d/2 \\ A_s \exp(-\gamma_s \cdot x), & x < d/2 \end{cases} \quad (19- \text{II})$$

حيث:

A_s, A_a, A_g ، ثوابت تحدد حسب الشروط الحدية .

k_x : شعاع الانتشار على المحور x .

Ψ : فرق الطور.

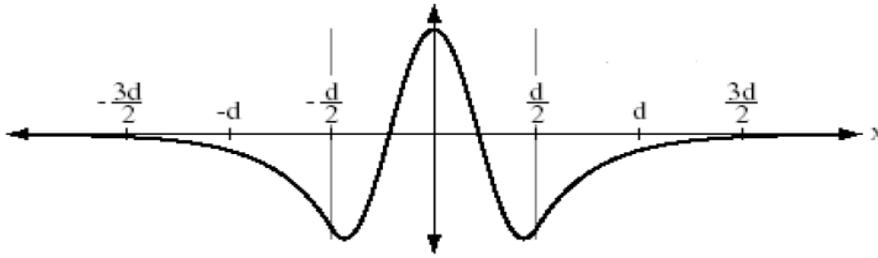
ثابت موجب $\gamma_a > 0$.

ثابت سالب $\gamma_s < 0$.

إذا كان :

$d/2 > x > d/2$: فان الموجة خارج الدليل الموجي في هذه الحالة تكون متخامدة بحيث ينقص انتشارها كلما ابتعدت عن سطح الدليل الموجي من الجهتين.

$\exp(i\beta z) |x| \leq d/2$: الموجة تنتشر داخل الدليل الموجي وفي هذه الحالة تكون الموجة جيبيية الذي يحقق انتشارها مبدأ الانعكاس الكلي داخل الدليل الموجي كما يوضح المنحنى التالي (II-14):



الشكل (II - 14): منحنى انتشار الموجة داخل الموجه الضوئي. [4]

II-6 الخاتمة:

تطرقنا في هذا الفصل لدراسة المراكز الشمسية النقطية بنوعها عدسات فريزل والقطع المكافئ، على الرغم من ان عدسة فريزل تملك مميزات عديدة من انخفاض تكلفتها وسهولة صنعها وتوفرها بشكل دائم ونفاذيتها الجيدة للأضواء. الا ان المركز الشمسي ذو القطع المكافئ يملك مميزات خاصة. وسوف نستعمله بهدف تركيز الاشعاع الشمسي في البؤرة، وللتوجيه هذا الاشعاع من المركز الشمسي نستعمل الدليل الموجي الذي له مبدأ الانعكاس الكلي للضوء داخله وهذا لاستغلاله في عملية الضخ الضوئي في منظومة الليزر الشمسي.

مراجع الفصل الثاني

- [1] : سوداني عبد البار، " دراسة نظرية لمجمع شمسي اسطواني مقعر ذي غطاء زجاجي "، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة 2009.
- [4]: بوراس ليلي، "دراسة تأثير شبكة براغ المنتظمة على تحسين الانتقائية الطيفية في الموجات الضوئية المدمجة تطبيق: تجويف رنين لليزر مدمج"، مذكرة ماجستير ، جامعة ورقلة 2006.
- [9] :عدي عطا حمادي،"اساسيات الليزر وتقنياته"، تموز 2004.
- [2] Mr. Kadraoui Hicham , " ETUDE COMPARATIVE ET RENDEMENT ENERGETIQUEDES DIFFERENTS DEGRES DE CONCENTRATION DES CONVERTISSEURS THERMODYNAMIQUE DE L'ENERGIE SOLAIRE" , MAGISTER , UNIVERSITE ABOU–BAKR BELKAID – TLEMCEM , 2011.
- [3] www.genuineholographics.com(28/4/2018)
- [5] M. Bensafi, S. Zegnoun, B. Draoui, " Etude Expérimentale Et Modélisation D'un Concentrateur Parabolique Solaire Dans La Région De Béchar", *Laboratoire ENERGARID, Université de Béchar ، Département de science et technologie BP 417, 08000 Université de Béchar*. Published on 10 July 2013.
- [6] I.Zeghib, R.Chenni and Kerbache , Design and construction of a Thermal Collection of High Temperature, Journal of energeneering and applied science2(12) 1827-1833 ,2007.
- [7] Hamani Nadjette, Modélisation du flux solaire incident et de la température de sortie dans un capteur solaire à eau avec effet de concentration du rayonnement solaire incident, mémoire de magister, Université Mohamed Khider- Biskra,2005.
- [8]M.Mouzouris and M.JBrooks,Construction of a Composite Material Solar Concentrator for High Heat Flux Applications University of KwaZulu-Natal, Durban, 4041,South Africa,25-28July2010.

الفصل الثالث

الليزر الشمسي

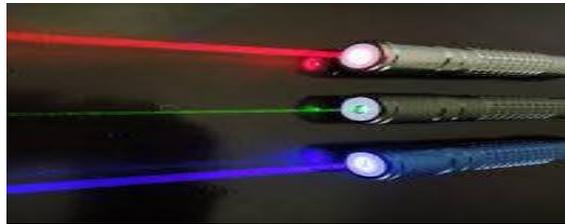
III-1 المقدمة:

تم تصميم اول جهاز ليزر عام 1960 من قبل العالم ميمان باستخدام بلورة الياقوت الذي يعرف بليزر الياقوت، يتميز شعاعه بخصائص فريدة عن الضوء العادي مما جعلته يدخل في كثير من المجالات: الطب وذلك بأجراء العمليات وجراحة العيون وطب الاسنان، الجانب العسكري فقد دخل في المنظومة الدفاعية العسكرية بحيث يستهدف الصواريخ ويدمرها قبل وصولها للهدف وكذلك يحطم الطائرات الحربية في الجو، والمجال الصناعي مثل الثقب والتلحيم والقص [1].

ولتوليد اشعة الليزر تستعمل في عملية الضخ تقنيتان: الضخ الكهربائي وذلك بتطبيق فرق كمون على الغاز والضخ الضوئي، مع تطور الابحاث ولخفض التكلفة وتجنباً لمخاطر الطاقة الأحفوري تم اللجوء مؤخراً لتقنية الضخ بالطاقة الشمسية لكونها طاقة نظيفة ومجانية وتملك شعاعاً ذو مجال طيفي واسع ومتعدد الأطوال الموجية بحيث يسمى هذا الليزر بالليزر الشمسي.

III-2 تعريف الليزر (LASER):

تعني كلمة LASER باللاتينية (Light Amplification by Stimulated of Emission Radiation) أي (تضخيم الضوء بإثارة الإشعاع المنبعث)، وهي اشعة تملك خصائص فريدة وعديدة تميزه، حيث يبعث شعاعاً ضوئياً رفيعاً جداً وأحادي طول الموجة ومترايط زمانياً ومكانياً. تغطي أشعة الليزر كل مجال الطيف الكهرومغناطيسي أي المجال المرئي وتحت الأحمر بمناطقه الثلاث القريبة والبعيدة والمتوسطة أو المجال فوق البنفسجي [2] كمثال لاحد انواع الليزر الموضح في الشكل (III-1):



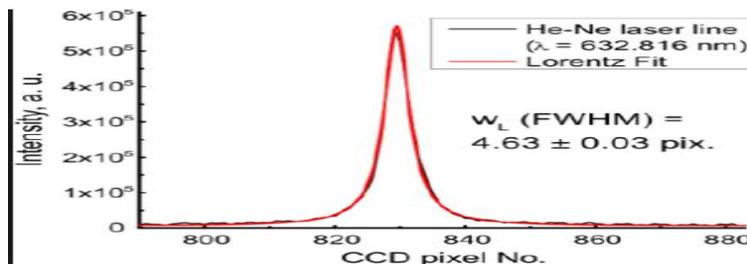
الشكل (III - 1): شعاع الليزر

III-3 مميزات شعاع الليزر:

III-3-1 أحادي اللون:

شعاع الليزر ذو عرض طيفي ضيق ينتج عنه تردد مفرد نقي تقريبا كما يوضح الشكل (III-2):

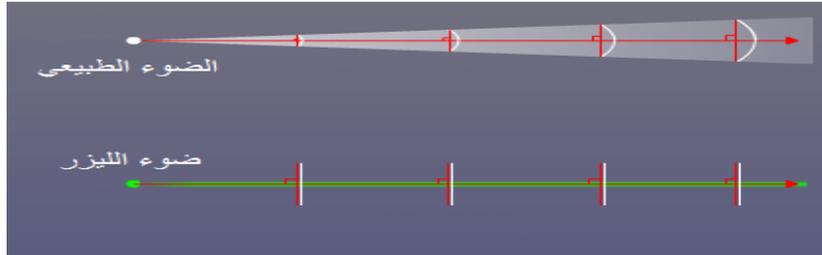
مثل ليزر الهليوم نيون الذي طول موجته 632.816nm [3].



الشكل (III - 2): طيف ليزر غاز الهليوم نيون. [1].

III-3-2 الاتجاهية:

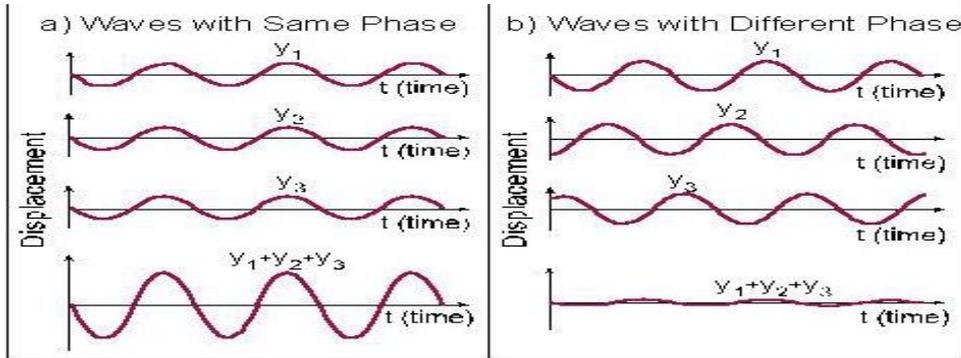
التشتت او التفريق في حزمة الليزر يكاد يكون شبه معدوما بزواوية التشتت θ صغيرة جدا، حيث $\cos \theta \cong 1$ ، أي تنتشر في خطوط مستقيمة قريبة للتوازي بخلاف الضوء العادي [1] كما يوضح الشكل (III-2) :



الشكل (III-3) : الفرق بين الضوء العادي و ضوء الليزر

III-3-3 الترابط:

وهي خاصية بالغة الأهمية تتميز بها أشعة الليزر إذ إن التماسك و الترابط بين موجات الحزمة الواحدة مكانيا و زمانيا للحزمة اي حدوث ظاهرة التداخل البناء كما يوضح الشكل a (III-4)، بخلاف الضوء العادي الذي يكون فيه تداخل الحزمة تداخل هدام يوضح الشكل b (III-4) ، [3]:



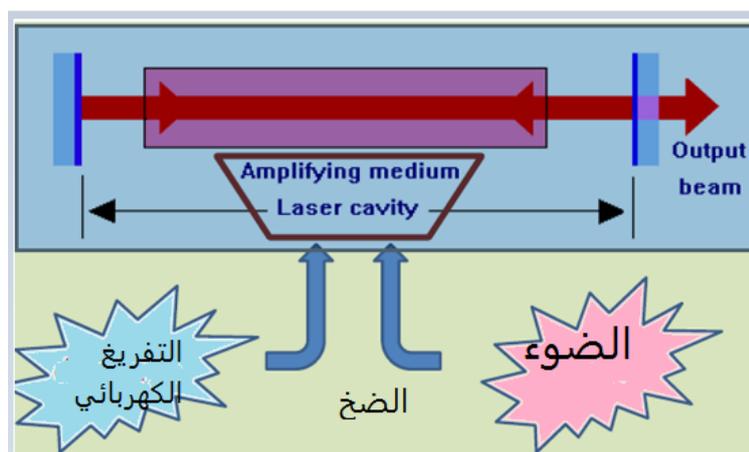
الشكل (III-4) : تداخل الضوء في الليزر و الضوء العادي

III-3-4 الشدة الضوئية (السطوع):

شدة الشعاع عالية و مركزة في حزمة ذات قطر ضيق لا يتجاوز الواحد ميلي متر. [3].

III-4 مكونات جهاز الليزر:

هو جهاز يتكون من ثلاث مكونات اساسية الوسط الفعال و وسيلة الضخ بنوعها (الضخ الضوئي و الضخ الكهربائي) و المرنان كما موضح في الشكل (III-5):



الشكل (III - 5): مكونات جهاز الليزر

III-4-1 الوسط الفعال:

هو المادة التي تكون مسؤولة عن توليد الليزر وهي ثلاث أنواع [3]:

المادة الصلبة : هو وسط بلوري مثل الياقوت الصناعي Ruby و Nd:YAG وعقيق الألمنيوم ، او وسط زجاجي .

المادة السائلة: هي محاليل للأتربة النادرة بحيث يكون هذا المحلول عبارة عن مركب معدني –عضوي يكون فيه الايون المعدني محاط بذرات الاوكسجين مثل Nd_2O_3 ، وليزر الاصباغ العضوية المتفلورة ...

المادة الغازية: مثل خليط غاز الهليوم نيون He-Ne وغاز اول اكسيد الكربون Co وغاز هليوم الكاديوم

.He-Cd

ليزر أشباه الموصلات: تتكون المادة الفعالة من عناصر العمود الرابع من الجدول الدوري وتطعم بعنصر من العمود الخامس ، مثل ارسنيك الجاليوم As-Ga ، والجدول (III-1) يوضح بعض المواد الشائعة الاستعمال والطول الموجي لإثارته:

الجدول(III-1): انواع مواد الليزر مع اطوال الموجية لإثارته

طول موجة الاثارة	نوع المادة الفعالة	
الضوء الاخضر والازرق	الياقوت الصناعي Al_2O_3	صلبة
المنطقة الحمراء $632nm$ المنطقة الخضراء $543.5nm$ المنطقة تحت الحمراء $1523nm$	خليط غاز الهليوم والنيون : He-Ne	الغازية
ما بين الاطوال الموجية $408.9nm \rightarrow 686.1nm$	غاز الارجون : $Ar+$	الغازات المتأينة
يعمل عند الطول الموجي $10.6\mu m$	غاز أول أكسيد وغاز: CO ثاني أكسيد الكربون: CO2	الجزينات الغازية

III-4-2 التجويف الرنيني (المرنان):

هو منظومة مكونة من مرآتين على محور بصري مشترك مع الوسط الفعال حيث تنتقل الفوتونات المولدة بين المرآتين ذهاب وإيابا من أجل تضخيمها ، تكون إحدى هاتين المرآتين ذات انعكاسية تامة الخلفية والمرآة الأخرى تكون ذات انعكاسية جزئية. يوجد نوعان وهما تجويف حلقي وتجويف خطي(-Fabry-Pérot) الموضح في الشكل (III-5). [4].

III-4-3 وسيلة الضخ:

مصدر الطاقة الذي يهز ذرات الوسط الفعال للحصول على الانقلاب السكاني (التوزيع العكسي)، وهو على عدة أنواع حسب نوع الوسط الفعال لليزر: [2]

III-4-3-1 التفريغ الكهربائي:

تكون عملية الاثارة بواسطة جهد كهربائي مطبق على الغاز و أشباه الموصلات .

III-4-3-2 الضخ الضوئي:

تتم اما بواسطة الضوء العادي (مصباح النيون) كما موضح في الشكل وبواسطة ديود ليزر كذلك نستطيع استخدام ضوء الشمس المركز والذي يسمى بالليزر الشمسي.

III-5 آلية حدوث الانبعاث الليزري:

تفاعل اشعاع المادة: تكون المادة الفعالة في حالة إتزان حراري مستقر، أي ان جميع الالكترونات تكون في المستوى الاساسي عند ورود إشعاعا كهرومغناطيسي عليها بالتردد المناسب ν يحدث تحفيز للإلكترونات، تتفاعل المادة مع هذا الاشعاع في ثلاث اليات وهم الامتصاص والانبعاث التلقائي والانبعاث المحفز [5]:

الاتزان الحراري تعطينا فكرة عن احتمالية حدوث انتقال بين مستويات الطاقة وذلك عند حدوث توازن حراري يرتبط توزيع N_2 و N_1 بعلاقة بولتزمان التي تعطى كما يلي [6]:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{g_2}{g_1} e^{\frac{-h\nu}{kt}} \quad (1-III)$$

N_1 : عدد الذرات في المستوي الأدنى .

N_2 : عدد الذرات في المستوي الأعلى .

g_i : انحلال المستوي i .

h ثابت بلانك $6.63 \cdot 10^{-34} [j.s]$

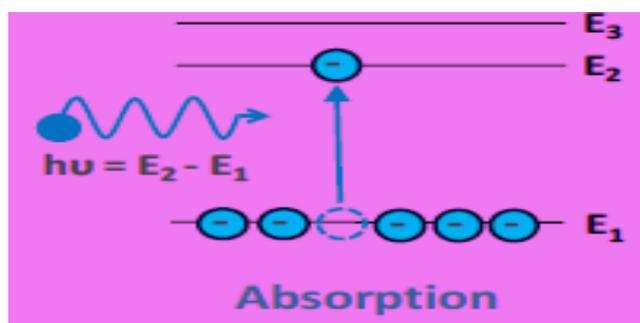
ν : تردد الفوتونات Hz .

k : ثابت بولتزمان $1.38 \cdot 10^{-23} j/k$

t : درجة الحرارة k .

III-5-1 الامتصاص:

هو عملية انتقال (اكتساب) الطاقة $h\nu$ قدرها $h\nu = E_2 - E_1$ من المحيط إلى المادة الفعالة ما يؤدي لعودة الالكترون الى المستوى الاعلى المثار E_2 بعدما كان في المستوى الاساسي E_1 [5] كما هو موضح في الشكل (III-7):



الشكل (III - 6): آلية حدوث الامتصاص

تعرف نسبة الانتقال من المستوي الأدنى إلى المستوي الأعلى بالمعادلة التالية [6]:

$$\frac{dN_1}{dt} = - B_{21}\rho(\nu)N_1 = -w_{12}N_1 \quad (2-III)$$

حيث:

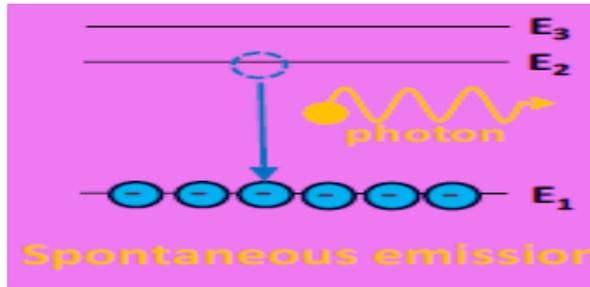
w_{12} : إحتمال الإثارة لوحدة الزمن .

B_{21} : معامل اينشتاين لعملية الامتصاص وحدته $j^{-1} \cdot s^{-2} \cdot m^3$.

$\rho(\nu)$: كثافة طاقة الاشعاع الوارد ووحدتها $j \cdot s \cdot m^{-3}$

III-5-2 الانبعاث التلقائي:

هو عملية فقدان الطاقة من المادة بشكل تلقائي وبدون تأثير خارجي ويكون على شكل ضوء. بحيث تعود الالكترونات لوضع الاستقرار تلقائي وتعطى فوتون بطاقة الممتصة سابقا [5] كما يوضح الشكل (III-8):



الشكل (III - 7): آلية حدوث الانبعاث التلقائي.

تعرف نسبة الانتقال من المستوي الأعلى إلى مستوي الأدنى بالمعادلة التالية [6]:

$$\frac{dN_2}{dt} = - A_{21}N_2 = \frac{1}{\tau_{rad}} N_2 \quad (3 - III)$$

حيث:

A_{21} : معامل اينشتاين للانبعاث التلقائي وحدته s^{-1} .

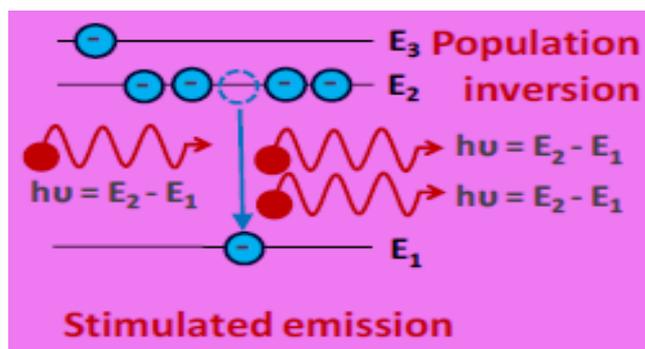
τ_{rad} : زمن المكوث او عمر الطبقة وحدته s .

$$\tau_{rad} = \frac{1}{A_{21}}$$

III-5-2 الانبعاث المحفز:

عندما تكون المادة مثارة أي ان الالكترونات تكون في المستوى المثار E_2 ويمر بها فوتون ذو طاقة

$h\nu = E_2 - E_1$ يحفزها على النزول للمستوى الاساسي E_1 قبل انتهاء زمن مكوثها في تلك الطبقة محررا فوتون يمتلك نفس الطاقة $h\nu$ وبنفس الخصائص الموجية [5]. كما يوضح الشكل (III-9):



الشكل (III - 8): آلية حدوث الانبعاث المحفز

تعطى نسبة الانتقال من المستوي الأعلى إلى المستوي الأدنى بالمعادلة الآتية [6]:

$$\frac{dN_2}{dt} = -B_{21}\rho(\nu)N_2 = -w_{21}N_2 \quad (4-III)$$

حيث:

w_{21} : احتمال الإصدار المحثوث لوحدة الزمن .

B_{21} : معامل اينشتاين للانبعاث المحفز و وحدته $m^3s^{-2}j^{-1}$

نسبة معاملات اينشتاين: تعطينا فكرة جيدة عن احتمالية حدوث الامتصاص او الانبعاث التلقائي او الانبعاث المحفز المعطى بالمعادلة التالية [7].

$$\frac{A}{B} = \frac{8h\nu^3n^3}{c_0^3} \quad (5 - III)$$

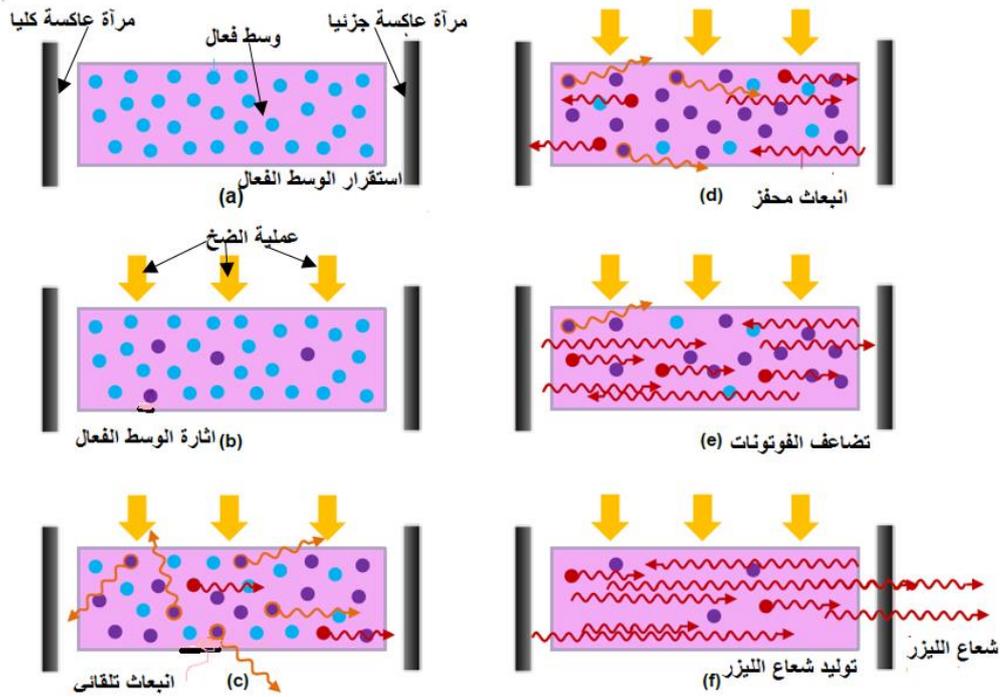
حيث:

n : قرينة الانكسار الوسط الفعال .

c_0 : سرعة الضوء في الفراغ $3.10^8 \left[\frac{m}{s}\right]$.

III-6-6 آلية حدوث الليزر:

تكون المادة الفعالة في حالتها الاساسية مستقرة كما يوضح الشكل (a) ، عند امتصاصها لطاقة قدرها $h\nu = E_2 - E_1$ تثار عدد من الذرات داخلها كما يوضح الشكل (b)، تخلف عودة الالكترون للمستوي الأدنى او الاساسي بعد نهاية زمن المكوث τ_{rad} في المستوي المثار فوتون، في ظاهرة تسمى بالانبعاث التلقائي كما يوضح الشكل (c) ، هذا الفوتون يمتلك نفس الطاقة الممتصة سابقا مما يجعله يحفز الكترون اخر وهو بدوره عند استقراره يرسل فوتون بنفس الخصائص ، وبعد تكرار هذه العملية تصبح فترة مكوث الالكترونات في المستوي المثار اقل لأنها تعود لمستوي الاستقرار قبل نهاية زمن مكوثها بسبب اصطدامها بفوتون وتدعى هذه الظاهرة بالانبعاث المحفز كما يوضح الشكل (d) ، الفوتونات التي لا تصادف الكترونات لتتصادم بها تتضاعف داخل المرنان بحركتها ذهابا و ايابا، وبتكرار هذه العملية ومع وجود المرنان سوف تتضاعف حزمة الفوتونات المتوالدة التي تقع على نفس المحور البصري كما يوضح الشكل (e)، ما يؤدي في الاخير لتوليد شعاع ليزر كما يوضح الشكل (f) [7]. هذه الآلية موضحة في الشكل (III-10):

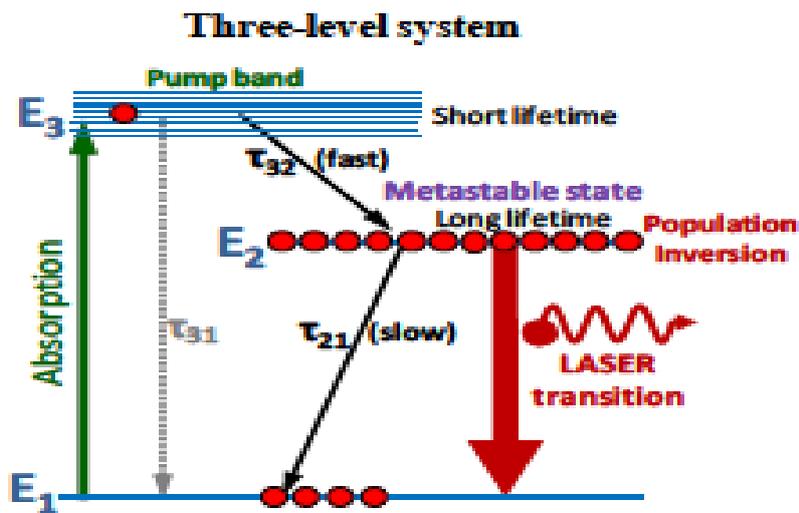


الشكل (III - 9): آلية حدوث الليزر

III-7 مستويات الليزر:

III-7-1 الليزر ثلاثي المستوي:

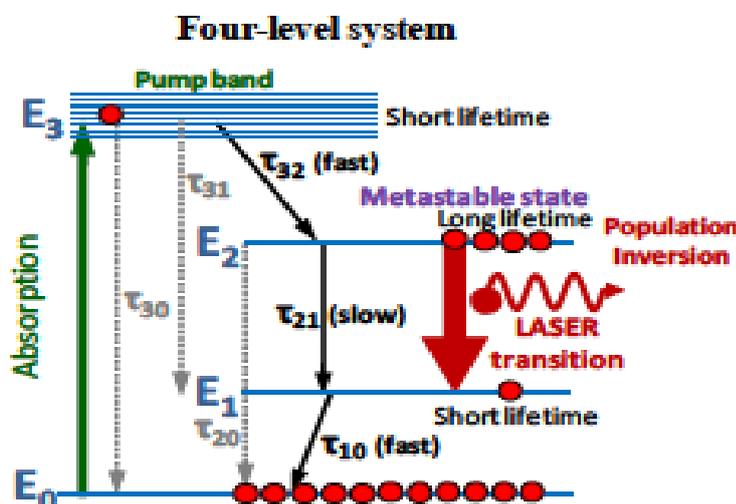
تكون الذرات في حالتها الأساسية في السوية الأولى E_1 وعند اكتساب طاقة تنتقل إلى السوية E_3 (المستوي المثار) وبعد عملية استرخاء تعود للسوية E_2 . فإذا كان هذا الاسترخاء سريعاً تبقى السوية E_3 فارغة تقريباً، ويحدث الانقلاب السكاني في السوية E_2 (المستوى شبه المستقر) ويكون الانتقال من هذه الأخيرة للسوية E_1 انتقال مشع كما يوضح الشكل (III-2): [1].



الشكل (III - 10): ليزر ذي 3 مستويات. [8]

III-7-2 الليزر رباعي المستويات:

عند اثاره الذرة ترتفع من المستوي الاساسي E_0 للمستوي المثارة E_3 تم تنزل للمستوى شبه المستقر في عملية استرخاء E_2 ، و يكون الانتقال من هذا الاخيرة للمستوي E_1 مشع، ثم يصاحبه انتقال بين السويتين E_0 و E_1 يكون لا يكون مشع (استرخاء). كما يوضح الشكل (III-13):[1].



الشكل (III - 11): ليزر ذي 4 مستويات.[8]

III-8 الليزر الشمسي:

هو الليزر الذي يعمل بالطاقة الشمسية، يشترك في نفس الخصائص مع أشعة الليزر التقليدية ولكنه يستخدم الطاقة الشمسية لضخ وسيط الليزر. هذا النوع من الليزر فريد لكونه لا يتطلب أي مصدر للطاقة الاصطناعية مما يشجع استخدام الطاقة البديلة.

III-8-1 لمحة تاريخية:

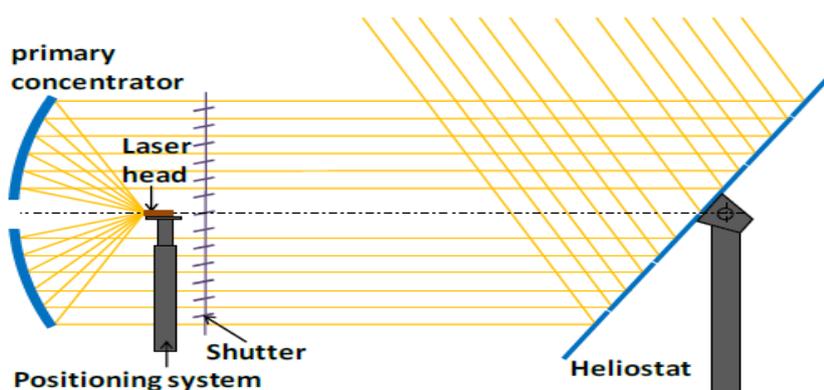
اول ليزر يعمل بالطاقة الشمسية كان من طرف Kiss و زملاؤه عام 1963 في بري ستون الولايات المتحدة الامريكية، من بلورات CaF_2 المطعم ب Dy^{+2} انتج طول موجي قدره $2.36\mu m$ عند استطاعة ممتصة قدرها $3w$ [8].

وفي عام 2007 تم باستعمال عدسة فريزل ذات ابعاد مساحتها $(1.33.0.98)m^2$ بعدها البؤري عند $1.2m$ لضخ مادة $Cr:Nd:YAG$ وكان ذلك من طرف الباحث $yabe$ و زملاؤه طوكيو للتكنولوجيا اليابان تحسين كفاءة الليزر بزيادة كفاءة منظومة الليزر حيث بلغت قيمتها $18.7w/m^2$ [8]. كما يوضح الشكل (III-13):



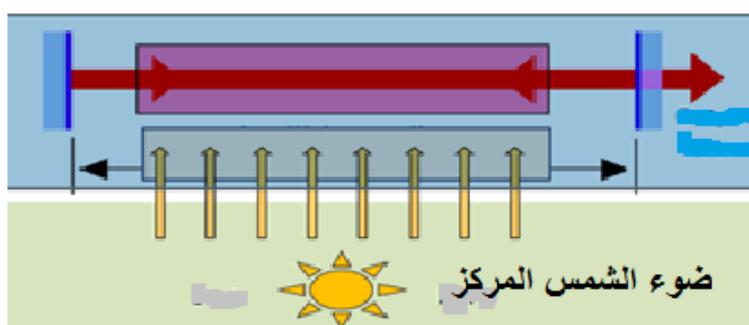
الشكل (III - 12): منظومة الليزر الشمسي

في الفترة الممتدة مابين 2013-2017 عملت الباحثة Almeida و زملاؤها على القيام بعدد من البحوث منها استعمال منظومة مركز القطع المكافئ لإنتاج ليزر ذو كفاءة بلغت $9.6w$ [8]. الموضحة في الشكل (III-14)



الشكل (III - 13): المنظومة ليزرية

III-8-2 مكونات المنظومة الليزرية:



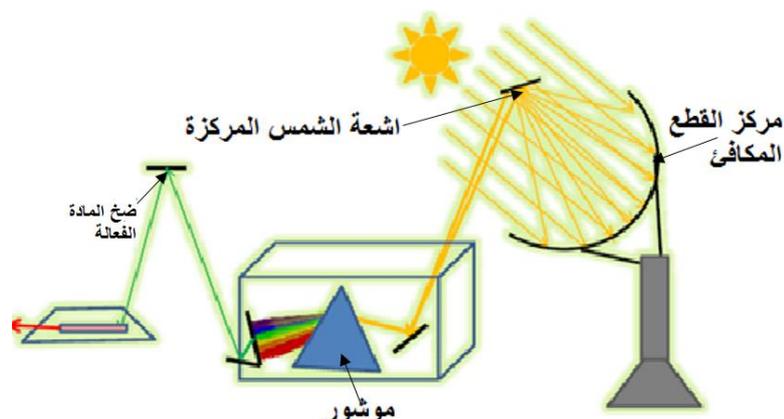
الشكل (III - 14): منظومة الليزر الشمسي.

تتكون منظومة الليزر الشمسي كباقي منظومات من مادة فعالة وتجويف بصري ووسيلة ضخ ، لكن هنا استعملت اشعة الشمس المركزة كوسيلة للضخ .

III-8-2-1 الضخ الشمسي:

نستعمل الطاقة الشمسية المركزة من طرف القطع المكافئ لضخ المادة الليزرية، ولكون طيف الاشعاع الشمسي المركز يحوي مجال من الاطوال الموجية لا تتفاعل كلها مع المادة الفعالة (لأنها لا تثار الا بالطول الموجي المناسب للانتقال) مما يؤدي الى انتشار الحرارة داخلها وهذا قد يؤدي الى تلفها فنقوم بعملية ترشيح

الضوء المجمع من طرف الصحن الشمسي للحصول على الضوء ذو الطول الموجي المطلوب من المجال الطيفي والذي يتلاءم مع تحفيز ضخ المادة الفعالة كما يوضح الشكل (III-16):



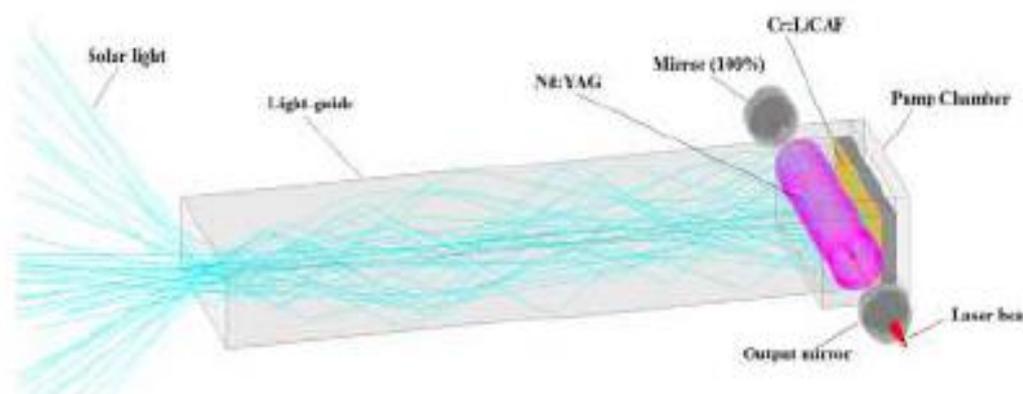
الشكل (III - 15): ترشيح الاشعاع الشمسي المركز

تكون عملية ترشيح الاشعاع الشمسي المركز عن طريق القطع المكافئ، بفصل الاضواء المجمعة و ترشيحها بواسطة موشور ثم نقوم بضخ الطول الموجي المناسب للمادة الفعالة . كما يوضح الشكل (III-16).

ويوجد نوعان من الضخ: [8] .

III-8-2-1- الضخ الجانبي :

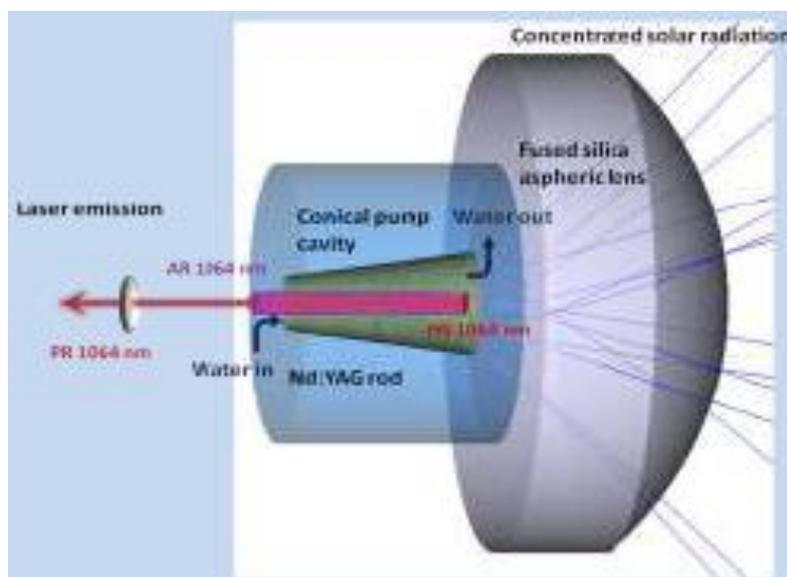
يكون بتسليط الاشعاع الشمسي المركز على السطح الجانبي لقضيب الليزر، وذلك بوضع قضيب الليزر داخل تجويف بصري لتجميع الإشعاع الشمسي الناتج عن بؤرة المركز الشمسي والشكل (III-17) يبين عمل للباحثين *Makhmudov* و *Payziyev* دراسة امكانية زيادة كفاءة مادة *Nd:YAG* باستخدام *Cr:LiCAF* وقد تبين زيادة تقدر ب 2.4 و 1.9 مرة من خلال الضخ الطرفي و الضخ الجانبي على التوالي . وكان هذا العمل من بين الاعمال التجريبية المحققة للضخ الجانبي [8] :



الشكل (III - 16): منظومة الضخ الجانبي. [8]

III-8-2-1-2-2 الضخ على الاطراف:

يكون الضوء مسلط على نهاية واحدة من القضيب المستعمل من مادة $Nd:YAG$ ، وهذا ما سيكون موضوع دراستنا، والشكل (III-17) يبين عمل الباحث *Liang* و زملاؤه وهذا من بين الاعمال التجريبية المحققة للضخ على الطرف في سنة 2016 بكفاءة تقدر ب $25 w/m^2$ [8] :



الشكل (III - 17) : منظومة الضخ على الطرف.[8]

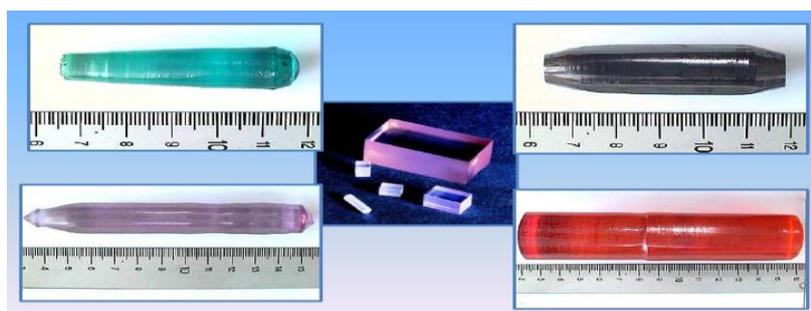
III-8-2-2-2-2 المادة الفعالة:

تستعمل عناصر الارض النادرة في منظومة الليزر الشمسي لكونها تتميز بمجال امتصاص و إصدار كبير داخل مجال الطيف الكهرومغناطيسي والجدول التالي يوضح طيف الامتصاص والاصدار لبعضها [8]:

الجدول (III - 1): جدول يبين اطوال الامتصاص و الاصدار لبعض عناصر الارض النادرة.

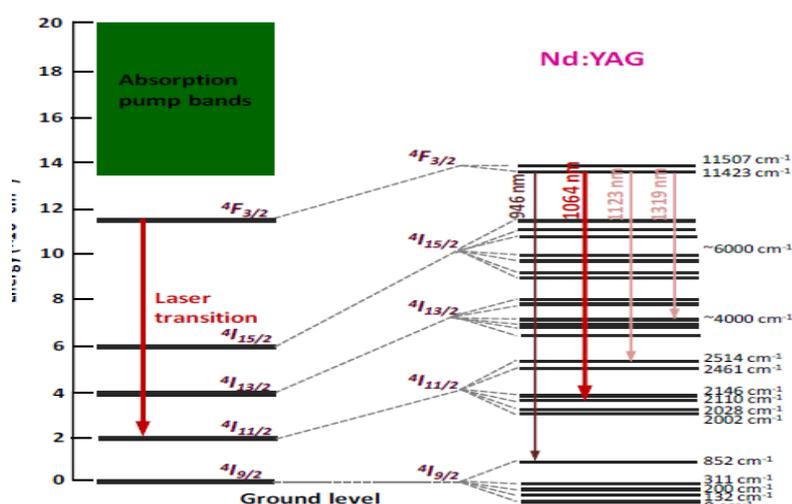
الرمز	العنصر	طيف الامتصاص (nm)	طيف الاصدار (nm)
Pr	Praséodyme	1010	1300
Nd	Néodyme	790	1060
Sm	Samarium	488	1300
Yb	Ytterbium	900-980	1000

الشكل (III-18) : يوضح صورة بعض من أنواع المادة الفعالة من عناصر الأرض النادرة مع توضيح أطوالها .



الشكل (III - 18): مواد الليزر من عناصر الارض النادرة.

ليزر النيوديم من أكثر الليزريات شيوعاً، وسوف نستعمل Nd:YAG الذي يكون فيه الوسط الليزي المضيف هي بلورات $\gamma_3Al_5O_{12}$ بحيث يتم تطعيمه بأيونات Nd^{+3} ، لكونه يملك خصائص بصرية وحرارية وبنية مستقرة وعتبة ضخه تقدر ب $790nm$. والتي تصدر أطوال موجية في المنطقة تحت الحمراء $1.06\mu m$ [9]. والشكل (III-19) يوضح الانتقالات الطيفية لهذا العنصر :



الشكل (III - 19) : مخطط الانتقالات الطاقوية داخل بلورة Nd:YAG .

III - 9 الخاتمة :

يعد الليزر مفتاحاً جديداً لأهم التقنيات الحديثة، فقد فتح المجال لعدة تطورات علمية و منظومة الليزر الشمسي من أهم الاعمال التي تعتبر قيد الدراسة لحد الساعة وهذا من خلال تحسين مكونات المنظومة الليزرية الشمسية اما من جانب تقنية الضخ المستعملة بنوعها الضخ الجانبي و الضخ عند الطرف، أو وسيلة تركيز الاشعاع الشمسي القطع المكافئ أو عدسة فريزل ، أو المادة الفعالة أو التجويف البصري لتحسين كفاءة المنظومة الليزرية .

قائمة المراجع

- [1] : الدكتور محمد الكوسا، " فيزياء الليزر و تطبيقاته"، جامعة دمشق.
- [2] : أحمد عوف محمد عبد الرحمان، "الليزر شعاع الامل الطبي"، المكتبة الاكاديمية شركة مساهمة
مصرية 2007.
- [3] : د.سعيد بن حميد اللحياني، "الليزر و تطبيقاته"، جامعة أم القرى.
- [4] : عدي عطا حمادي، "اساسيات الليزر وتقنياته"، تموز 2004
- [5] : عدي عطا حمادي، "تصنيع و تشغيل ليزر ثاني أكسيد الكربون لقطع البلاستيك"، شهادة ماجستير،
العراق 2001
- [6] : مراجع المعادلات
- [7] : بيلا. أ. لينكيل، "الليزيات"، جامعة سان فرناندو-كاليفورنيا.
- [8] Joana Isabel Lázaro Almeida, " Advances in solar-pumped laser efficiency and
brightness", thèse de doctorat, univesidade nevadeLisboa , Setembro, 2017.
- [9]yasser abdel-fatthabdel-hadi,"development of optical concentrator systems for
directly solar pumped laser systems",thèse de doctorat, technical univesity of berlin
institute of optics2005

الفصل الرابع

محاكاة الليزر و نتائجها

IV-1 المقدمة:

الليزر الشمسي هو أحد التطبيقات المستقبلية للاستفادة من طاقة الشمس، في هذه الحالة تسلط أشعة الشمس على الوسط الفعال، فتحفز ذراتها لتنتقل بين مستويات الطاقة فيحدث (امتصاص ، انبعاث تلقائي ، انبعاث محفز) ، فنحصل بذلك على شدة انبعاثات مضيئة تتناسب مع الاستطاعة الممتصة من طرف المادة الفعالة، سنتطرق في هذا الفصل إلى دراسة منظومة الليزر الشمسي باستعمال الضخ على أطراف الوسط الفعال من أجل تحديد كفاءة المنظومة الليزرية وهذا بواسطة برنامج زيماكس 2009، تنقسم دراستنا إلى شقين هما: الشق النظري وشق محاكاة عددية.

IV-2 الشق النظري:

IV-2-1 – التصميم البصري:

التصاميم البصرية هي عبارة عن مجموعة من البرامج المتنوعة التي تجسد أفكارا، يعبر عنها بأشكال بصرية تعطي صور لهذه الأفكار.

يمكن دراسة خواصها وكفاءتها باستخدام هذه البرامج التي تقدم متطلبات أداء المصمم ضمن حدود العمل والفكرة من تحديد المصنع [1]، حيث يمكن استعمالها لتصميم العدسات، المركز، الدليل الموجي والكواشف..... الخ [2,3]، والعمل بها بالطريقة الصحيحة يحسن من نتائج المصممين، بحيث يعتمد أغلبها على نظام تتبع الأشعة وغيرها ، كما يوجد عدد من الخيارات المتنوعة لاختيار هذه البرامج البصرية التي تكون مؤهلتا لعدة وظائف مثل تتبع الأشعة المتسلسل وغير المتسلسل [4,5] ، وفي دراستنا سنستخدم برنامج ZEMAX التي تتمثل وظيفته في تتبع الأشعة المتسلسل.

IV-2-1-1 برنامج زيماكس:

هو عبارة عن برنامج تصميم بصري ذي استخدام واسع. يستخدم لتصميم الأنظمة البصرية وتحليلها. ويستطيع زيماكس ان يقوم بتتبع الأشعة الاصلية خلال العناصر البصرية من عنصر الى اخر بالتتابع عن طريق نمط تتبع الشعاع المتسلسل كتصميم الأنظمة التقليدية مثل العدسات والتليسكوب ، وتحليل الضوء الشارد من دون تتابع في العناصر عن طريق نمط تتبع الأشعة غير المتسلسل كتصميم المواشير والاياف البصرية [6]، كما يضم البرنامج مكتبة ضخمة من العدسات والمواد المصنعة لها [7,8] كذلك يحتوي البرنامج على طرائق عديدة لتقييم أداء التصميم عن طريق توزيع الإضاءة ودوال الانتشار البصري واستخدام الكواشف، كما يظهر الشكل (IV-1) النافذة الرئيسية لبرنامج زيماكس .

Object Type	Tilt About Y	Tilt About Z	Material	Radius	Conic	Max Aper	Min Aper	Par 5 (unused)	Par 6 (unused)	#
1 Source El..	0.000	180.000	-	30	10000	214.000	0	0	750.000	
2 Aspheric ..	0.000	0.000	MIRROR	1320.000	-1.000	750.000	150.000			
3 Detector ..	0.000	0.000	MIRROR	1.000	9.000	1	1	0	0	
4 STL Object	0.000	0.000	SILICA	0.900	1					
5 Detector ..	0.000	0.000	MIRROR	1.000	13.000	1	1	0	0	
6 Rectangul..	0.000	90.000	SILICA	20.000	20.000	100.000	11.000	8.000	0.000	
7 Cylinder ..	0.000	0.000	WATER	12.000	37.000	12.000				
8 Cylinder ..	0.000	0.000	MIRROR	6.500	27.000	8.250				
9	0.000	0.000	MIRROR	7.500	30.000	12.000				

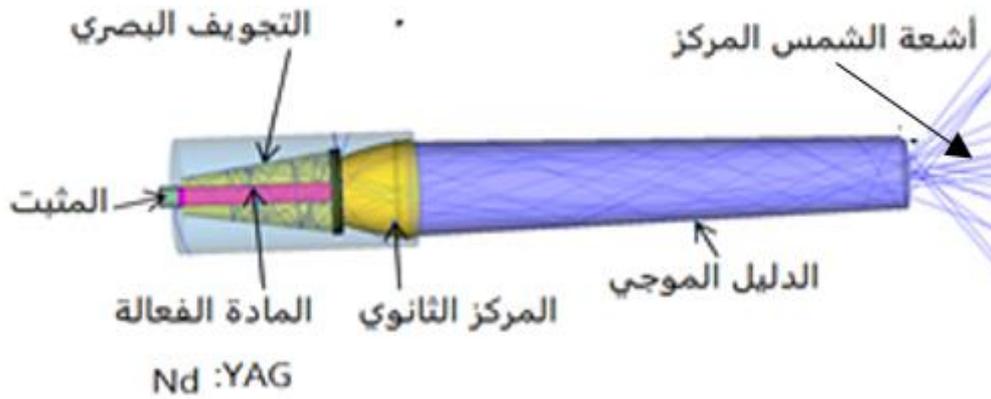
الشكل (IV-1): نافذة برنامج زيماكس ZEMAX

تتكون نافذة البرنامج الرئيسية من عدة عناصر لها تعليمات مشتركة كإحداثيات الموقع واحداثيات الدوران وتختلف في الباقي من عنصر لآخر.

2-1-IV مكونات المنظومة الليزرية:

تتكون المنظومة الليزرية من جزئيين هما المركز (القطع المكافئ) ورأس الليزر كما هو موضح في

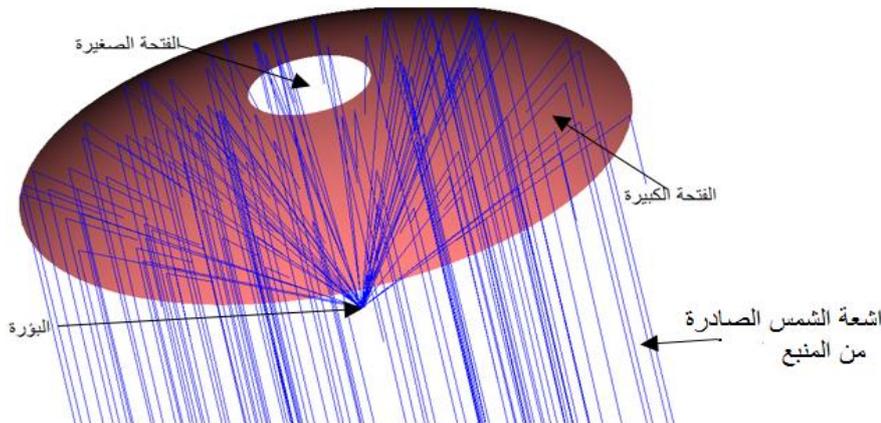
الشكل (IV - 2):



الشكل (IV - 2): رأس الليزر.

1- 2-1-IV المركز (القطع المكافئ):

هو عبارة عن سطح عاكس مقعر لالتقاط أشعة الشمس وتجميعها وتركيزها في البؤرة، المركز المستعمل في دراستنا يتكون من فتحتين الكبيرة ذات نصف قطر $R_1 = 750mm$ وهي عبارة عن سطح تركيز الاشعاع الشمسي والمتمثلة في مرآة عاكسة، والاخرى صغيرة ذات نصف قطر $R_2 = 150mm$ اختيرت ابعادها لأهداف عملية (في حالة ضرورة وجود المنظومة خلف المركز)، وتقدر بؤرته ب $\varnothing = 14mm$. كما هو موضح في الشكل (IV-3):



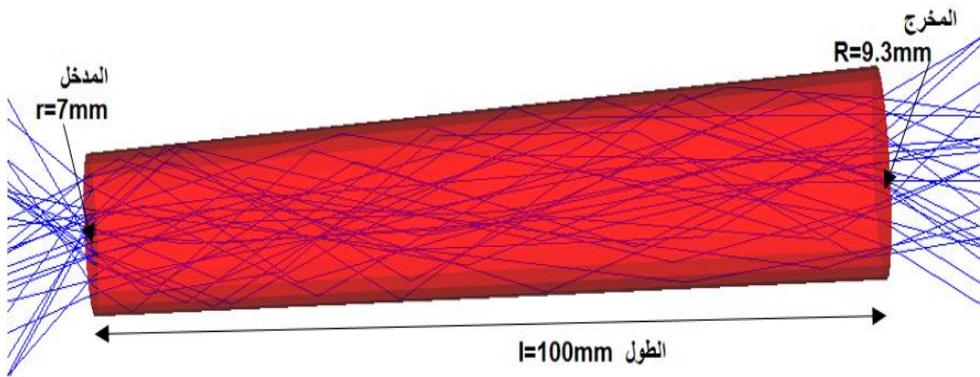
الشكل (IV - 3): تركيز الأشعة بواسطة المركز (القطع المكافئ)

IV-2-1-2-2-1- رأس الليزر:

يتكون رأس الليزر المعمول به في دراستنا من: الدليل الموجي، المركز الثانوي، التجويف البصري والوسط الفعال وتكون هذه العناصر محتوات داخل هيكل خارجي يسمى بالمنظومة الميكانيكية.

IV-1-2-2-1- الدليل الموجي:

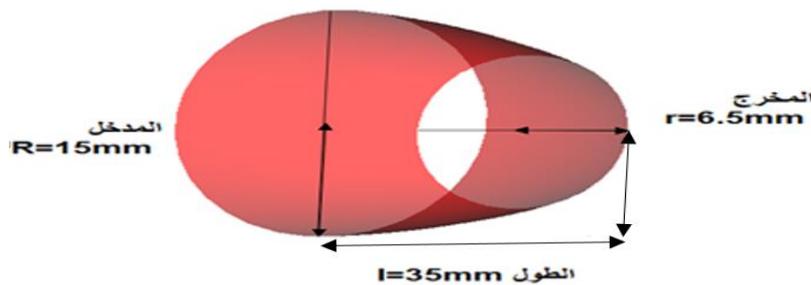
يتمثل في قناة موجهة لحزمة الاشعاع المركزة عند بؤرة القطع المكافئ بهدف نقلها إلى المادة الفعالة مع الحفاظ عليها من التشتت او الفقدان، بتطبيق مبدأ الانعكاس الكلي اعتمادا على اختلاف قرينة الانكسار بين المادة الفعالة والهواء، الدليل الموجي المستخدم في دراستنا مصنوع من مادة السيليكون الذي تمتاز بقدرتها على مقاومة الحرارة، بحيث يتواجد مدخله في بؤرة المركز الشمسي ونصف قطره يساوي $R = 7mm$ ومخرجه في مدخل المركز الثانوي ونصف قطره يساوي $r = 9.3mm$ بينما طوله $L = 100m$ تم اختيار شكله تبعا لطريقة الضخ المعمول بها في هذه الدراسة. كما هو موضح في الشكل (4-IV):



الشكل (4-IV): صورة الدليل الموجي.

IV-2-2-2-1- المركز الثانوي:

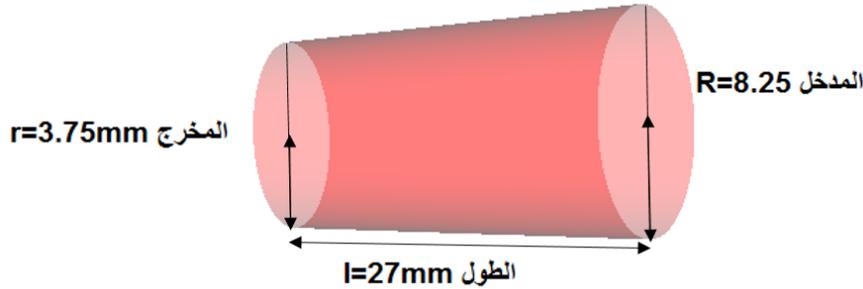
يكون المركز الثانوي بين الدليل الموجي و التجويف البصري ذو شكل قمع ابعاده متناسب مع ابعاد مخرج الدليل الموجي، وله نصف قطر يساوي $R = 15mm$ لتفادي الضياع في نسبة الاشعاع الشمسي النافذ من الدليل الموجي للمادة الفعالة ، بينما أبعاده مخرجه تتناسب مع مدخل التجويف البصري نصف قطره $r = 6.5mm$ و طوله $l = 35mm$ ، وهذا بحسب تقنية الضخ المستعملة كما موضح في الشكل (5-IV):



الشكل (5-IV): المركز الثانوي.

3-2-2-1-IV التجويف البصري:

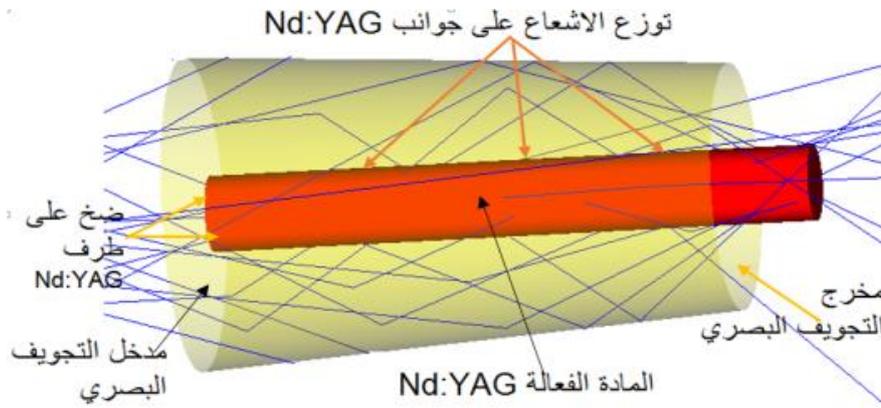
هو عبارة عن قمع لأسطحه الداخلية مرآيا ذات درجة انعكاسية عالية، يكون مدخله متصل بمخرج المركز الثانوي، نصف قطر مدخله $R = 8.25mm$ ، نصف قطر مخرجه $r = 3.75mm$ لتجنب الضياع في الإشعاع الواصل له عن طريق المركز الثانوي وطوله $l = 27mm$. كما يوضحه الشكل (IV-6):



الشكل (IV-6): التجويف البصري.

تم اختيار شكل التجويف البصري تبعاً لطريقة الضخ المتبعة لكونه يحتضن المادة الفعالة، فالإشعاع الواصل من المركز الثانوي يقوم بضخ طرفها مباشرة والسطح الداخلي يقوم بتسليط الإشعاع المشتت في عملية الضخ على جوانب المادة الفعالة وهذا للاستفادة من أكبر قيمة للإشعاع الشمسي المركز.

كما هو موضح في الشكل (IV-7):



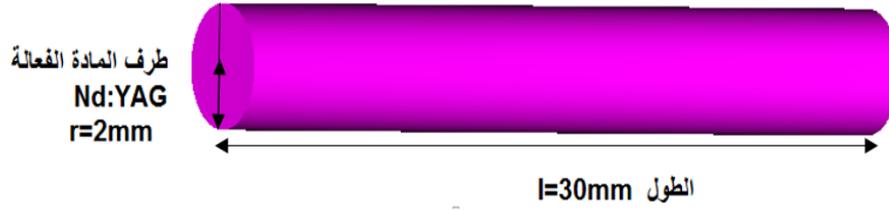
الشكل (IV-7): انعكاس الإشعاع داخل التجويف البصري.

4-2-2-1-IV الوسط الفعال:

هي المادة التي تكون مسؤولة عن توليد الانبعاثات المضئية، بحيث يكون موضعها داخل التجويف البصري مناسباً لطريقة الضخ المستعملة، اختيار قيمة القطر ومكان تموضع المادة الفعالة راجع لتوزيع الإشعاع الشمسي على كل طرفها (أي يغطي كامل قطرها). كما هو موضح في الشكل (IV-7):

في دراستنا استعملنا مادة Nd:YAG ذات أبعاد: نصف قطر $r = 2mm$ بينما طولها $l = 30mm$.

كما يوضح الشكل (IV-8):



الشكل (IV-8): المادة الفعالة.

حيث تمتاز بكونها تملك خصائص بصرية، حرارية، ميكانيكية جيدة، بنية مستقرة، عتبة ضخ منخفضة تقدر ب $790nm$ و خاصية التوصيلية الحرارية عالية جدا جعلته يعتبر كأفضل مادة شديدة الاصدار في المنطقة تحت الحمراء بطول موجي قدره $1.06\mu m$ ، وعمر الاثارة لهذه المادة يقدر ب :

العنصر يمتلك خصائص توصيلية حرارية تختلف باختلاف درجة الحرارة وهي موضحة في الجدول التالي

الجدول (IV-1): التوصيلية الحرارية لمادة Nd:YAG بدلالة درجة الحرارة [10].

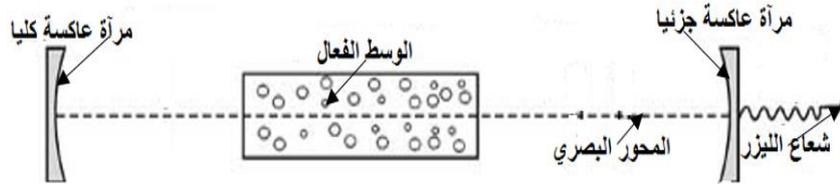
300k	200k	100k	درجة الحرارة
0.13	0.21	0.58	الموصلية الحرارية $wcm^{-1}K^{-1}$

IV-2-2-1-5 التبريد:

نستخدم عملية التبريد للتخفيض من درجة الحرارة المادة الفعالة لكونها لا تمتص كل الأطوال الموجية لطيف الإشعاع الشمسي، إضافة إلى الانتقالات غير المشعة داخل المادة الفعالة، يمكن أن تؤدي إلى إتلافها ولتجنب ذلك نستخدم الماء لعملية التبريد ويكون في حدود درجة حرارة عادية.

IV-2-2-1-6 التجويف الرنيني:

يتكون التجويف الرنيني من مرأتين احدهما عاكسة كلياً والآخرى عاكسة جزئياً، بحيث تكونان على محور بصري مشترك مع المادة الفعالة، فتنقل الفوتونات بينهما ذهاباً وإياباً مروراً بها بهدف تضخيم الشعاع الليزري كما هو موضح في الشكل (IV-9):



الشكل (IV-9): التجويف الرنيني.

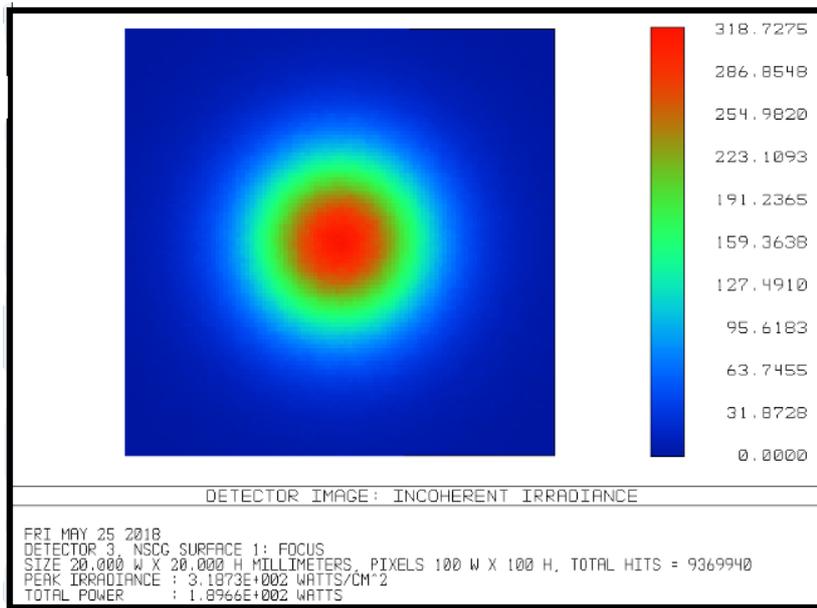
2-IV المحاكاة العددية:

في دراستنا نستعمل المحاكاة العددية لبرنامج التصميم البصري زيماكس.

من أجل معرفة الاستطاعة في أي نقطة من المنظومة الليزرية نستعمل الكواشف التي توضع في هذه النقاط.

1-2-IV الكاشف رقم 1:

الهدف من استعمال الكاشف هو معرفة مكان تموضع بؤرة القطع المكافئ وكذا قيمة الاستطاعة في هذه النقطة، بعد وضعه في المكان التقريبي بتغيير إحداثيات الموقع بعد تشغيل البرنامج نتحصل على الشكل (10-IV):

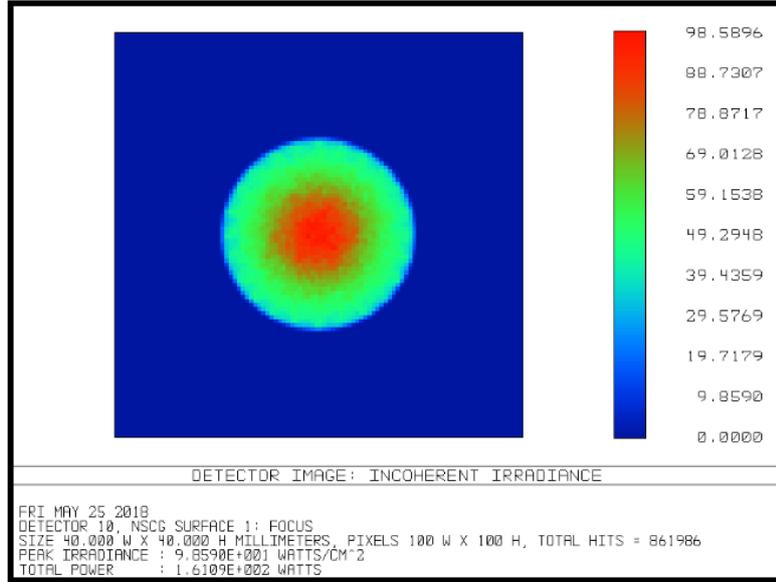


الشكل (10-IV): توزيع الإشعاع عند البؤرة القطع المكافئ.

الاستطاعة المتحصل تقدر ب: $189.66W$.

2-2-IV الكاشف رقم 2:

نستعمل الكاشف 2 لمعرفة قيمة الاستطاعة للإشعاع الواصل عند مخرج الدليل الموجي، بهدف معرفة نسبة شفافية الدليل الموجي وذلك من خلال قياس نسبة الاستطاعة الواصلة و حساب قيمة الضياع، فنضعه في مخرج الدليل الموجي مباشرة لتفادي الضياع للإشعاع الواصل له، نتحصل على الشكل (11-IV) الموالي:



الشكل (IV-11): توزيع الاشعاع عند مخرج الدليل الموجي.

قيمة الاستطاعة عند مخرج الدليل الموجي تقدر ب: $161.09w$.

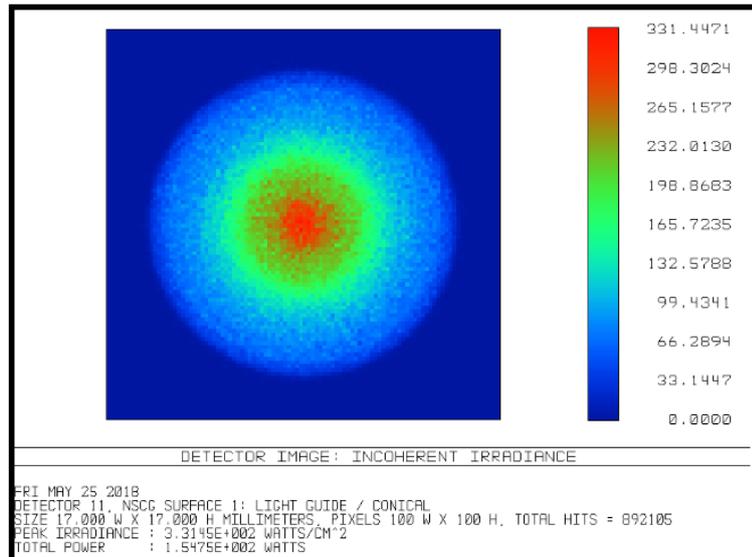
$$\frac{161.09}{189.66} = 0.84936 = 84.93\%$$

نسبة توصيل الدليل الموجي تساوي:

قيمة الضياع تساوي: $189.66 - 161.09 = 28.57w$

IV-2-3 الكاشف رقم 3:

نستخدم الكاشف 3 لمعرفة نسبة الاستطاعة الواصلة للإشعاع الشمسي عند مخرج المركز الثانوي، وذلك بوضعه عند مخرجه مباشرة فنتحصل على الشكل (IV-12):



الشكل (IV-12): توزيع الاشعاع عند مخرج المركز الثانوي.

قيمة الاستطاعة المتحصل عليها عند مخرج المركز الثانوي تقدر ب: $154.75w$.

$$\frac{154.75}{161.09} = 0.9606 = 96.06\%$$

نسبة توصيل المركز الثانوي تقدر ب:

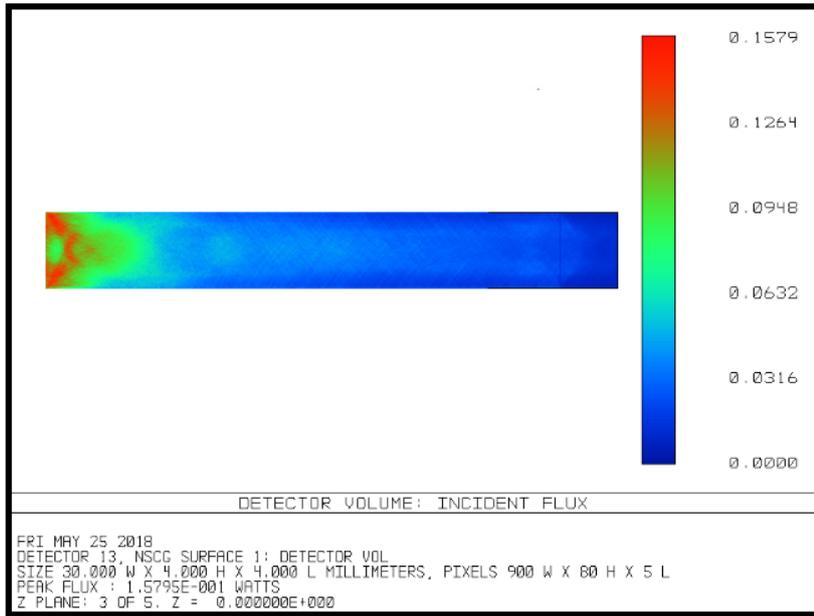
$$161.09 - 154.75 = 6.34w$$

قيمة الضياع تقدر ب :

4-2-IV الكاشف رقم 4 :

تكون المادة الفعالة مغمورة في الكاشف الرابع وهذا بهدف معرفة نسبة الاستطاعة الممتصة في كل نقطة من نقاط الوسط الفعال وتوزيعها على طول القضيب.

النتيجة المتحصل عليها ما الكاشف الرابع موضحة في الشكل(12-IV):



الشكل(13 -IV): توزيع الاستطاعة الممتصة على طول المادة الفعالة.

قيمة الاستطاعة الممتصة تساوي: $97.39w$.

من خلال هذه الرسم لا نستطيع قراءة الأشعة الممتصة لذا نلجأ إلى برنامج Excel الذي يهدف إلى تحويل الصورة إلى قيم عددية، وبالتالي نتحصل على استطاعة ممتصة تقدر ب $86.9w$ كما هو موضح في

الشكل(13-IV):

B	C	D	E	F	G	H	I
359991	1,47E+01	1,98E+00	1,60E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
359992	1,47E+01	1,98E+00	1,60E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
359993	1,48E+01	1,98E+00	1,60E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
359994	1,48E+01	1,98E+00	1,60E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
359995	1,48E+01	1,98E+00	1,60E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
359996	1,49E+01	1,98E+00	1,60E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
359997	1,49E+01	1,98E+00	1,60E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
359998	1,49E+01	1,98E+00	1,60E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
359999	1,50E+01	1,98E+00	1,60E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
360000	1,50E+01	1,98E+00	1,60E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
					8,69E+01		

الشكل (IV-14): نتيجة الاستطاعة الممتصة في برنامج Excel.

IV-3- الخاتمة:

يمكن الحصول على الليزر الشمسي بعملية الضخ بواسطة الاشعاع الشمسي على الوسط الفعال، في دراستنا استعملنا المحاكاة العددية للمنظومة الليزرية التي تعمل على الضخ على طرف المادة الفعالة وذلك من أجل الاستفادة من أكبر امتصاص لأشعة الشمس وبالتالي أكبر استطاعة ممتصة، وقد توصلنا لقيمة تقدر ب: 86.9w، بالرغم من أن الاستطاعة الممتصة مرتفعة في طرف الوسط الفعال الا انه يوجد نسبة قليلة على جوانبه (ضخ جانبي) ولكنه مهمل مقارنة بالضخ على الطرف لان توزيع الاستطاعة الممتصة على طول المادة الفعالة متركز عند طرفها و بنسبته صغيرة على جوانبها. الضخ على الطرف يعطي ليزر ذو قدرة انتاج عالية، ولكن تتركز الاشعاع على طرف المادة الفعالة يؤدي الى رفع درجة حرارتها وذلك بسبب تشوهها مما يؤدي الى امكانية اتلافها وبالتالي انخفاض كفاءة المنظومة الليزرية.

قائمة المراجع

- [1] S. Muhammad Arif, "Studies on the Design of Micro and Nano Optical Elements ", Ph. D Thesis, Uni. of Tech. Iraq, (2011).
- [2] M. Hill, "Computer Performance Evaluation", in Optical System Design, Ch. 10(2004)
- [3] M. Baba and K. Ohtani, "Optical Resolution in Telescope", J. Pure Appl. Opt., 3(8), 276-283(2001).
- [4] G. Mark, "Optical software" Inst. of Phys. and IOP Pub. 3, 15-19 (2006).
- [5] M. Hill, "Basic Optics and Optical System Specifications", in Optical System Design, ch. 1(2004)
- [6] T. John, "Latest Zemax creates and evaluates designs" U3T5, Laser Focus World, 33(23), 2-13 (1997).
- [7] Software for optical design; zemax development corporation , (2005)
- [8] W. Smith, "The Basic of Lens Design" in Modern Optical Engineering, Ch. 15 4th. Ed. (2007).
- [9] A. Stockham and J. Smith, "Tolerancing Microlenses Using ZEMAX", Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 38(4), 590-599, (2006).
- [10] Yasser Abdel Fattah- Abdel Hadi , " Development of Optical Concentrator Systems for Directly Solar Pumped Laser Systems", These de Doctorat , Technical University of Berlin Institute of Optics 2005.

[11] : محمد الكوسا، "فيزياء الليزر و تطبيقاته"، جامعة دمشق 2006.

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة:

فتحت فكرة الليزر الشمسي بابا للبحث والتطوير من قبل العلماء والباحثين، حيث تعتمد تقنيته على تركيز اشعة الشمس في بؤرة المركز الشمسي وتوجيهه نحو المادة الفعالة عبر منظومة ليزيرية.

تم العمل في هذه الدراسة على محاولة الوصول على أكبر قيمة ممكنة للاستطاعة في قيمة الاشعاع الشمسي الممتص من قبل المادة الفعالة، وتم استخدام مادة Nd:YAG لما لها من مميزات و خصائص جيدة، وذلك من خلال عملية محاكاة عددية للمنظومة ليزيرية بمساعدة برنامج زيماكس ، بهدف الحصول على اكبر استطاعة ليزيرية منتجة من خلال اكبر استطاعة ممتصة للإشعاع المركز، مع مراعات عدم تلف المادة الفعالة لكون الطريقة المتبعة في عملية ضخها هي عملية الضخ على الطرف، كما هو معلوم ان تركيز الاشعاع الشمسي على نقطة او مكان ما يؤدي الى ارتفاع درجة حرارته به وهذا ما قد يتسبب في تلف المادة الفعالة و خفض كفاءة المنظومة الليزرية .

توصلنا من خلال عملية المحاكاة لبرنامج زيماكس الى قيمة مرتفعة نسبيا للاستطاعة الممتصة، وتقدر النسبة ب: 86.9w ، لكن مع توزيع مركز للاستطاعة الممتصة عند طرف المادة الفعالة وتتناقص نسبته على طول القضيب الليزري.

والهدف من هذا العمل هو الحصول على أكبر قيمة للاستطاعة الممتصة ولكن دون تعريض المادة الفعالة للتلف، وذلك من خلال محاولة العمل على عناصر المنظومة الليزرية المستعملة لإيجاد طريقة تساعدنا في الزيادة من مساحة انتشار درجة الحرارة داخل المادة الفعالة بدل من تمركزها على الطرف، او التغيير من طريقة عملية التبريد وذلك من خلال الزيادة في سرعة تدفق الماء، او في عملية الضخ المتبعة كالقيام بعملية ترشيح للأطوال الموجية المركزة لطيف الاشعاع الشمسي الممتص قبل وصولها للمادة الفعالة ما قد يؤدي للانقاص من كمية الحرارة المنتشرة داخلها.

المخلص:

يقدم هذا العمل دراسة حول الليزر الشمسي وذلك باستخدام منظومة ليزيرية مكونة من مركز (القطع المكافئ) لتجميع وتركيز الاشعاع الشمسي بهدف ضخ الوسط الفعال (يوجد طريقتان الاولى على الطرف والثانية على الجانب) من خلال منظومة مكونة من: دليل موجي، مركز ثانوي، تجويف بصري يحوي المادة الفعالة Nd:YAG. وباستعمال برنامج زيماكس من خلال عملية محاكاة عددية للمنظومة الليزرية وهذا بالتغيير في المقادير الخاصة بكل عنصر لهذه المنظومة مع وضع كواشف في اهم نقاطها بهدف الحصول على اكبر استطاعة ممتصة، وبعد حساب النتائج المتحصل عليها من الكاشف ببرنامج Excel تم الوصول لأكبر استطاعة امتصاص ممكنة تقدر ب: 86.9W، و توزع هذه الاستطاعة بمركز عند طرف المادة الفعالة لكون طريقة الضخ المستعملة هي الضخ على الطرف، لكون الاستطاعة الممتصة مرتفعة نسبيا فهي تمكننا من انتاج ليزر ذو استطاعة عالية.

الكلمات المفتاحية: الاشعاع الشمسي، المادة الفعالة Nd:YAG، الدليل الموجي، المركز الشمسي، الضخ على الطرف، الليزر الشمسي، الاستطاعة الممتصة، كفاءة المنظومة الليزرية.

Sommaire:

Ce travail présente une étude sur le laser solaire à l'aide d'un système laser comprenant des centre (parabole) pour la collecte et la concentration du rayonnement solaire afin de centre-pompage efficace (il y a les deux premiers moyens sur la partie et la deuxième sur le côté) par le biais d'un système de composants: Moggi manuel, un centre secondaire, la cavité optique L'ingrédient actif contient Nd: YAG. Utilisation du programme Zimaks par la simulation numérique du processus laser du système et ce changement dans chaque élément du système revient avec le développement des réactifs dans les points les plus importants afin d'obtenir une plus grande capacité d'absorption, après avoir calculé les résultats obtenus à partir du détecteur programme Excel a été atteint pour une plus grande capacité d'absorption estimée possible: 86.9W, et cette capacité est centrée au bord de l'ingrédient actif est distribué au fait que la méthode de pompage utilisé est de pompage sur la partie, le fait qu'une position relativement absorbée faire si élevé, il nous permet de produire un laser d'une capacité élevée.

Mots clés: rayonnement solaire, matière active Nd: YAG, guide d'onde, centre solaire, pompe sur la pointe, laser solaire, puissance absorbée, efficacité du système laser