

رقم الترتيب:.....  
رقم التسلسل:.....

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة: ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

فرع: فيزياء

تخصص: فيزياء إشعاعات، كاشف وبصريات إلكترونية

من إعداد الطالب:

دحمري صلاح الدين

الموضوع:

## دراسة ليف بصري لنقل الإشعاع الشمسي.

نوقشت يوم: 2017/ 05/23.

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

د. بن طويلة عمر	أستاذ محاضر (ب)	جامعة ورقلة	رئيسا.
د. مامانو عبد اللطيف	أستاذ مساعد (أ)	جامعة ورقلة	مناقشا.
أ.د. عيادي كمال الدين	أستاذ تعليم عالي	جامعة ورقلة	مقررا.

## تشكرات

يقول المولى عز وجل {وَلَيْنُ شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ}

أحمد الله عز وجل حمدا كثيرا طيبا مباركا فيه على أن من علينا بإتمام هذا البحث وأسأله مزيدا من

التوفيق في نجاحات مقبلة بإذنه تعالى.

ثم أتوجه بخالص الشكر و العرفان و الامتنان للأستاذ المشرف: محادي كمال الدين أستاذ تعليم عالي

بجامعة قاصدي مرباح ورقلة.

الذي كان لي الشرف العظيم في أن حصلت على فرصة العمل في هذه المذكرة المتواضعة تحت إشرافه

ولم يبخل علينا بتوجيهاته وآرائه القيمة.

كما يشرفني أن أتقدم بالشكر إلى الأستاذ بن طويلة عمر على تقبله ترأس لجنة المناقشة.

و جزيل الشكر للأستاذ المناقش همامو محمد اللطيف.

ومصدقاً لقول رسول الله صلى الله عليه وسلم "من استعانكم بالله فأعذوه، ومن سألكم بالله

فأعطوه، ومن دعا لكم فأجيبوه، ومن صنع لكم معروفًا فكافئوه، فإن لم تجدوا ما تكافئوه

فادعوا له حتى تروا أنكم كاتموه"

كما أتقدم بجزيل الشكر لأساتذتنا الكرام الذين تتلمذنا على أيديهم

طيلة مشوارنا الدراسي و الجامعي وعلى رأسهم

الأستاذ الفاضل مفتاح الطيب.

والأستاذ الكريم فتحي ظناوي.

والأستاذ المتواضع وهيد غرياني.

وخالص الشكر لأستاذي الذي كان يشجعني على المثابرة والاجتهاد بن طويلة عمر.

كما نشكر مسؤولي قسم الفيزياء.

ومسؤولين وعمال المكتبة الذين حرصوا على خدمتنا طيلة المشوار الدراسي، ولا يفوتنا تقديم الشكر إلى كل من كانت له يد

محور في إخراج هذا البحث إلى النور، سائلين المولى عز وجل أن يجعل ذلك في ميزان حسناتهم.

صلاح الدين دحمري.

## الإهداء

إلى كل معلم أثار دروبنا.

إلى الوالد الكريم عبد القادر.

إلى الوالدة الفاضلة.

لأخي الكبير الدكتور عبد العالي.

لأخي منير أتمنى له التوفيق في المشوار الدراسي.

لصفية، حمزة، يونس، محمود، أحلام، الزهرة وعثمان.

عائشة، وردة، يسمينه، مبروكة.

إلى الخالة فوزية وابنيها عمار ورمزي وابنتها الغالية منى.

لكل الزميلات في قسم الإشعاعية.

لكل أصدقاء الدراسة.

لصديقي وأخي في الله بربر عبد الرؤوف.

لزميل الدراسة بن علي سلمان.

إلى كل متعلم.

أهدي ثمرة هذه المذكرة المتواضعة وأسأل المولى عز وجل أن يوفقنا لخدمة العلم.

الصفحة	العنوان	الشكل
2	يوضح بنية الليف البصري.	(1-I)
3	الانعكاس الكلي للشعاع الضوئي.	(2-I)
4	يوضح ظاهرة الانعكاس والانكسار.	(3-I)
5	يوضح مخروط القبول عند مقدمة الليف البصري.	(4-I)
7	يوضح تغير قرينة الانكسار في الليف العتبي ومسارات الحزم الضوئية به.	(5-I)
8	يوضح تغير قرينة الانكسار حسب قيم $\alpha$ في الليف التدرجي ومسارات الحزم الضوئية به.	(6-I)
9	يوضح الليف العتبي أحادي النمط.	(7-I)
9	يوضح الليف العتبي متعدد الأنماط.	(8-I)
10	يوضح الليف التدرجي متعدد الأنماط.	(9-I)
11	يوضح موجة كهرومغناطيسية تنتشر وفق المحور $x$ .	(10-I)
15	سلوك الموجة الكهرومغناطيسية عند الحد الفاصل.	(11-I)
17	استقطاب الموجة الكهرومغناطيسية العرضية ( $TE$ ).	(12-I)
18	استقطاب الموجة المغناطيسية العرضية ( $TM$ ).	(13-I)
23,24,25	توزيع الأنماط في الليف البصري.	(14-I)
27	يوضح سرعة الطور وسرعة المجموعة لموجة كهرومغناطيسية.	(15-I)
28	منحنى تغير قرينة الانكسار بدلالة الطول الموجي للزجاج المثالي.	(16-I)
29	منحنى التشتت لعلاقة كوشي.	(17-I)
33	يوضح أهم الخسائر في الليف البصري.	(18-I)
35	يوضح تصنيع الليف البصري بطريقة السحب.	(19-I)

38	يوضح طيف الإشعاع الشمسي حسب الأطوال الموجية.	(1- II)
39	مجالات طيف الإشعاع الشمسي.	(2- II)
41	منظومة تسخين المياه بالألياف البصرية.	(3- II)
43	يوضح مصباح شمسي.	(4- II)
43	يوضح نظام الإضاءة المباشر بالطاقة الشمسية.	(5- II)
44	يوضح بعض المركبات الشمسية.	(6- II)
46	التركيب المقترح في الدراسة	(1-III)
55	الليف ذو اللب المصنوع من أكسيد الجرمانيوم النقي.	(1-IV)
56	الليف ذو اللب المصنوع من أكسيد السيليوم النقية	(2-IV)
57	تغير الفتحة العددية كدالة لطول الموجي $Geo_2$	(3-IV)
57	تغير الفتحة العددية كدالة لطول الموجي $Sio_2$ .	(4-IV)
58	يوضح تغير الزاوية الحرجة ل $Sio_2$ .	(5-IV)
59	يوضح تغير الزاوية الحرجة ل $Geo_2$	(6-IV)
60	يوضح تغير زاوية القبول للشعيرة لليفية $Sio_2$ .	(7-IV)
60	يوضح تغير زاوية القبول للشعيرة لليفية $Geo_2$ .	(8-IV)
61	تغير درجة حرارة سطح مقطع الليف كدالة للإشعاع الشمسي $Sio_2$ .	(9-IV)
62	تغير درجة حرارة سطح مقطع الليف كدالة للإشعاع الشمسي $Geo_2$ .	(10-IV)
63	تغير قرينة الانكسار في الليف التدرجي $86.5Sio_2-13.5Geo_2$	(11-IV)
64	تغير قرينة الانكسار تبعاً لتركيز التطعيم في الليف التدرجي.	(12-IV)
65	منحنى قرينة الانكسار كدالة للطول الموجي والموضع. $86.5Sio_2-13.5Geo_2$ .	(13-IV)

66	منحنى قرينة الانكسار كدالة للطول الموجي والموضع $51.3\text{SiO}_2-48.7\text{Geo}_2$ .	(14-IV)
67	منحنى تغير الفتحة العددية كدالة للموضع والطول الموجي $86.5\text{SiO}_2-13.5\text{Geo}_2$ .	(15-IV)
67	منحنى تغير الفتحة العددية كدالة للموضع والطول الموجي $51.3\text{SiO}_2-48.7\text{Geo}_2$ .	(16-IV)
68	منحنى تغير زاوية القبول كدالة للموضع والطول الموجي $86.5\text{SiO}_2-13.5\text{Geo}_2$ .	(17-IV)
69	منحنى تغير زاوية القبول كدالة للموضع والطول الموجي $51.3\text{SiO}_2-48.7\text{Geo}_2$ .	(18-IV)
70	منحنى تغير الزاوية الحرجة تبعاً لطول الموجي والموضع $51.3\text{SiO}_2-48.7\text{Geo}_2$ .	(19-IV)
70	منحنى تغير الزاوية الحرجة تبعاً لطول الموجي والموضع $86.5\text{SiO}_2-13.5\text{Geo}_2$ .	(20-IV)
71	منحنى تغير درجة حرارة سطح مقطع الشعيرة البصرية التدرجية الموجي $86.5\text{SiO}_2-13.5\text{Geo}_2$ .	(21-IV)
72	منحنى تغير درجة حرارة سطح مقطع الشعيرة البصرية التدرجية $51.3\text{SiO}_2-48.7\text{Geo}_2$ .	(22-IV)
73	منحنى تغير الطاقة الداخلة لليف $51.3\text{SiO}_2-48.7\text{Geo}_2$ و $\text{Geo}_2$ .	(23-IV)
75	منحنى تغير درجة حرارة سطح مقطع الليف التدرجي بدلالة الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي $51.3\text{SiO}_2-48.7\text{Geo}_2$ .	(24-IV)
76	بمجال تغير الفتحة العددية من أجل قرينة الغلاف 1.53.	(25-IV)

## قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	الجدول
24	ترميز الأنماط السبعة الأولى المنتشرة في اليف البصري.	( I-1)
31	يوضح الجدول نطاق الامتصاص حسب نوع شاردة التطعيم.	( I-2)
75	المقادير المميزة للشعيرة التدرجية 51.3Sio2-48.7Geo2	(IV-1)

## مقدمة عامة

يتبلور الهدف الرئيسي من تطوير البحوث العلمية في جانب الطاقات البديلة والمتجددة في ثلاث عناوين رئيسية أولها يتمثل في تحقيق الاستقرار البيئي والتخفيف من حدة تغير المناخ الذي سببه انبعاثات الغازات الدفيئة مثل ثاني أكسيد الكربون الناجم عن الاستغلال المفرط للطاقات التقليدية.

أما العنوان الثاني فهو يتمثل في بناء حجر الأساس لقاعدة اقتصادية قوية ونظيفة تركز على الطاقات المجانية.

أما العنوان الثالث فيتمثل في فتح آفاق جديدة لتطوير العلوم والتكنولوجيا لاستغلالها في جوانب الحياة.

يعد موضوع الألياف البصرية الناقلة للإشعاع الشمسي موضوعا حديث الدراسة نسبيا ذلك أن أول دراسة كانت سنة 1982 على يد فريق بحث فرنسي يتأهه cariou.

كما اهتم الباحثون، كل من وجهة نظره بدراسة نقل الطاقة الشمسية المركزة عن كريق الألياف البصرية مثل liang الذي استخدم الألياف البصرية المرنة في نقل الإشعاع الشمسي لضخ الليزر البلوري.

Jarmillo تطور الدراسة النظرية الحرارية للألياف البصرية الناقلة للإشعاع الشمسي المركز.

كان موضوع مذكرتنا دراسة ليف بصري ناقل للإشعاع الشمسي أين تضمنت مذكرتنا أربعة فصول تمثلت محتوياتها كما يلي:

ففي الفصل الأول نتطرق إلى مبادئ الألياف البصرية بصفة عامة من حيث تعريفها وأهم المقادير المميزة لها بالإضافة لدراسة الموجة الضوئية عبرها.

أما الفصل الثاني فسننتحدث عن الطاقة الشمسية من حيث تعريف الشمس ومكوناتها وتقسيم مجالات الطيف الشمسي إلى الطرق الحديثة في استغلال الطاقة الشمسية.

الفصل الثالث يعالج نموذج دراستنا في هذه المذكرة بالإضافة لأهم المعادلات المتعلقة بنقل الإشعاع الشمسي عبر الألياف البصرية وأيضا الفرضيات التي وضعناها من أجل تبسيط المحاكات العددية.

الفصل الرابع يضم مناقشة نتائج دراستنا.



# الفصل الأول: مبادئ الألياف البصرية

## 1-I هندسة الليف البصري:

### 1-1-I تعريف الاليف البصرية:

تتمثل الاليف البصرية في اسطوانتين متحدتي المركز مصنوعتين من الزجاج عالي النقاوة حيث لا يتعدى سمك كل منهما سمك الشعرة، ويعتبر هذا الزوج من الأسطوانتين وسط نقل جيد للطاقة حيث يستطيع الخيط الليفي البصري الواحد نقل ما يقارب مئات الملاين ومضة من ومضات شعاع الليزر في الثانية الواحدة [1].

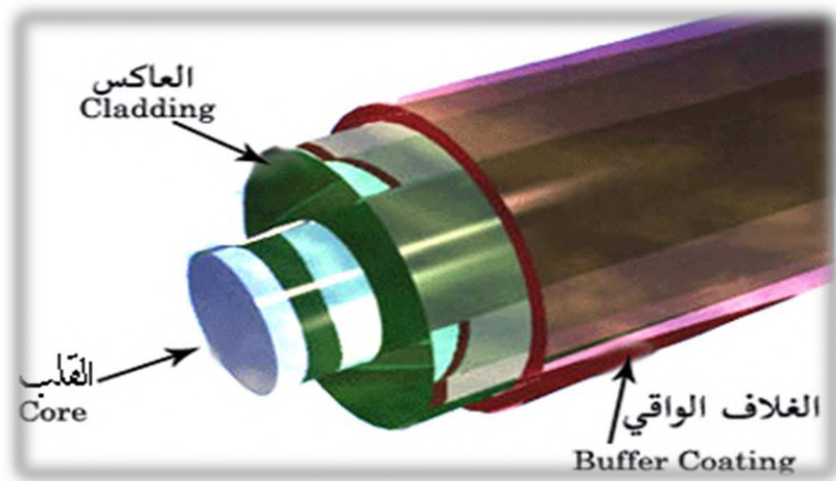
### 2-1-I المكونات الأساسية لليف البصري:

يتكون الليف البصري من جزأين اساسين هما [1]:

✚ **القلب:** يمثل الجزء المركزي في الليف وهو عبارة عن زجاج رفيع تنتقل فيه الإشارة الضوئية ويملك قرينة انكسار  $n_c$  ويكون محاطا بالعاكس ذي قرينة الانكسار  $n_g$ ، بصفة عامة يملك القلب قطر كبير في الاليف الناقلة للإشعاع الشمسي وذلك بغية توجيه كل الاشعة الساقطة على مدخلها.

✚ **العاكس:** وهو الغلاف أو المادة التي تحيط باللب الزجاجي وتعمل على عكس الضوء مرة أخرى الى مركز اليف البصري.

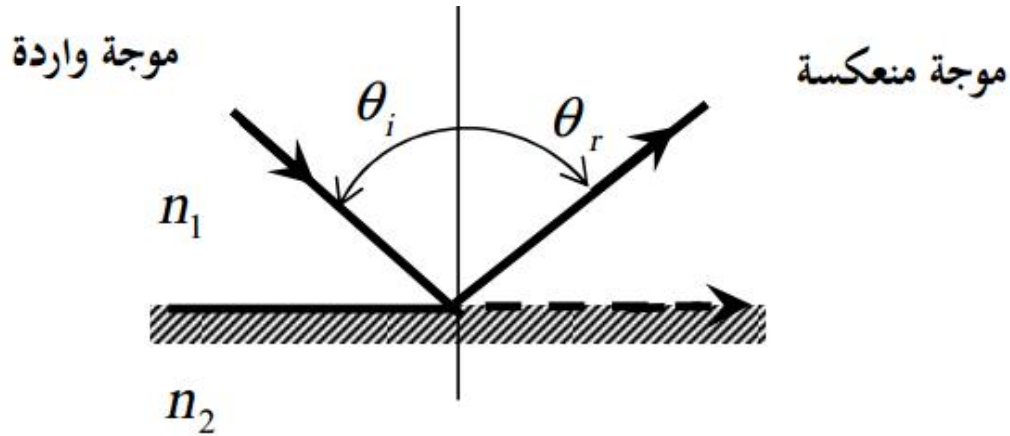
✚ **الغلاف الواقي:** يعتبر مكون ثانوي من مكونات اليف البصري أما الهدف منه فهو حماية الليف من التلف والرطوبة.



الشكل (1-I): يوضح بنية الليف البصري.

### 3-1-I مبدأ انتشار الضوء في اليف البصري:

إن نقل الاشعاع الضوئي عبر اليف البصري يشابه عملية توجيه الضوء عبر انعكاسه على عدة مرايا متتالية، ومن هنا نستطيع القول أن انتقال الشعاع الضوئي في اليف البصري يتركز على مبدأ الانعكاس الكلي الداخلي والذي يتحقق عند كون  $n_c < n_g$  [1].



الشكل (2-I): الانعكاس الكلي للشعاع الضوئي.

ومن تطبيقات ظاهرة الانعكاس الكلي البيروسكوب (منظار الأفق)، والمنظار ثنائي العينين وأيضاً حمل الإشارة في اليف البصري [1].

### 4-1-I قرينة الانكسار:

مما لا شك فيه أن سرعة الضوء في الفراغ أكبر مما هي عليه في جل الأوساط الأخرى، هذا ما يعرف مقداراً فيزيائياً بمميزاً لكل وسط ينتشر فيه الضوء أو ما يسمى بقرينة الانكسار والتي تمثل النسبة بين سرعة الضوء في الخلاء وسرعته في وسط معين، من جهة أخرى هي تمثل نسبة أو مقدار إعاقاة انتشار الضوء خلال هذا الوسط.

$$n = \left( \frac{c}{v} \right) \quad (I-1)$$

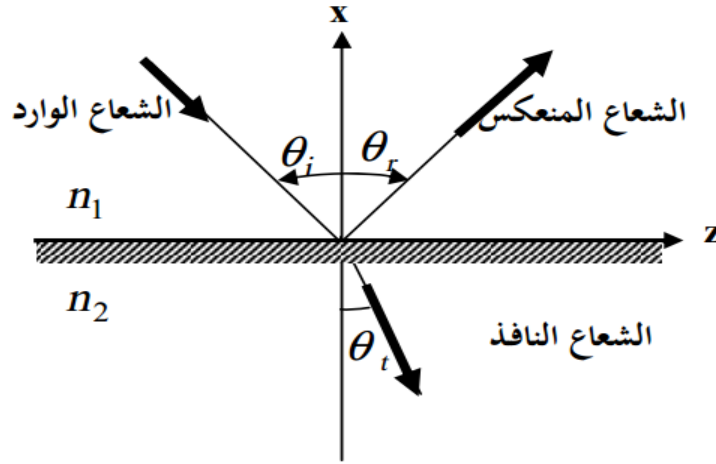
حيث:

✓  $c$ : سرعة انتشار الضوء في الخلاء.

✓  $v$ : سرعة انتشار الضوء في الوسط.

تترجم العلاقة بين زاوية ورود والانكسار للشعاع الضوئي بدلالة قرينة انكسار الوسطين ضمن علاقة سنيل ديكرت التالية:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (I-2)$$



الشكل (I-3): يوضح ظاهرة الانعكاس والانكسار.

## I-2 المقادير المميزة لليف البصري:

### I-2-1 الزاوية الحرجة لليف البصري:

هي زاوية ورود معينة يتحقق عندها الانتشار الافقي الموازي للحد الفاصل بين الوسطين للشعاع المنكسر داخل اليف البصري أي ان زاوية الانكسار تكون مساوية لـ  $\left(\frac{\pi}{2}\right)$ .

بالرجوع لقانون سنيل ديكرت يمكن التعبير عن الزاوية الحرجة كما يلي:

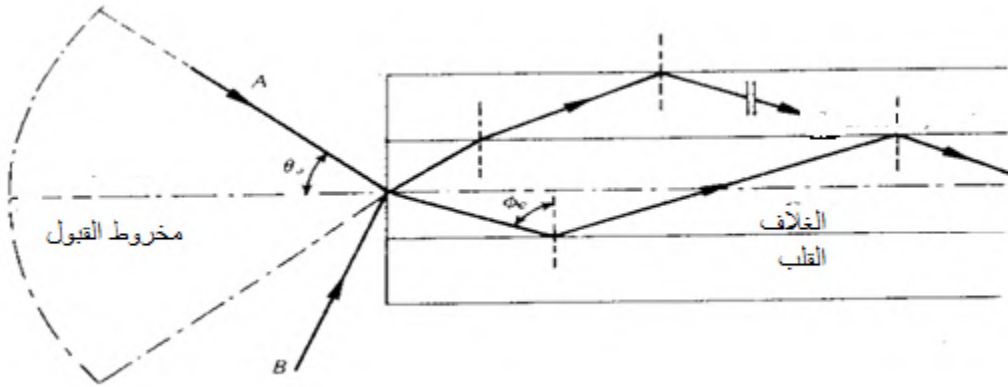
$$\sin \theta_c = \frac{n_g}{n_c} \Rightarrow \theta_c = \arcsin \left( \frac{n_g}{n_c} \right) \quad (I-3)$$

ولأن جيب أي زاوية لا يمكن أن يكون أكبر من 1 فإن  $\frac{n_g}{n_c}$  تكون أصغر أو تساوي 1 وبالتالي فإن  $n_g$  تكون دائماً أصغر من  $n_c$  [2].

### I-2-2 زاوية القبول لليف البصري:

حتى ينتشر الشعاع الضوئي الداخل عبر الليف بشكل صحيح لابد أن يحقق الانعكاس الكلي عند السطح الفاصل بين الوسطين (القلب والعاكس)، ولتحقيق هذا الأخير لزم أن تكون زاوية السقوط للشعاع الضوئي عبر الليف البصري أقل أو مساوية زاوية معينة تسمى زاوية القبول، أي أن كل شعاع يسقط بزاوية أكبر من هاته الزاوية سوف يعاني من انكسارات متتالية عند الغلاف وبالتالي جزء كبير منه سوف يضيع.

بصفة أعم تعرف زاوية القبول لليف البصري على أنها الزاوية التي تشكل مخروط مخروط عند فوهة الليف والتي تمثل الزاوية الحدية العظمى لتحقيق الانعكاس الكلي الداخلي، ما يضمن الانتشار السليم للشعاع الضوئي ولأقصى مسافة ممكنة [3].



الشكل (I-4): يوضح مخروط القبول عند مقدمة الليف البصري [1].

### I-2-3 الفتحة الرقمية لليف البصري:

الفتحة الرقمية لليف البصري هي قياس لكمية الضوء العظمى التي يمكن إدخالها إلى الليف وتنتشر بشكل سليم ضمنه، وتعطى بالعلاقة الرياضية التالية:

$$ON = n_0 \sin \theta_a = n_0 \left( n_c^2 - n_g^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (I-4)$$

حيث:

$\theta_a$ : تمثل زاوية القبول.

$n_0$ : تمثل قرينة انكسار الوسط الفاصل بين مقدمة اليف والشعاع الضوئي الوارد.

### 4-2-I الفرق النسبي لقرينة الانكسار لليف:

باعتبار  $n_c$  قرينة انكسار قلب الليف و  $n_g$  قرينة انكسار الغلاف نستطيع أن نعرف الفرق النسبي لقرينة الانكسار بالعبارة التالية [3]:

$$\Delta = \frac{n_c^2 - n_g^2}{n_c^2} \quad (I-5)$$

في حالة كون الفرق بين  $n_c$  و  $n_g$  ضئيل جدا أي أن  $\Delta \ll 1$  يمكن استخدام التقريب التالي: (I-6)

$$\Delta \approx \frac{n_c - n_g}{n_c}$$

### 5-2-I العدد $V$ لليف البصري:

يعتبر العدد  $V$  مقدارا مهما في عملية توجيه الضوء عبر الليف البصري حيث يحدد هذا الأخير عدد الأنماط التي يمكن أن تنتشر عبر الليف، تعطى علاقة  $V$  بدلالة الفرق النسبي لقرينة الانكسار كما يلي [2]:

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} a n_c \sqrt{2\Delta} \quad (I-7)$$

أين:

$\lambda$ : الطول الموجي.

$a$ : قطر قلب الليف

في حالة كون  $V$  أقل من 2.405 يكون الليف أحادي النمط، أما غير ذلك يعتبر متعدد الأنماط.

### 3-I تصنيف الالياف البصرية:

يمكن تصنيف الالياف البصرية إلى نوعين رئيسيين حسب طبيعة تغير قرينة الانكسار بين القلب والغلاف، حيث نجد أن النوع الأول يتميز بتغير عتي لقرينة الانكسار.

أما النوع الثاني فيتميز بتغير تدريجي من أكبر قيمة  $n_c$  إلى أدنى قيمة  $n_g$ .

كذلك يمكن تصنيف الالياف البصرية حسب انتشار الضوء في النوعين السابقين ما يعرف مفهوم آخر وهو نمط الانتشار.

أين نجد الألياف البصرية أحادية النمط والتي تسمح بمرور نمط واحد خلال كل ليفة واحدة من الحزمة أما الألياف متعددة الأنماط فهي تستطيع نقل أكثر من تواتر واحد في كل شعيرة من الحزمة [3].

### I-3-1 التصنيف حسب طبيعة تغير قرينة الانكسار:

#### I-3-1-1 الليف العتبي:

تعد أول الألياف ظهورا وذلك لبساطة تصميمها حيث تكون قرينة الانكسار لكل من القلب والعاكس ثابتة ومحققتا للشرط  $n_g < n_c$  ، إن أكبر المشكلات لهذا النوع هي التبدد النمطي.



الشكل (I-5): يوضح تغير قرينة الانكسار في الليف العتبي ومسارات الحزم الضوئية به.

#### I-3-1-2 الليف التدريجي قرينة الانكسار:

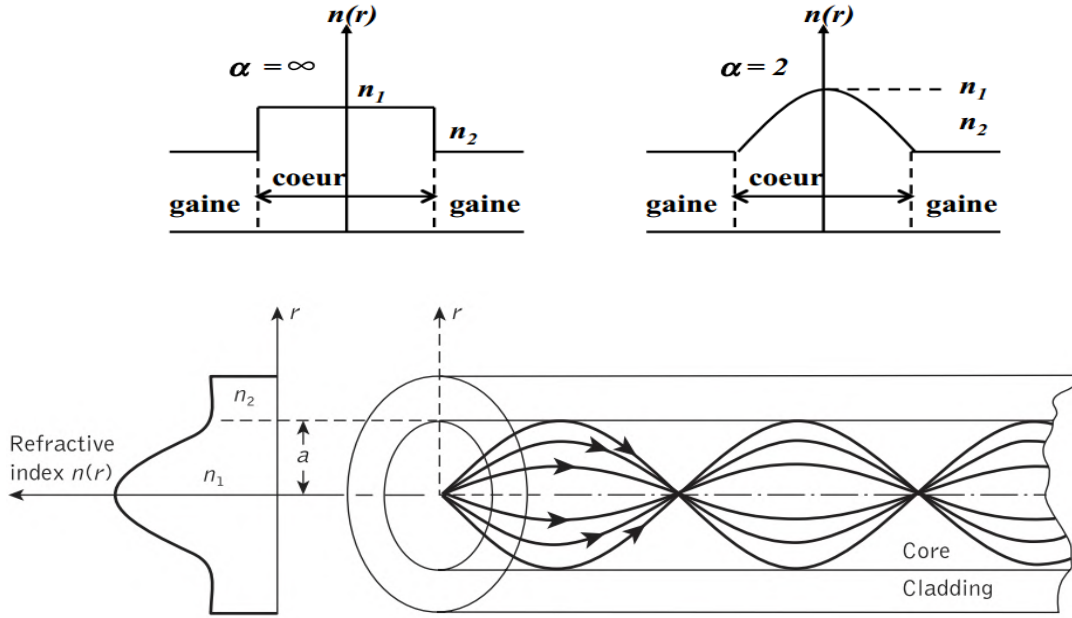
يعرف هذا النوع من الألياف البصرية على أنه النوع الذي يملك قرينة انكسار للغلاف تكون ثابتة، بينما قرينة انكسار القلب تتغير تدريجيا بشكل دالة من أقصى قيمة لها  $n_c$  إلى أقل قيمة ممكنة وهي  $n_g$  حيث يأخذ التغير أشكالا مختلفة حسب قيم الوسيط  $(\alpha)$  [1].

إن مسارات الأشعة الضوئية في هذا النوع من الألياف البصرية تكون في شكل خطوط منحنية.

تعطى معادلة تغير قرينة الانكسار بالصيغة التالية:

$$\left\{ \begin{array}{l} n_c(r) = n_c (1 - 2\Delta) \left( \left( \frac{r}{a} \right) \alpha \right)^{\frac{1}{2}} \quad r < a \\ n_c(r) = n_c (1 - 2\Delta)^{\frac{1}{2}} \quad r \geq a \end{array} \right. \quad (I-8)$$

كما تعد الألياف التدرجية أفضل من العتبية في حل مشكل التبدد النمطي، ذلك أن الحزم القريبة من مركز القلب تكون بطيئة السرعة وتقطع مسافات قصيرة، بينما الحزم القريبة من الغلاف تكون ذات سرعات عالية وتقطع مسافات أكبر وبالتالي يكون وصول الحزم تقريبا متزامن مع تأخير زمني جد ضئيل.



الشكل (I-6): يوضح تغير قرينة الانكسار حسب قيم  $\alpha$  في الليف التدرجي ومسارات الحزم الضوئية به [1].

### I-3-2 التصنيف حسب أنماط الانتشار داخل الليف البصري:

ينتشر الضوء في اليف البصري في شكل حزم إشعاعية عبر زوايا محددة تسمى هذه الإشعاعات أو الحزم بأنماط الانتشار، توصف هذه الأخيرة بالاعتماد على النظرية الكهرومغناطيسية ومعادلات ماكسويل.

كما يلعب العدد  $V$  دورا أساسيا في تحديد عدد أنماط المنتشرة في الليف [3].

#### I-3-2-1 الياف بصرية أحادية النمط:

هذا النوع يسمح بمرور إشارة ضوئية واحدة فقط في كل ليفة من الياف الحزمة الضوئية ويتميز بصغر نصف قطر القلب.

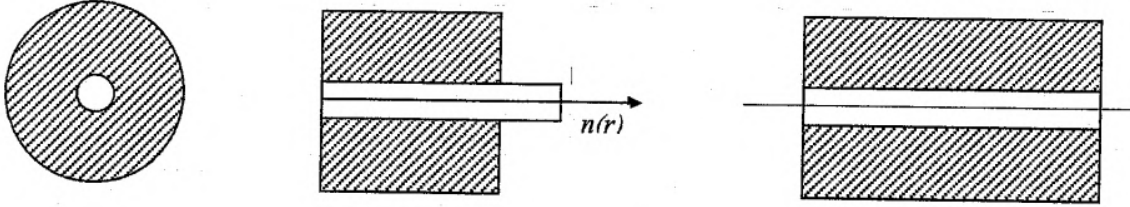
وللحصول على إنشار نمط واحد فقط يجب أن تكون قيمة العدد  $V$  مساوية أو أقل من القيمة 2.405

$$0 \leq V \leq V_c \quad \text{في الليف أحادي النمط يجب تحقق [3]:}$$



نستطيع الحصول على ليف تدرجي ذي نمط واحد من خلال تعيين قيمة  $V_c$  من العلاقة التالية:

$$V_c = 2.405 \sqrt{1 + \frac{2}{\alpha}} \quad (I-9)$$



الشكل (I-7): يوضح الليف العتبي أحادي النمط.

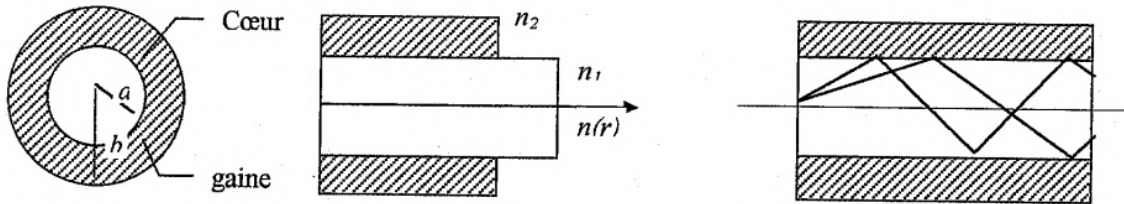
### I-2-3-2 اليف بصرية متعددة الأنماط:

يتم خلالها نقل العديد من الإشارات الضوئية في الليفة الواحدة من الحزمة وتتميز بنصف قطر كبير، وبدورها تضم اليايف المتعددة الأنماط كل من:

الليف العتبي متعدد النمط أين يمكن حساب عدد الأنماط التي يمكن أن تحتاز ليفة واحد انطلاقا من العلاقة

التالية:

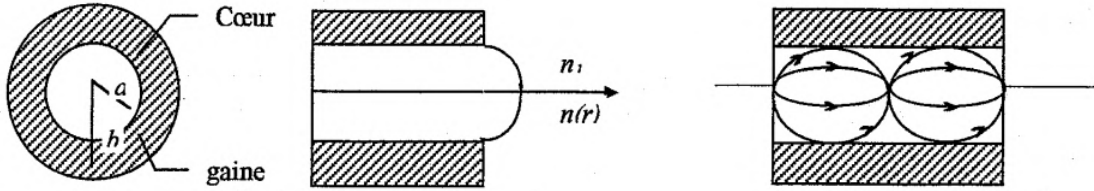
$$M_s = \frac{V^2}{2} = \left( \frac{\left( \frac{2\pi}{\lambda} aON \right)^2}{2} \right) \quad (I-10)$$



الشكل (I-8): يوضح الليف العتبي متعدد الأنماط.

وكذلك الليف التدرجي متعدد الأنماط أين نحسب عدد الأنماط انطلاقا من:

$$M_g = \left( \frac{\alpha}{\alpha + 2} \right) \left( \frac{V^2}{2} \right) \quad (I-11)$$



الشكل (I-9): يوضح الليف التدرجي متعدد الأنماط.

### I-3-3-3 تصنيف حسب مادة الصنع:

#### I-3-3-3-1 الألياف البصرية البلاستيكية:

يصنع هذا النوع بالكامل من البلاستيك الذي يعتبر مادة غير بلورية وتكون على شكل ألياف عتبية متعددة الأنماط، حيث تستخدم في مسافات قصيرة كشبكة منزلية أو ربط المكاتب [3].

من أهم مميزاتا أنها ذات تكلفة صنع متدنية، الفتحة الرقمية بها عالية حوالي 0.5.

كما لها سلبيات تحد من مجال استخدامها مثل التوهين العالي حوالي  $200 \text{ dB / Km}$

تستبعد بعض المواد البلاستيكية في الصنع مثل التي تملك جزيئات كبيرة الحجم أو التي تحوي عنصر الهيدروجين لتسببها في الخسارة العالية.

#### I-3-3-3-2 الألياف البصرية الزجاجية:

يعتبر الزجاج ذي تكلفة صنع أكبر مما هو عليه في حالة البلاستيك لكن ما يميزه الخسارة أقل، حيث تصنف أنواع الزجاج المستخدمة إلى صنفين أساسيين هما [2]:

زجاج درجات الحرارة العالية المتمثل في ثاني أكسيد السليكون النقي  $SiO_2$  ويضاف له السليكا النقية المعالجة بالمواد  $B_2O_3, P_2O_5, GeO_2$  عند الحاجة لتغيير قرينة الانكسار.

أما النوع الثاني فيكون من زجاج السليكا المركب الذي يعتبر زجاج درجات الحرارة الواطئة مثل صوديوم سليكات البورن  $Na_2O, B_2O_3, SiO_2$  أو صوديوم سليكات الكالسيوم  $Na_2O, CaO, SiO_2$ .

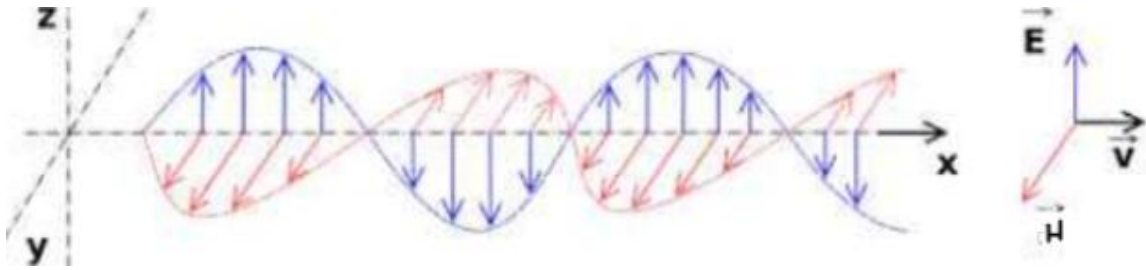
## 4-I انتشار الضوء في الأوساط المادية:

توطئة:

إن أهم تطور يتعلق بالنظرية الموجية للضوء كان العمل الذي قام به العالم ماكسويل وهو أن الضوء عبارة عن أمواج كهرو مغناطيسية ذات ترددات عالية، له طبيعة موجية حسب ما فسرتة ظواهر الانعراج والتداخل للضوء، في حين اعتقد نيوتن أن الضوء يملك خاصية جسيمية وهذا ما أكدته، ظاهرة الفعل الكهروضوئي ومن جانب آخر اعتبر هويغنز أن الضوء عبارة عن موجات، على أساس التصورين السابقين وصفت طبيعة الضوء بالازدواجية موجة-جسيم، وقد مكن استخدام هذه النظرية من معرفة قوانين الانعكاس والانكسار للضوء [7].

## 4-I-1 الأمواج الكهرومغناطيسية:

يمكن تعريف الأمواج الكهرومغناطيسية أيضا على أنها صورة من صور الطاقة الناتجة عن الحركة الاهتزازية للشحنات الكهربائية وحركتها للأمام والخلف، فينتج عن هذه الحركة مجالاً كهربائياً  $E$  ومجالاً مغناطيسياً  $H$  متردداً، ومن هنا جاءت تسمية هذه الأمواج بالأمواج الكهرومغناطيسية إذ أن كلا المجالين الكهربائي والمغناطيسي متعامدين على بعضهما البعض كما هو مبين في الشكل الموالي:

الشكل (I-10): يوضح موجة كهرومغناطيسية تنتشر وفق المحور  $x$ .

## 4-I-2 معالجة الموجة الضوئية:

خلال هذه الفقرة سنستخدم معادلات ماكسويل محاولين استنباط معادلة الموجة داخل ليف البصري وذلك بالاعتماد على تقريبات فزيائية معينة.

4-I-2-1 معادلات ماكسويل:

في جملة الوحدات الدولية تعطى معادلات ماكسويل في الفراغ كما يلي:

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \vec{D} &= \rho \\ \nabla \cdot \vec{B} &= 0 \\ \nabla \times \vec{H} &= \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \\ \nabla \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\end{aligned}\quad (I-12)$$

حتى نستطيع صياغة هذه المعادلات على مستوى اليف البصري لابد لنا من تعريف المقادير التي تميز خواص المادة وهي كل من:

✓ الاستقطاب  $\vec{P}$ .

✓ شعاع التمغنط  $\vec{M}$ .

✓ الناقلية  $\delta$ .

حسب هاته المقادير نكتب:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad (I-13)$$

$$\vec{B} = \mu_0 \cdot (\vec{H} + \vec{M}) \quad (I-14)$$

$$\vec{J} = \delta \cdot \vec{E} \quad (I-15)$$

حيث الكميتين  $\epsilon_0$ ،  $\mu_0$  هما نفاذية وسمحية الفراغ على الترتيب.

جداء الكميتين السابقتين يعرف ثابتا وهو مقلوب سرعة الضوء في الفراغ  $\mu_0 \cdot \epsilon_0 = \frac{1}{c^2}$

أما النسبة  $Z_0^2 = \frac{\mu_0}{\epsilon_0}$  تعرف مقدارا يسمى ممانعة الفراغ وتعطى بـ [2]:  $Z_0^2 = \left(\frac{4\pi c}{10^7}\right)^2 = 377\Omega$

كما تعرف  $Z_0 = \frac{\vec{E}}{\vec{H}}$  على انها النسبة بين سعة الموجة الكهربائية والمغناطيسية

باعتبار الوسط زجاج أو هواء يمكننا أن نقبل بالتقريبات التالية:

$$1. \rho = 0 \text{ عدم وجود شحنات حرة في الليف البصري.}$$

$$2. \vec{J} = 0 \text{ انعدام التيارات.}$$

$$3. \vec{M} = 0 \text{ عدم وجود تمغنط.}$$

بالاعتماد على التقريبات السابقة سوف تؤول معادلات ماكسويل في الليف البصري إلى:

$$\nabla \cdot \vec{D} = 0 \quad (I-17)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (I-18)$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (I-19)$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (I-20)$$

هذه المعادلات تمثل معادلات تفاضلية جزئية مترابطة من الدرجة الأولى للحقلين الكهربائي والمغناطيسي.

#### I-4-2-2 معادلة الموجة في الليف البصري:

حتى نزرع الترابط عن المعادلات الأخيرة نقوم بتطبيق مؤثر الدوران  $\nabla$  على المعادلة الأخيرة (I-20) نجد:

$$\nabla \times \nabla \times \vec{E} = \nabla \times \left( -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) \quad (I-21)$$

$$\nabla (\nabla \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \cdot \vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times \vec{B}) \quad (I-22)$$

في الطرف الأيمن للمعادلة (I-22) نعوض المعادلة (I-19) متضمنة المعادلة (I-13) نجد:

$$\nabla (\nabla \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \cdot \vec{E} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{P}}{\partial t^2} \quad (I-23)$$

نحصل على معادلة الموجة في الليف البصري للحقل الكهربائي:

$$-\nabla(\nabla \cdot \vec{E}) + \nabla^2 \vec{E} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} + \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{P}}{\partial t^2} \quad (\text{I-24})$$

حيث يعبر عن شعاع الاستقطاب بـ [2]:

$$\vec{P} = \varepsilon_0 \left( \chi^{(1)} \vec{E} + \chi^{(2)} \vec{E}^2 + \chi^{(3)} \vec{E}^3 + \dots \right) \quad (\text{I-25})$$

$\chi^{(i)}$ : الحساسية الكهربائية.

يمكن تبسيط المعادلة (I-24) إلى:

$$\nabla^2 \vec{E} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} + \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{P}}{\partial t^2} \quad (\text{I-26})$$

وذلك باعتبار:  $\nabla \cdot \vec{E} = \nabla \cdot \vec{D} = 0$

نقوم الآن بأخذ الحد الأول من المعادلة (I-25) والتعويض في (I-26) نجد:

$$\nabla^2 \vec{E} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} (1 + \chi^{(1)}) \quad (\text{I-27})$$

حيث:  $\varepsilon_r = (1 + \chi^{(1)})$  ثابت العزل الكهربائي النسبي لمادة.

تعطى قرينة الانكسار في وسط مادي خطي بالعلاقة:

$$n = \sqrt{\frac{\varepsilon \mu}{\varepsilon_0 \mu_0}} \quad (\text{I-28})$$

باعتبار قيمة  $\mu$  قرينة جدا من  $\mu_0$  في أغلب المواد نستطيع كتابة المعادلة (I-26) على الشكل:

$$\nabla^2 \vec{E} = \frac{n^2}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad (\text{I-29})$$

$$\nabla^2 \vec{E} = \frac{n^2}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} \quad (\text{I-30})$$

تعرف المعادلتين (I-29) و (I-30) على أنهما معادلة الموجة الكهرومغناطيسية يعطى الحل العام لهاته المعادلات من الشكل:

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = E_0 e^{i(\omega t - \vec{K} \cdot \vec{r})} \quad (I-31)$$

$$\vec{H}(\vec{r}, t) = H_0 e^{i(\omega t - \vec{K} \cdot \vec{r})} \quad (I-32)$$

حيث:

$E_0$ ،  $H_0$  سعة الحقل الكهربائي والمغناطيسي على الترتيب.

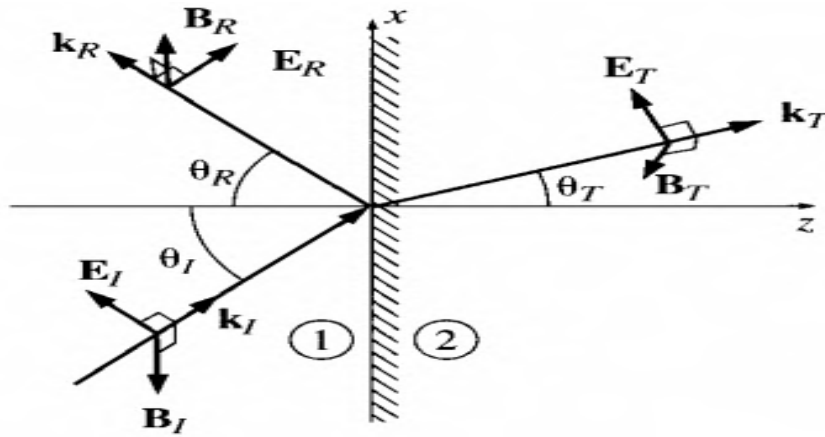
$\vec{r}$ : شعاع الموضع.

$\omega$ : النبض.

$\vec{K}$ : شعاع الموجة ويعطى بالشكل:  $\|\vec{K}\| = \frac{\omega}{v}$

#### 4-1-2-3 استمرارية الحقول عند الحد الفاصل:

نعتبر موجة أحادية التواتر الزاوي  $\omega$ ، ترد إلى مستوي يشكل الحد الفاصل بين وسطين شفافين قرينتهما  $n_1, n_2$  على الترتيب وعند وصولها إلى الحد الفاصل تتجزأ هاته الموجة لموجة منعكسة ومنكسرة لهما نفس التواتر وفي الحالة العامة نكتب [4]:



الشكل (I-11) سلوك الموجة الكهرومغناطيسية عند الحد الفاصل.

$$\vec{E}_i = \vec{E}_{0i} e^{-i(\omega t - \vec{k}_i \cdot \vec{r})} \vec{n} \quad \text{موجة واردة (I-33)}$$

$$\vec{E}_r = \vec{E}_{0r} e^{-i(\omega t + \vec{k}_r \cdot \vec{r})} \vec{n} \quad \text{موجة منعكسة (I-34)}$$

$$\vec{E}_t = \vec{E}_{0t} e^{-i(\omega t - \vec{k}_t \cdot \vec{r})} \vec{n} \quad \text{موجة نافذة (I-35)}$$

حيث:

$\vec{n}$  شعاع الاستقطاب للموجة الكهرومغناطيسية الذي يحدد مستوي اهتزازها.

تخضع الحقول الكهربائية والمغناطيسية عند الحد الفاصل بين الوسطين لشروط حدية موضحة في المعادلة (I-36) [4]:

$$\epsilon_1 \cdot E_n^1 - \epsilon_2 \cdot E_n^2 = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad \text{i.}$$

$$E_t^1 - E_t^2 = 0 \quad \text{ii.}$$

$$B_n^1 - B_n^2 = 0 \quad \text{iii.}$$

$$\frac{B_t^1}{\mu_1} - \frac{B_t^2}{\mu_2} = \mu_0 \cdot j \quad \text{iv.}$$

حيث:  $E_n, B_n, E_t, B_t$  المركبة الناعمة والمماسية للحقل الكهربائي والمغناطيسي على الترتيب.

حسب الشروط الحدية السابقة نكتب معادلات فريتل كما يلي:

$$E_{0R} = \left( \frac{\alpha - \beta}{\alpha + \beta} \right) E_{0i}$$

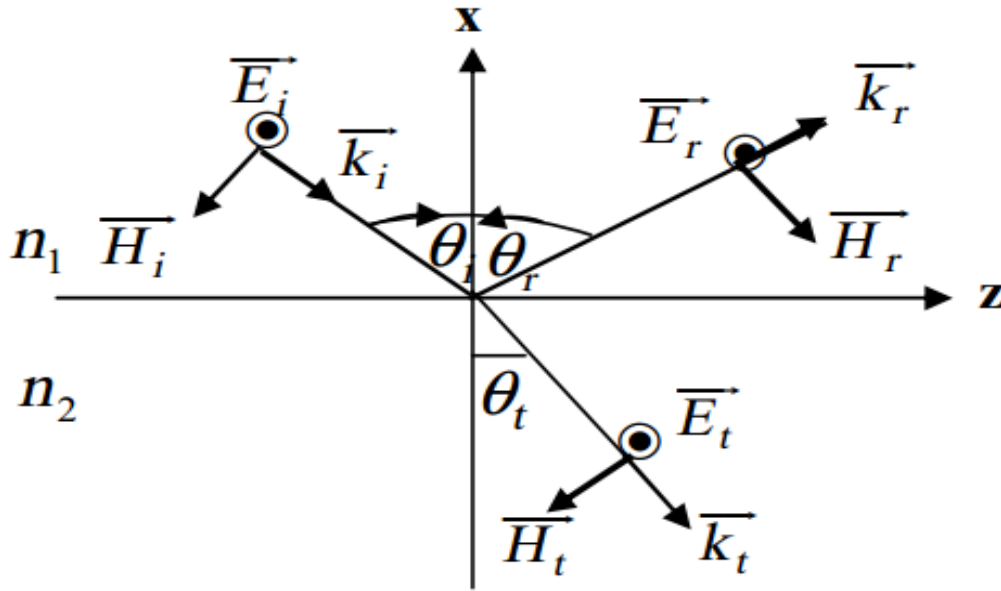
$$E_{0t} = \left( \frac{2}{\alpha + \beta} \right) E_{0i} \quad \text{(I-37)}$$

$$\beta = \frac{\mu_1 \cdot \mathcal{G}_1}{\mu_2 \cdot \mathcal{G}_2} = \frac{\mu_1 \cdot n_2}{\mu_2 \cdot n_1} \quad \text{و} \quad \alpha = \frac{\cos \theta_t}{\cos \theta_i} \quad \text{حيث:}$$



4-2-4-I استقطاب الموجة الكهربائية العرضية (TE) :

تكون الموجة الكهربائية مستقطبة عرضياً إذا كان الحقل الكهربائي عمودياً على مستوي الورد كما هو موضح في الشكل التالي [4]:



الشكل (I-12): استقطاب الموجة الكهربائية العرضية (TE).

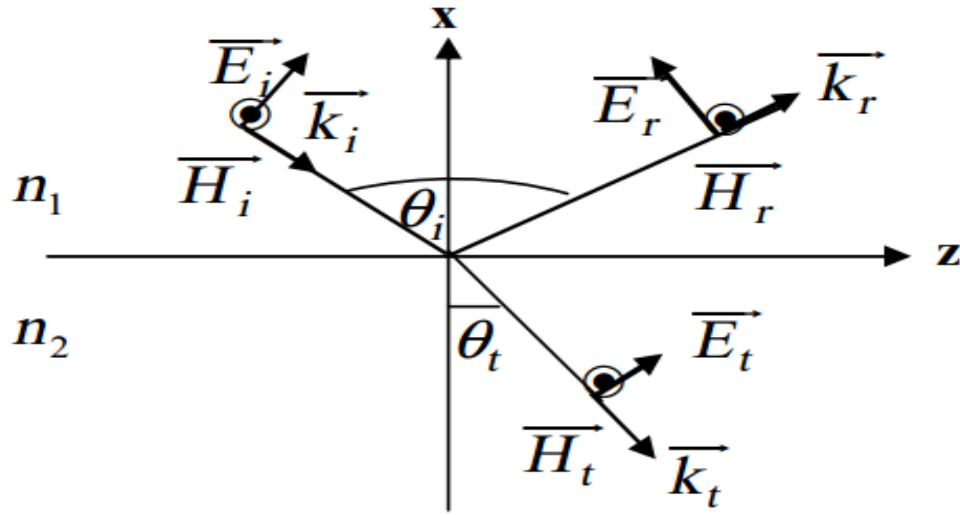
حيث يكون معامل الانعكاس والانكسار للموجة (TE) كما يلي:

$$r_{TE} = \frac{n_1 \cos \theta_i - n_2 \cos \theta_t}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t}$$

$$t_{TE} = \frac{2n_1 \cos \theta_i}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \cos \theta_t} \quad (I-38)$$

4-2-4-II استقطاب الموجة المغناطيسية العرضية (TM) :

تكون الموجة المغناطيسية مستقطبة عرضياً إذا كان الحقل المغناطيسي عمودياً على مستوي الورد كما في الشكل الموالي [5]:



الشكل (I-13): استقطاب الموجة المغناطيسية العرضية (TM).

يعطى معامل الانعكاس والانكسار للموجة (TM) بالشكل [4]:

$$r_{TM} = \frac{n_1 \cos \theta_t - n_2 \cos \theta_i}{n_1 \cos \theta_t + n_2 \cos \theta_i}$$

$$t_{TM} = \frac{2n_1 \cos \theta_t}{n_1 \cos \theta_t + n_2 \cos \theta_i} \quad (I-39)$$

## 5-I فصل المتغيرات:

بفضل التناظر الاسطواني للشكل الهندسي للليف البصري يمكننا تطبيق الإحداثيات الأسطوانية على المعادلة (I-29) حيث نأخذ الاتجاه الاصطلاحي لانتشار الموجة وفق المحور Z يكتب دوران الحقل الكهربائي في الإحداثيات الأسطوانية من الشكل [2]:

$$\nabla^2 E = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial}{\partial r} E \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} E + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E \quad (I-40)$$

سنقوم الآن بفصل الحقل الكهربائي إلى ثلاثة دوال كما يلي:

$$E = E_0 N Z T \quad (I-41)$$

$$N = N(r, \phi)$$

$$Z(z) = e^{i\beta z}$$

$$T(t) = e^{-i\omega t}$$

حيث:

$N(r, \phi)$ : دالة توزيع كثافة السعة للحقل الكهربائي في المستوي العمودي على المحور  $Z$  وذلك باعتبار  $E_0$  له وحدة حقل على مساحة.

$Z(z)$ : دالة الخاصة بانتشار الموجة بدلالة العدد الموجي  $\beta$ .

$T(t)$ : دالة الخاصة بتعلق الموجة أحادية اللون بالتواتر الزاوي  $\omega$ .

باستخدام الاحداثيات الاسطوانية والمعادلة (I-41) سوف تأخذ المعادلة (I-29) الشكل التالي:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial}{\partial r} E_0 \cdot N \cdot Z T \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} E_0 \cdot N \cdot Z T + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_0 \cdot N \cdot Z T = \frac{n^2}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_0 \cdot N \cdot Z T \quad (I-42)$$

نقوم باختزال الحد  $E_0$  من حدود المعادلة، بعد التبسيط نكتب:

$$Z T \left( \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} N + \frac{\partial^2}{\partial r^2} N \right) + Z T \frac{1}{r^2} + \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} N - \beta^2 \cdot N \cdot Z T = -\frac{n^2}{c^2} \omega^2 \cdot N \cdot Z T \quad (I-43)$$

نقوم بإدخال العدد الموجي  $K$  نجد الطرف الثاني يصبح من الشكل:  $-K^2 \cdot N \cdot Z T$

الآن نقوم بفصل الدالة الخاصة بتوزيع الكثافة إلى دالة قطرية وأخرى سمتيه كما يلي:

$$N(r, \phi) = R(r) \Phi(\phi) \quad (I-44)$$

بتعويض حدود المعادلة والظرب في  $\frac{r^2}{R\Phi}$  نجد:

$$\frac{r}{R} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{r^2}{R} \frac{\partial^2}{\partial r^2} R + \frac{1}{\Phi} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} \Phi - r^2 \beta^2 = -K^2 \cdot r^2 \quad (I-45)$$

بعد ترتيب الحدود نجد:

$$-\frac{1}{\Phi} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} \Phi = \frac{1}{R} \left( r^2 \frac{\partial^2}{\partial r^2} R + r \frac{\partial}{\partial r} R + r^2 (K^2 - \beta^2) R \right) \quad (I-46)$$

نلاحظ أن الطرف الأيمن للمعادلة دالة قطرية أما الطرف الأيسر فهو دالة للسمت حيث كل دالة مستقلة عن الأخرى خطياً، نستطيع الآن مساوات طرفي المعادلة بثابت اختياري وليكن  $m^2$

$$\frac{\partial^2}{\partial \phi^2} \Phi + m^2 \Phi = 0 \quad (I-47)$$

$$r^2 \frac{\partial^2}{\partial r^2} R + r \frac{\partial}{\partial r} R + r^2 (K^2 - \beta^2) R = R m^2 \quad (I-48)$$

بوضع التقريب:  $(K^2 - \beta^2) = k^2$  تصبح المعادلة الأخيرة من الشكل:

$$r^2 \frac{\partial^2}{\partial r^2} R + r \frac{\partial}{\partial r} R + (k^2 r^2 - m^2) R = 0 \quad (I-49)$$

إن المعادلة (I-47) هي معادلة الجزء الخاص بالسمت حيث تقبل حلاً من الشكل:

$$\Phi = c_0 \mathcal{C} \text{os}(m\phi + \phi_0) \quad (I-50)$$

حيث:  $\phi_0$  و  $c_0$  ثوابت و  $m$  تأخذ قيم صحيحة ما يقيد عدد الحلول للمعادلة القطرية التي تكتب بالشكل:

$$x^2 y'' + xy' + (k^2 x^2 - m^2) y = 0 \quad (I-51)$$

ذلك بأخذ باستبدال بسيط من الشكل التالي:  $y = R, x = r$

تسمى المعادلة (I-51) بمعادلة بيسل التي يعطى حلها من الشكل من أجل قيم صحيحة لـ  $m$ :

$$y = c_1 J_m(kx) + c_2 N_m(kx) \quad (I-52)$$

أين يكون:  $k^2 x^2 \geq 0$

أو يعطى الحل من الشكل:

$$y = c_3 I_m(kx) + c_4 K_m(kx) \quad (I-53)$$

من أجل قيم تخيلية لـ  $k^2 x^2 < 0$  أي أن

$K_m, I_m, N_m, J_m$  هي دوال بيسل.

$C_i, i = 1, 2, 3, 4$ : ثوابت تحدد حسب طبيعة هندسة الليف البصري.

لتحديد هذه الأخيرة نقوم بافتراض أن اليف البصري عتي تغير قرينة الانكسار سنرمز الآن لتغير معامل الانكسار بالشكل الآتي:

$$\begin{cases} n_k & r \leq a \\ n_m & r > a \end{cases} \quad (I-54)$$

$n_m, n_k$ : قرينة انكسار القلب والغلاف على الترتيب.

نكتب العدد الموجي في القلب بدلالة العدد الموجي في الفراغ بالشكل:  $k_K = n_k k_0$

إن سعة توزيع الحقل الكهربائي للموجة الكهرومغناطيسية تتميز بمركبة حقيقية وأخرى عقدية، وطالما أن المركبة الحقيقية هي الفاعلة في الموجة الكهرومغناطيسية التي تنتشر في قلب الليف البصري، نستطيع أن نزعم أن المركبة التخيلية تنتشر في غلاف الليف.

من هذا الافتراض الأخير يصبح المقدار  $kr$  من المعادلة (I-49) مساويا لمقدار حقيقي في القلب وتخيلي في الغلاف. أي أن:

$$\begin{cases} (kr)^2 \geq 0 \rightarrow (k_k^2 - \beta^2)r^2 \geq 0 & r \leq a \\ (kr)^2 \leq 0 \rightarrow (k_m^2 - \beta^2)r^2 \leq 0 & r > a \end{cases} \quad (I-55)$$

هذا الشرط الأخير يُحوّلنا أن نكتب:  $k_k \geq \beta \geq k_m$

سنقوم الآن بتعريف الكميات الموجبة التالية:

$$\begin{cases} u = k_k a \\ w = k_m a \end{cases} \quad (I-56)$$

حيث:  $u$  ترمز إلى انتشار الطور.

أما  $w$  فتتمز للاضمحلال السعة.

تعطى العلاقة بين هذين المقدارين بالشكل التالي:

$$\begin{aligned} u^2 + w^2 &= (k_k^2 - \beta^2)a^2 - (k_m^2 - \beta^2)a^2 \\ &= (k_k^2 - k_m^2)a^2 \\ &= k_0^2 (n_k^2 - n_m^2)a^2 \end{aligned} \quad (I-57)$$

المقدار  $u^2 + w^2$  مساوي لعدد ثابت كنا قد تكلمنا عنه سابقا وهو العدد [1]:

$$v = k_0^2 a^2 (n_k^2 - n_m^2) \quad (I-58)$$

يعطى الحل العام لمعادلة الموجة بالاعتماد على  $u, w$  بالصيغة التالية:

$$\begin{aligned} N_k &= C_k J_m(ur/a) \cos(m\phi + \phi_0); r \leq a \\ N_M &= C_M K_m(wr/a) \cos(m\phi + \phi_0); r > a \end{aligned} \quad (I-59)$$

والشروط الحدية لهذه الحلول هي من الشكل [2]:

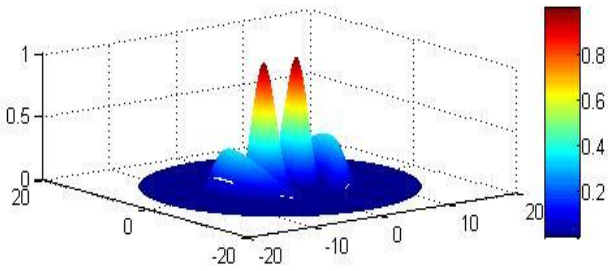
$$\begin{aligned} N_k(r=a) &= N_M(r=a) \\ \frac{\partial}{\partial r} N_k(r=a) &= \frac{\partial}{\partial r} N_M(r=a) \end{aligned} \quad (I-60)$$

## 6-I تصنيف الأنماط:

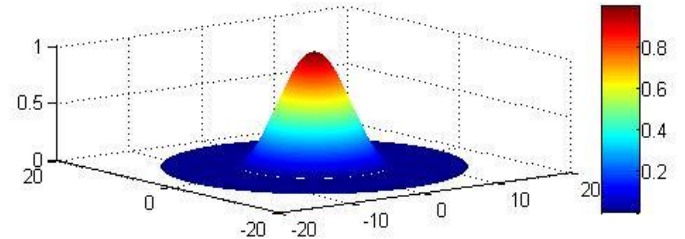
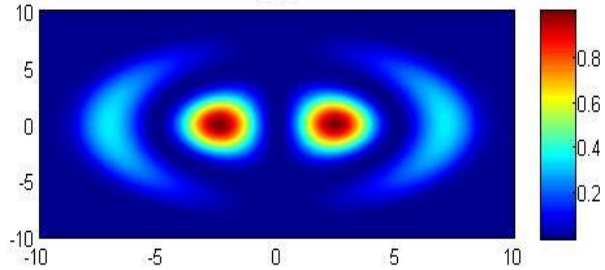
النمط المنتشر للموجة الكهرومغناطيسية	قيمة العدد $\nu$
$HE_{11}$	0
$TE_{01}, TM_{01}, HE_{21}$	2.405
$EH_{11}, HE_{31}$	3.817
$HE_{12}$	5.135
$EH_{21}, HE_{41}$	135."5
$TE_{02}, TM_{02}, HE_{22}$	5.520
$EH_{31}, HE_{51}$	6.402

الجدول (I-1): ترميز الأنماط السبعة الأولى المنتشرة في الليف البصري [2].

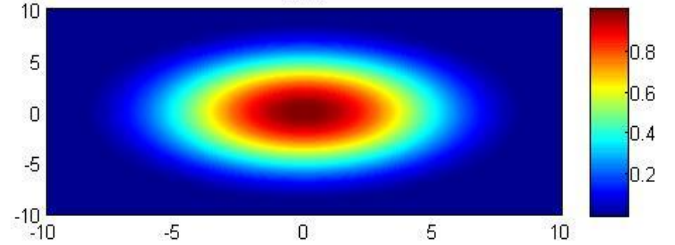
بالاستعانة ببرنامج المتلاب العددي يمكننا رسم الأنماط السبعة الأولى في الليف البصري، التي تمثل توزيع شدة الحقل الكهربائي.

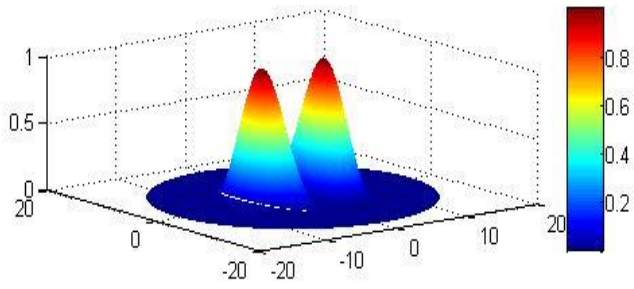


LP12

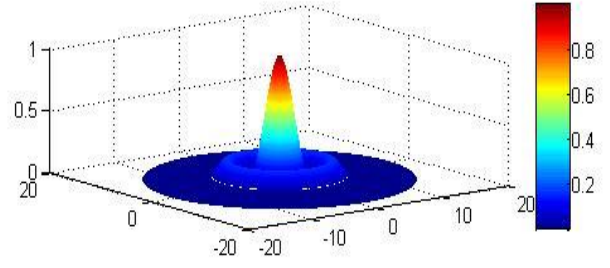
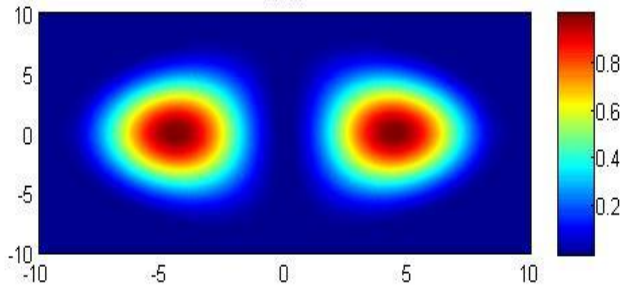


LP01

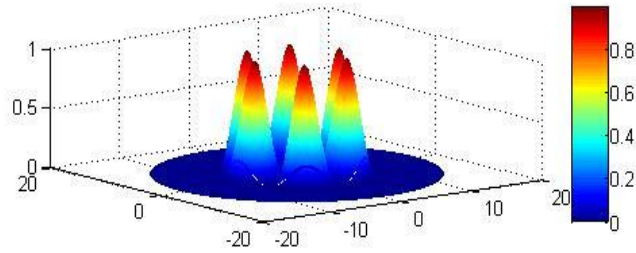
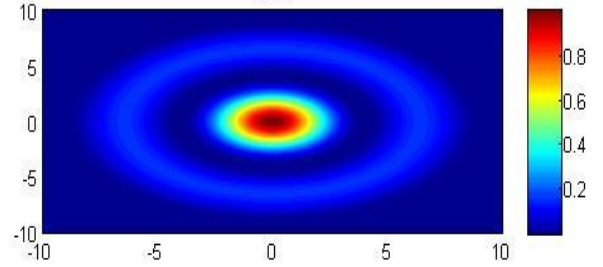




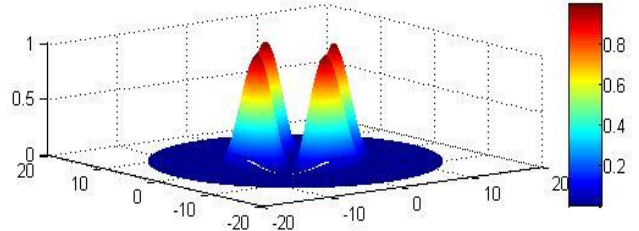
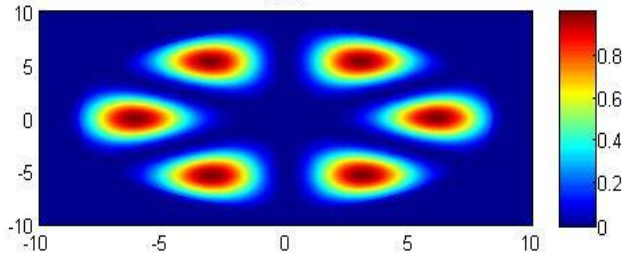
LP11



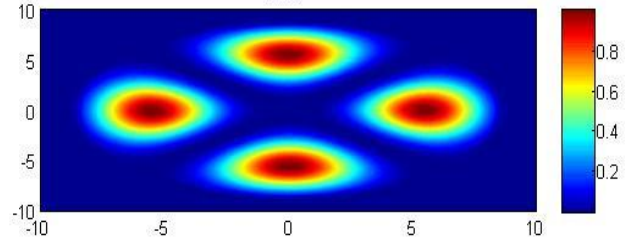
LP02



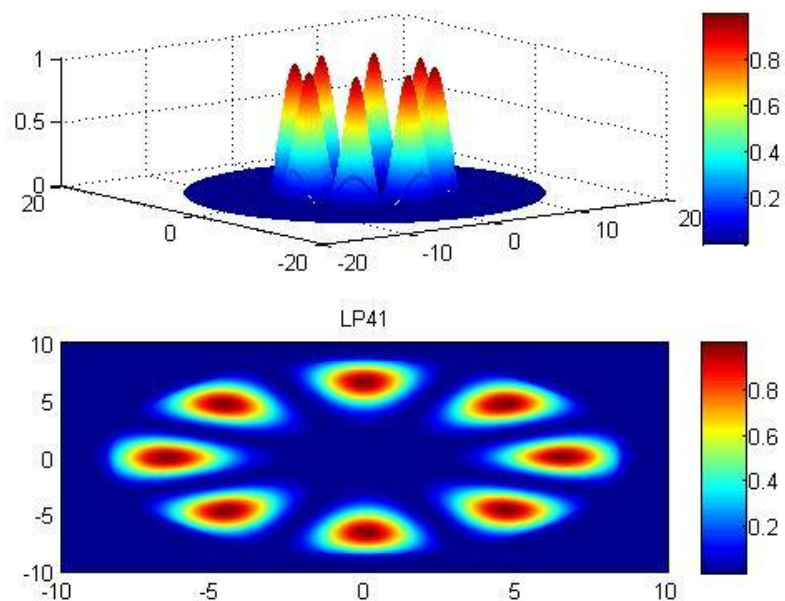
LP31



LP21







الشكل (I-14): توزيع الأنماط في الليف البصري.

## I-7 تعلق السماحية الكهربائية بالتواتر الزاوي:

إن انتشار الأمواج الكهرومغناطيسية في المادة تتحكم فيه ثلاث خصائص والتي يمكن اعتبارها ثابتة وهي السماحية  $\epsilon$  النفاذية  $\mu$  الناقلية  $\delta$ ، في الحقيقة كل هذه المقادير تتعلق إلى حد ما بتواتر الأمواج الكهرومغناطيسية.

فباعتبار السماحية ثابتة فإن قرينة الانكسار في وسط شفاف تكون مساوية للقيمة [7]:

$$n \cong \sqrt{\epsilon_r} \quad (I-61)$$

من المعلوم أن الضوء ينكسر عند اجتيازه موشور أو قطرة مطر كما أن هذين الأخيرين يكسران الضوء الأزرق أكثر من الضوء الأحمر أي أن قرينة الانكسار تتعلق بالطول الموجي، تسمى هذه الظاهرة بالتبدد أي انه عند تعلق سرعة الموجة بتواترها نستطيع القول إن الوسط الذي تنتشر فيه مبدد.

## I-7-1 الأوساط المبددة: هي تلك الأوساط المشتتة للضوء التي تتغير فيها سرعة الموجة نتيجة تغير معامل

انكسار الوسط ويكون معامل الانكسار دالة لتردد أو الطول الموجي.

## 7-I-2 سرعة المجموعة وسرعة الطور:

بما أن الأمواج مختلفة التواتر تنتشر بسرعات مختلفة في وسط مبدد فإن الموجة التي تحوي مجالا من التواتر سيتغير شكلها عند انتشارها، تكتب هذه الموجة على شكل جيبى مضروب بشكل من التجب وتتحرك الموجة الجيبية بسرعة الموجة أو ما يسمى بسرعة الطور [7].

فإذا فرضنا معادلة الحقل الكهربائي لموجة تنتشر في اتجاه المحور  $Z$  تعطى بالشكل:

$$E_y = A \cdot \cos(\omega t - k \cdot z) \quad (I-62)$$

$E_y$ : مركبة الحقل الكهربائي باتجاه المحور  $y$ .

$A$ : سعة الحقل الكهربائي.

$$K = \frac{\omega}{g} = \frac{2\pi\nu}{g} = \frac{2\pi c}{g \cdot \lambda_0} = n \cdot K_0 \quad (I-63) \quad K: \text{العدد الموجي الذي يعطى بالعلاقة:}$$

حيث:  $K_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}$  العدد الموجي في الفراغ.

عند كون الطور مقدارا ثابتا أي أن:  $\omega t - k \cdot z = \text{const}$  تكون سرعة الموجة هي السرعة الطورية.

$$g_{ph} = \frac{\partial z}{\partial t} = \frac{\omega}{k} \quad (I-64)$$

أما إذا افترضنا أن التردد الزاوي لمجموعة من الموجات يتغير في المجال:  $[\omega - \Delta\omega; \omega + \Delta\omega]$  سيرافق ذلك تغير للعدد الموجي في المجال:  $[K - \Delta K; K + \Delta K]$  في هذه الحالة نصف الحقل الكهربائي بتراكب دالتين [7].

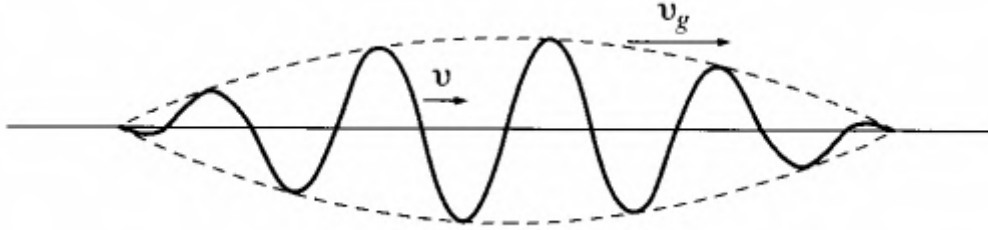
$$E_{y1} = A \cdot \cos\left[(\omega + \Delta\omega)t - (k + \Delta k)z\right] \quad (I-65)$$

$$E_{y2} = A \cdot \cos\left[(\omega - \Delta\omega)t - (k - \Delta k)z\right] \quad (I-66)$$

$$E_y = A \left\{ \cos\left[(\omega + \Delta\omega)t - (k + \Delta k)z\right] + \cos\left[(\omega - \Delta\omega)t - (k - \Delta k)z\right] \right\} \quad (I-67)$$

باعتبار أن  $\Delta\omega t - \Delta kz = \text{const}$  نجد عبارة سرعة المجموعة:

$$v_g = \frac{dz}{dt} = \frac{\Delta\omega}{\Delta k} = \frac{d\omega}{dk} \quad (\text{I-68})$$



الشكل (I-15): يوضح سرعة الطور وسرعة المجموعة لموجة كهرومغناطيسية [6].

ينبغي الإشارة إلى أن الطاقة المنقولة بواسطة غلاف الموجة في وسط مبدد، تنتشر بسرعة المجموعة وليس بسرعة الطور التي قد تفوق أحيانا سرعة الضوء [7].

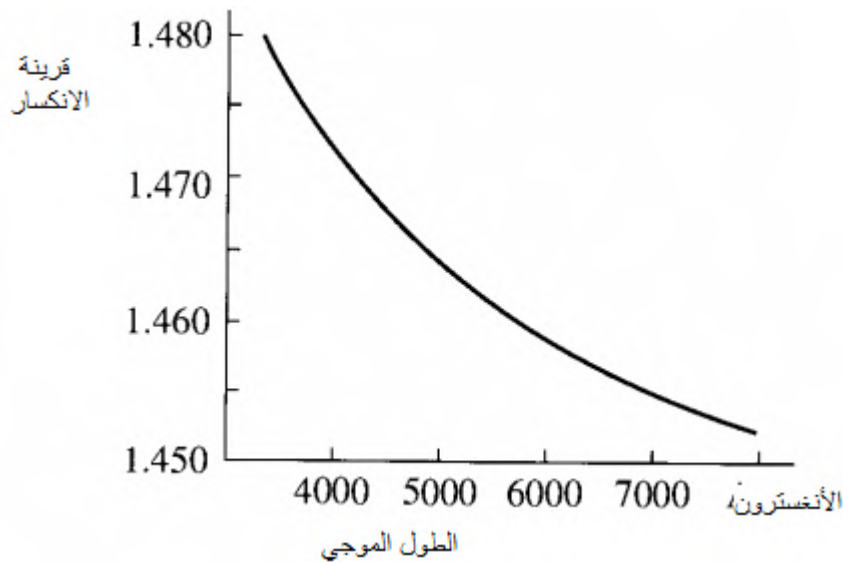
## 8-I التفرق الضوئي للمادة:

### 1-8-I معادلة كوشي لتشتت الضوء:

كان كوشي أول من حاول وضع نظرية لتفسير زيادة انكسار شعاع ضوئي عندما يقل طول موجة الضوء المستخدم سنة 1836 فقد استنتج صيغة للتفرق الضوئي والتي تعرف باسمه وفيها يتغير معامل انكسار المادة  $n_\lambda$  مع الطول الموجي للضوء تبعاً للعلاقة الآتية [6]:

$$n_\lambda = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} \quad (\text{I-69})$$

حيث تحدد الثوابت A و B و C بتعين قيم  $n_\lambda$  باستخدام ثلاثة أطوال موجية معروفة وبعيدة عن بعضها وقد وجد أن هذه المعادلة تمثل تفرق الضوء في معظم المواد الشفافة.



الشكل (I-16): منحنى تغير قرينة الانكسار بدلالة الطول الموجي للزجاج المثالي [6].

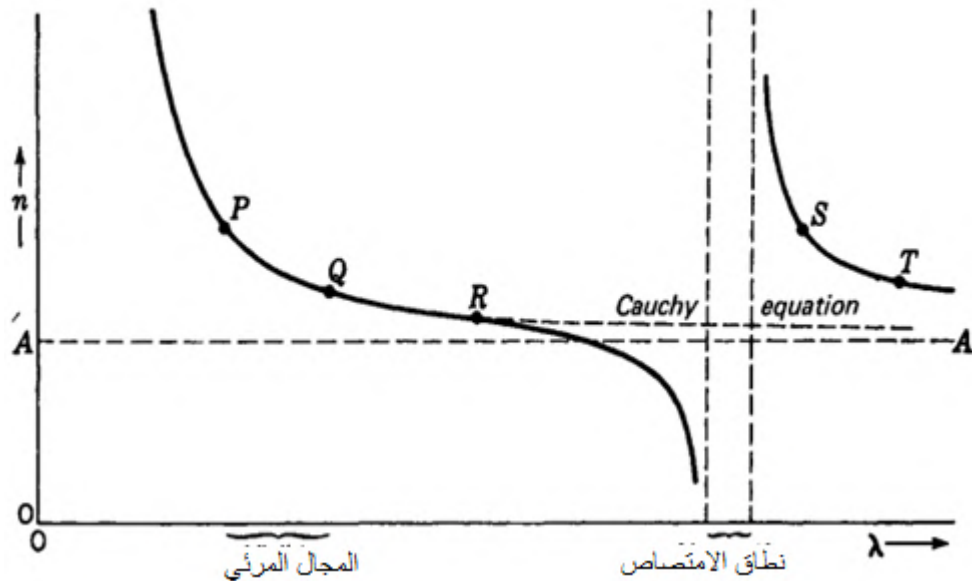
إن معامل انكسار المادة كما سبق وذكرنا هو دالة في الطول الموجي، حيث تزيد سرعة الضوء في الوسط كلما نقص معامل انكسار مادة الوسط وتكون النتيجة أن الضوء المتكون من عدة أطوال موجية مختلفة ينتقل بسرعات مختلفة خلال نفس الشعيرة الناقلة للإشعاع الضوئي [6].

كما أن الأطوال الموجية الأطول لها معامل انكسار أقل وتنتقل بسرعات عالية، يسمى هذا التأثير بالتفرق الضوئي الذي تسببه المادة المستخدمة في تصنيع الألياف البصرية.

### I-8-2 حدود معادلة كوشي لتشتت الضوء:

عند قياس معامل الانكسار للمواد الشفافة مثل الكوارتز في مجال الأشعة تحت الحمراء، نلاحظ أن منحنى التشتت يبدأ بالانحراف عن علاقة كوشي حيث تنبأ هذه المعادلة الأخيرة بتغير قرينة الانكسار كدالة لطول الموجي في المجال بين النقطتين  $[P;Q]$  بدقة، ابتداء من النقطة  $R$  سوف تتناقص قيم قرينة الانكسار بشدة وتصل إلى قيمة حدية عندما تؤول الأطوال الموجية لقيم غير منتهية، المعادلة (I-69) .

بعد النقطة  $R$  سوف تعاني قيم قرينة الانكسار سقوط شديد في مجال الأشعة تحت الحمراء عند توقف الضوء عن النفاذ من المادة أو ما يعرف بشرط الامتصاص عند هذه المنطقة تعجز علاقة كوشي عن تقدير قيم قرينة الانكسار بسبب عدم نفاذية المادة للضوء [7].



الشكل (I-17): منحنى التشتت لعلاقة كوشي [7].

### 3-8-I معادلة سيلمير لتشتت الضوء:

استطاع سيلمير استنتاج معادلة التفرق الضوئي غير المألوف في حالة الأطوال الموجية التي تعتبر المادة بالنسبة لها شفافة تماما على جانبي شريط الامتصاص سنة 1871 المتمثلة في العلاقة التالية [1]:

$$n^2 = 1 + \sum_i \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \quad (I-70)$$

حيث:

$\lambda_i$ : تمثل الترددات الطبيعية الممكنة.

$A_i$ : ثابت يتناسب مع عدد الهزات الممكنة لتردد معين.

بصفة عامة يمكن الاكتفاء بالحد الثالث من المعادلة الأخيرة لجميع المواد.

## 9-I خصائص النفاذية في الألياف البصرية:

برغم من التقدم الهائل الذي شهدته تقنية صنع الزجاج وخاصة أكسيد السيليوم النقي، تبقى عملية نقل الإشارة الضوئية عبر اليف البصري تخضع لعوامل تؤثر بشكل سلبي على أداء النظام وكذلك المسافة الإرسال.

### 1-9-I التوهين:

هو مقدار الضعف في الإشارة المنقولة عبر اليف البصري ويعطى بدالة لوغاريتمية تضم النسبة بين طاقة الإشارة الداخلة والخارجة من اليف البصري [3].

$$\alpha_{dB} = \frac{10 \log_{10} \left( \frac{Q_{in}}{Q_{out}} \right)}{L} \quad (I-71)$$

حيث:

$Q_{in}$ : قدرة الإشارة الداخلة.

$Q_{out}$ : قدرة الإشارة الخارجة.

$L$ : طول المسافة التي قطعتها الإشارة في اليف البصري.

يعبر عن التوهين بوحدة الديسبل  $dB$ .

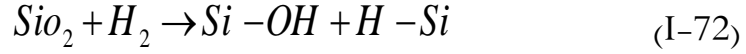
### 2-9-I الضياع الناتج عن امتصاص الضوء:

من المعروف أن جزءا من الضوء المنتقل عبر وسط ما يعاني امتصاصا من طرف هذا الوسط، كما يعتمد مقدار الامتصاص على خصائص المادة في حد ذاتها.

إن الضياع الضوئي يكون ناتجا لسببين رئيسيين الأول خاص بتصنيع مادة اليف البصري غير المثالي أين نجد تغير محلي لقرينة الانكسار بسبب عدم توزع المادة بشكل منتظم، ما يؤدي إلى انتشار الضوء في كافة الاتجاهات.

أما السبب الثاني فهو تأثير التلوث الناتج عن الهيدروجين أثناء عملية تصنيع المادة الأصلية لليف البصري (طريقة الترسيب الكيميائي للأخوة  $MCVD$ ).

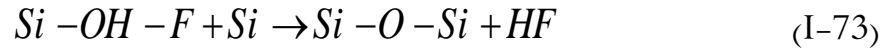
حيث يتحد أكسيد السيليوم  $SiO_2$  مع الهيدروجين  $H_2$  ليتشكل الهيدروكسيد  $OH^-$  وفق المعادلة:



نطاق الامتصاص $\mu m$	هيدروكسيد شاردة التطعيم
1.37	$Si-OH$
1.41	$Ge-OH$
1.6	$P-OH$

الجدول (I-2): يوضح الجدول نطاق الامتصاص حسب نوع شاردة التطعيم [3].

يمكن إضافة مادة الفلور كحل لتشكل شوارد الهيدروكسيد حسب المعادلة التالية:



### I-9-3 خسارة الانحناء في الليف البصري:

وهي الخسارة الناجمة عن الانحناء الذي يصيب جزء من طول الليف البصري، التي تولد خسارة في إشعاع جزء من الطاقة خارجا عند موضع الانحناء أو التكور في الليف البصري.

لكي تبقى جبهة الموجة العمودية على اتجاه الانتقال محافظة على شكلها يعني أن جزء من نمط التذبذب في الغلاف يجب أن ينتقل بسرعة أكبر من سرعة الضوء في الوسط نفسه، ولما كان هذا غير ممكن لذا فإن الطاقة المرافقة لهذا الجزء من نمط التذبذب ستفقد على شكل إشعاع [1].

تعطى القيمة الحرجة لنصف قطر التكور للليف البصري بالعلاقة:

$$R_c = \frac{3n_1^2 \lambda}{4\pi(n_1^2 - n_2^2)^{3/2}} \quad (I-74)$$

يمكن تقليل خسائر الانحناء عبر:

- 1) تصميم ليف بصري ذي فرق نسبي لمعامل الانكسار كبير.
- 2) ارسال الأمواج الكهرومغناطيسية قصيرة الأطوال الموجية.

تتمثل خسارة الانعكاس فيزيائيا من خلال زيادة نسبة طاقة الموجة الكهرو مغناطيسية الضائعة عبر الليف عند الانحناء.

#### I-9-4 خسارة انعكاس فرينل:

يظهر انعكاس فرينل عند سقوط الضوء على سطح زجاجي حيث جزء من الطاقة الساقطة سينعكس ويقدر الانعكاس الورود الناظمي [3] ب:

$$R_f = \left( \frac{n_i - n_0}{n_i + n_0} \right)^2 \quad (I-75)$$

$n_0$ : قرينة انكسار وسط سقوط الضوء (عادة ما يكون الهواء).

$n_i$ : قرينة انكسار الوسط الساقط عليه الضوء (قلب الليف).

#### I-9-5 خسارة تشتت رايلي:

إن التوهين الناتج عن تشتت رايلي يعتمد على طول الموجة العابرة في اليف البصري وهو مقدر ب  $m^{-1}$ .

يعطى مقدار خسارة رايلي بالعلاقة التالية [2]:

$$y_R = \frac{8\pi^3}{3\lambda^4} n^8 p^2 \beta_c k T_F \quad (I-76)$$

حيث:

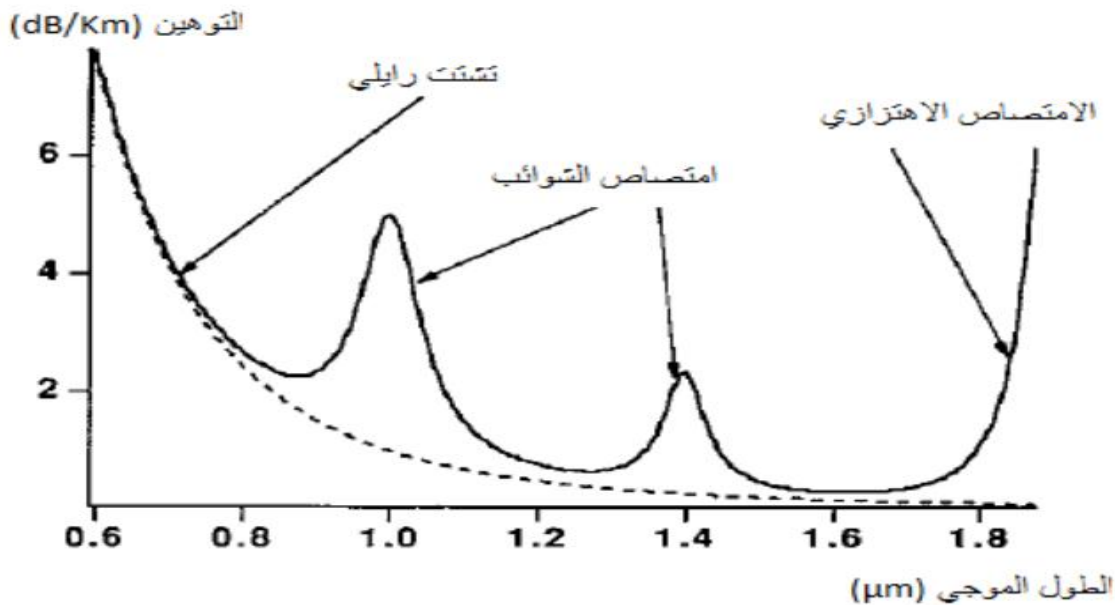
$\beta_c$ : ثابت يقدر ب  $\beta_c = 7 \times 10^{-11} m^2 / N$

$k, T_F$  هي درجة حرارة الليف البصري وثابت بولتزمان على الترتيب.

$n$ : معامل انكسار مادة الليف البصري.

$p$ : معامل المرونة البصرية.





الشكل (I-18): يوضح أهم الخسائر في ليف البصري [3].

## I-10 تصنيع الألياف البصرية:

لغرض تصنيع ليف بصري يتحتم توفير مادتين على الأقل، كل منهما مادة عازلة نقية شفافة ومتجانسة التركيب كما تتميز بتوهين ضئيل جداً، ومن الضروري اختلاف هاتين المادتين في معامل الانكسار [3].

هناك العديد من المواد العازلة العضوية وغير العضوية التي تحقق هذه الشروط في المدى المرئي ومجال الأشعة تحت الحمراء من طيف الإشعاع الكهرومغناطيسي، لكن النوعين الأكثر استعمالاً هما الزجاج والبلاستيك.

تستخدم مادة البلاستيك بصفة عامة في صناعة الألياف البصرية ذات معامل انكسار عتي فقط، ولا تصلح لصناعة ألياف بصرية ذات معامل انكسار تدرجي ذلك أن هذا الأخير يتطلب تغير معامل انكسار لب الليف بشكل دقيق عبر التطعيم بمواد مناسبة وهذا ما يمكن إجراؤه عند التصنيع بالزجاج فقط.

من النقاط المهمة في تصنيع الزجاج هي درجة حرارة الانصهار، فمن المعروف أن الزجاج يختلف عن معظم المواد بعدم وجود نقطة انصهار له ثابتة كمعظم المواد البلورية.

تعمل المواد المضافة لمعالجة السليكا النقية على تغير معامل انكسارها بالمقدار المرغوب كما تخفض من مقدار لزوجتها وتعمل على زيادة معامل تمددها الطولي.

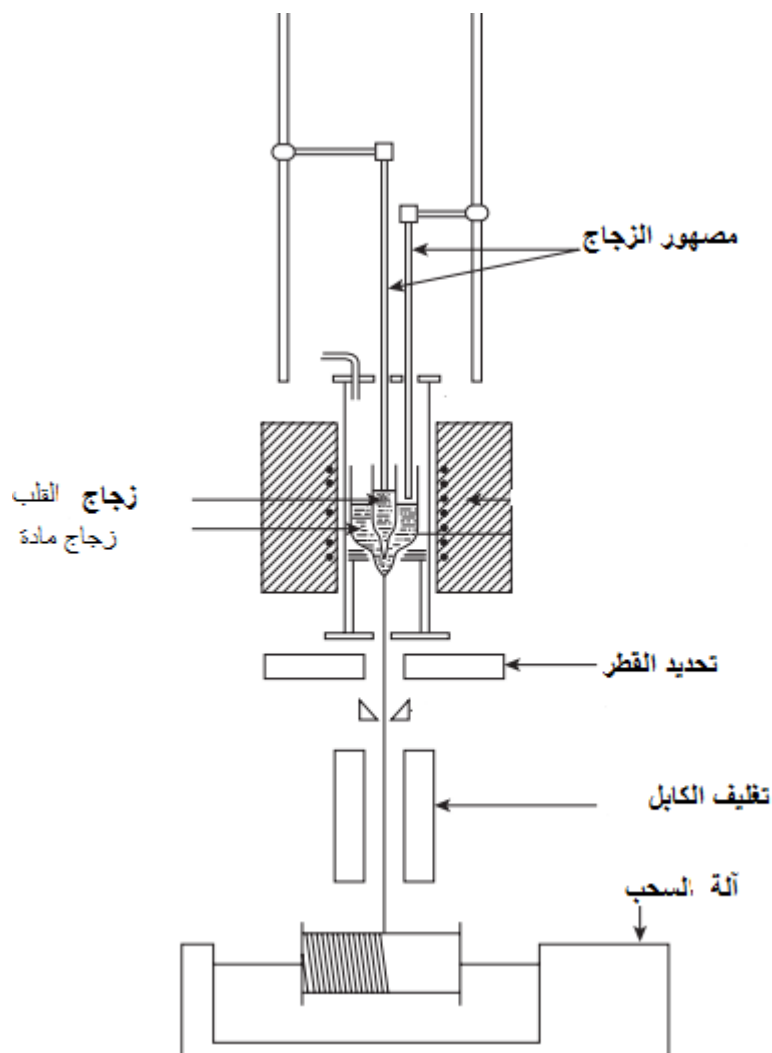
يمكن تقسيم مراحل تصنيع الليف البصري لمرحلتين المرحلة الأولى يتم فيها تحضير الزجاج النقي أو المطعم في شكل قضبان مناسبة لتصميم الليف البصري، أما المرحلة الثانية فتمثل عملية سحب للحصول على المنتج بالموصفات المطلوبة.

### I-10-1 تحضير المادة البصرية:

تتضمن إحدى الطرق الرئيسية التي تستخدم في تحضير قضبان الزجاج النقي تقنيات تعرف بتقنيات الانصهار أو تقنيات الطور السائل، الخطوة الأولى في هذه الطريقة هي تحضير المواد المطلوبة على هيئة مساحيق فائقة النقاوة، ومن ثم تحضير منصهر لهذه المواد وذلك لتشكيل وسط متجانس من مركبات الزجاج وخاليا من الفقاعات حتى الدقيقة منها كما يملك معامل انكسار ثابت يمكن التحكم في هذا الأخير بنسب مركبات الخليط أو بالتبادل الأيوني عندما تكون المواد في حالة انصهار [3].

### I-10-2 سحب الليف:

تتم عملية سحب الألياف البصرية بعد تحضير مواد الليف البصري بتقنية الطور السائل، بطريقة البودقة المزدوجة للسحب حيث تصنع البودقتين من البلاتين ويكون لهما محور مشترك تغذى البودقة الداخلية بقضبان الزجاج المعد للليف البصري كما تغذى البودقة الخارجية بقضبان الزجاج المعد للغلاف، يتم صهر محتوى البودقتين في فرن عالي الكفاءة. في قاعدة كل بودقة يوجد مخرج بشكل دائري لخروج قطر لب الليف وغلافه حسب الحاجة وأسفل ذلك يقترن التركيب بمصهور البلاستيك الذي يشكل غطاء الليف ثم يمر كابل الألياف البصرية ببكرة تعمل على لفه.



الشكل (I-19): يوضح تصنيع اليف البصري بطريقة السحب [1].

### I-10-3 الصنع بالطريقة الكيميائية لترسيب البخار:

ينتج عن طرق ترسيب الزجاج بحالة البخار ألياف بصرية ذات خسارة واطقة جدا، حيث يتم ترسيب الزجاج على السطح الخارجي لقضيب دوار من السليكا أو على سطحه الداخلي.

حيث تشكل عملية الانتشار للأيونات المنتقلة عبر الحد الفاصل بين اللب وغلافه المنصهر الأساس لطريقة التصنيع أما صيغة الانتشار فتحدد نموذج التغير في معامل الانكسار اللب لليف البصري، كما يمتد الانتشار على طول أنبوب السليكا بفعل التسخين الموضعي للأنبوب، تعد نتائج هذه الطريقة هي الأفضل في الحصول على التغير المطلوب لقرينة الانكسار [2].

# الطاقة الشمسية

مقدمة:

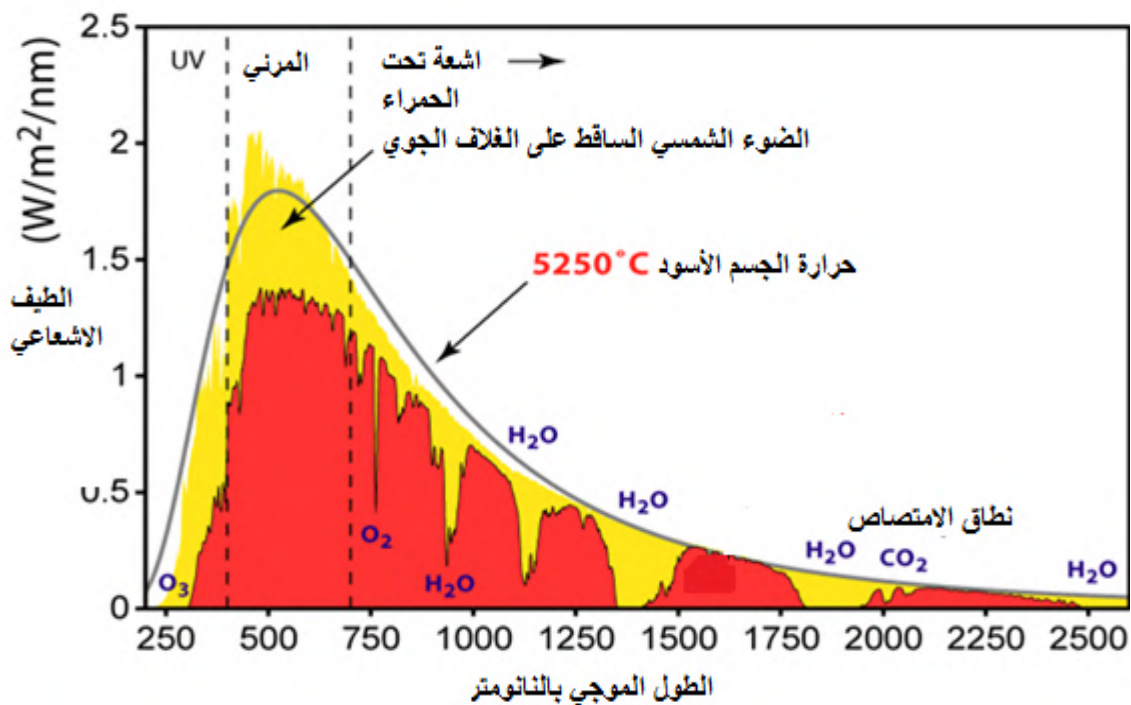
مع تنامي الوعي العالمي بمخاطر التلوث البيئي المصاحب لاستعمال الطاقات التقليدية كالغاز الطبيعي والوقود الأحفوري في كافة جوانب التنمية ومما لا شك فيه أن احتمالية نضوب هذه المصادر ترتفع يوماً بعد يوم، فأصبح من الضروري الاستثمار الجاد في البحث عن الطاقات البديلة التي بإمكانها تعويض مصادر الطاقة التقليدية والإيفاء بالمتطلبات المستقبلية للطاقة [8].

تعتبر الشمس منذ القدم مصدراً أساسياً لجل الطاقات البديلة في كوكبنا، وكان تطور استعمالها عبر العصور بتطور العلوم والتكنولوجيا فبعد أن استخدمها الإنسان بالفطرة للتدفئة والتجفيف كما استغلها لتسخين الماء معتمداً على مبدأ التحويل الإشعاعي-الحراري باستعمال لواقط شمسية ثم لإنتاج الطاقة الكهربائية بالاعتماد على مبدأ التحويل الإشعاعي-الإلكتروني وذلك باستخدام الخلايا الشمسية الفولطا ضوئية، مع تطور الأبحاث العلمية لاستغلال الإشعاع الشمسي صار الإنسان يفكر بنقل هاته الطاقة بشكلها الخام فكانت فكرة نقل الإشعاع الشمسي عبر الألياف البصرية بغية الاستعمال في شتى المجالات.

**II-1 طبيعة الإشعاع الشمسي :**

الشمس هي مصدر الحياة على كوكب الأرض وهي عبارة عن كرة غازية يبلغ قطرها 696 مليون متر وكتلتها  $2 \times 10^{29}$  طن أما درجة حرارتها سطحها فهي في حدود  $10^6$  كلفن، ومكوناتها الأساسية هي غاز الهيدروجين 75% وغاز الهيليوم بنسبة 25% بالإضافة إلى كميات ضئيلة من بعض العناصر الأخرى مثل الحديد والسليكون، النيون، الكربون [9].

وتتولد الطاقة الشمسية نتيجة التحول المستمر لكل أربع ذرات من الهيدروجين إلى ذرة هيليوم واحدة في تفاعل اندماج نووي، ونظراً لكون كتلة ذرة الهيليوم الناتجة أقل من مجموع كتل ذرات الهيدروجين الداخلة في التفاعل فإن فرق الكتلة هذا يتحول إلى ضوء وحرارة تنتقل على شكل أشعة ضوئية يبلغ معدل انبعاثها  $3.8 \times 10^{23}$  كيلوواط وتشتع في جميع الاتجاهات، حيث لا يصل منها إلا مقدار ضئيل يتناسب مع مساحة الأرض ومع المسافة بين الأرض والشمس، إن أعلى شدة للإشعاع الشمسي تقع في مدى الضوء المرئي وتبلغ قيمة معدل الإشعاع الشمسي الساقط على المحيط الخارجي للأرض 1367 واط لكل متر مربع وهو ما يعرف بالثابت الشمسي.



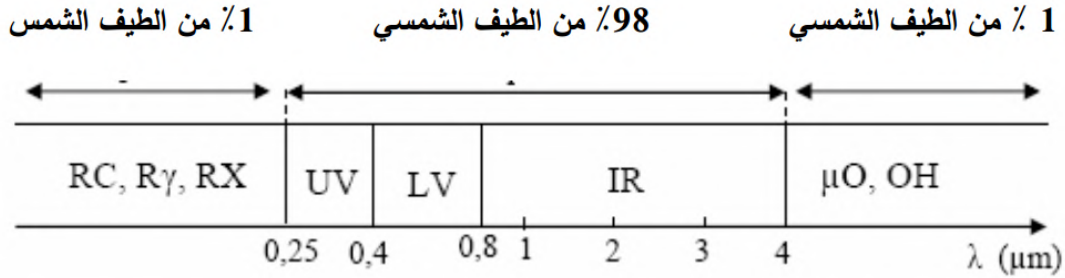
الشكل (II-2): يوضح طيف الإشعاع الشمسي حسب الأطوال الموجية.

## II-2 طيف الإشعاع الشمسي :

ينقسم الإشعاع الشمسي الصادر عن الشمس إلى مجموعة من الأمواج الكهرومغناطيسية التي بدورها تصنف حسب الطول الموجي، حيث يميز العلماء ثلاثة أنواع من الأشعة التي يتألف منها الإشعاع الشمسي والتي تشمل [9]:

1. الأشعة الحرارية أو الأشعة تحت الحمراء وهي غير مرئية وتقدر نسبتها بنحو 50% من جملة الإشعاع الشمسي ويتراوح طول موجاتها من 0.75 إلى 4 ميكرون وتلعب دوراً هاماً في النشاط بأسره.
2. الأشعة الضوئية المسماة بالمرئية وهي في الحقيقة غير مرئية، فأشعة الشمس وبها ما يسمى الضوء المرئي مثلاً تخترق الفضاء الكوني من غير أن نراها، ولكنها تنير الوسط المادي الشفاف التي تنتشر فيه مثل غلافنا الجوي أو تنعكس منه مثل سطح القمر والتشتت أو التناثر هو السر في إنارة الجو بضوء النهار مع العلم أنه يمكن تحليل الضوء بمنشور زجاجي إلى مكوناته الأساسية وتقدر نسبة الأشعة الضوئية بنحو 37% من جملة الإشعاع الشمسي، ويتراوح طول موجاتها من 0.40 و 0.74 ميكرون، وتزداد قوة الأشعة الضوئية على سطح الأرض في وقت الظهيرة أثناء النهار في فصل الصيف.

3. الأشعة فوق البنفسجية وتسمى أيضاً الأشعة الحيوية وهي غير مرئية وتقدر نسبتها بنحو (13%) من جملة الإشعاع الشمسي ويختلف طول موجتها من 0.17 و 0.40 ميكرون.



الشكل (II-2): مجالات طيف الإشعاع الشمسي.

**3-II الثابت الشمسي :** وهو كمية الطاقة الساقطة في وحدة الزمن على وحدة مساحة متعامدة مع الشعاع الشمسي وواقعة على سطح الغلاف الجوي للأرض.

إن قيمة الثابت الشمسي تتغير تبعاً للمسافة بين الأرض والشمس، تعطى علاقة الثابت الشمسي بعد التصحيح بالمعادلة [11]:

$$I_0 = e_0 (1 + 0.33 \cos N_J)$$

حيث:

$N_J$ : رقم اليوم من السنة مقدر بالدرجات.

$e_0$ : الثابت الشمسي بدون تصحيح.

#### 4-II آليات تحول الطاقة الشمسية :

تنقسم آليات تحويل الطاقة الشمسية إلى فرعين أساسيين يتمثلان في تحويل كهروضوئي وتحويل حراري للطاقة الشمسية [10].

➡ تحويل كهروضوئي: هو التحويل المباشر للإشعاع الشمسي إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية التي تكون مصنوعة من مواد أشباه الموصلات.

➡ تحويل حراري: يتركز على تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية من خلال المجمعات الشمسية.

**5-II تطبيقات الطاقة الشمسية :****5-II-1 تجفيف المحاصيل الزراعية :**

يمكن الحفاظ على القيمة الغذائية للفواكه والمحاصيل عند تجفيفها بواسطة الطاقة الشمسية وتتكون المجففات الشمسية من ثلاثة أجزاء رئيسية وهي وحدة التسخين، وحدة التجفيف ووحدة تحريك الهواء داخل المجفف.

**5-II-2 استخدام الطاقة الشمسية في الطهي :**

أدى الاستخدام المتواصل للأخشاب في عملية إعداد الطعام في المناطق النائية إلى انقراض مساحات شاسعة من الغابات، فقد كانت فكرة الطهي بالطاقة الشمسية كأحد الحلول لهذه المشكلة البيئية حيث تعتمد هذه الفكرة على مبدأ الاحتباس الحراري الناتج عن سقوط الأشعاع الشمسي وانعكاسه داخل صندوق معزول من جميع جوانبه بعازل حراري ما عدا الجانب المستقبل للأشعاع الشمسي، تختلف المدة اللازم للطهي حسب نوع الطعام فالأرز يحتاج لسعتين بينما اللحم يستغرق نحو ثلاث ساعات.

**5-II-3 التدفئة بالطاقة الشمسية :**

يمكن استغلال الطاقة الشمسية لتوفير ظروف حرارية مناسبة داخل المباني بطريقتين رئيسيتين منظومة التدفئة الفعالة والتي تتركز على تدوير المائع الساخن سائل كان أم غاز بواسطة مضخة، أما الطريقة الثانية فتتمثل في منظومة التدفئة السلبية التي تتركز على سيريان الحرارة إلى المبنى بشكل طبيعي.

**5-II-4 استخدام الطاقة الشمسية في التكييف وتسخين المياه :**

يعد استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه والتكييف من أوسع المجالات انتشارا في تطبيقات الطاقات البديلة.

**5-II-4-1 تسخين المياه :**

استغلت الطاقة الشمسية في تسخين المياه منذ القدم، كما شهدت هذه الفكرة اهتماما كبيرا من جانب البحوث العلمية في الآونة الأخيرة وذلك لسهولة التركيب وقلة تكلفة الصنع. تنقسم منظومات تسخين المياه للأغراض المنزلية إلى أربعة أقسام.



1. منظومة فعالة: تتكون من مجمعات شمسية ومبادل حراري وخزان ماء حار بالإضافة المضخات لتدوير الماء في المنظومة.
2. منظومة تسخين على شكل صندوق: تتكون من خزان مصبوغ باللون الأسود موضوع داخل صندوق معزول من الجوانب والأسفل، من الأعلى مغطى بالزجاج حيث يقوم بالتسخين نتيجة الامتصاص للإشعاع الشمسي.
3. منظومة دوران طبيعي: تتركز على سريان الماء من المجمعات الشمسية إلى الخزان نتيجة الفرق في الكثافة، فعند امتصاص الإشعاع الشمسي من قبل اللوح الماص ترتفع درجة حرارة الماء الموجود فيه وتقل كثافته فيرتفع للخزان ويحل محله ماء بارد من أسفل الخزان، يمكن أن تصل درجة حرارة الماء في يوم مشمس لحوالي 60 درجة مئوية.
4. منظومة تسخين إشعاعي: ظهرت مؤخرا أفكار جديدة في تسخين المياه الصحية انطلاقا من استعمال الألياف البصرية حيث يتركز النظام على وجود مركز شمسي يعمل على تجميع الإشعاع الشمسي وإرساله إلى حزمة الألياف البصرية التي يمكن أن تصل حرارتها لدرجات عالية حسب الأطوال الموجية المرسله عبرها وطبيعية مادة صنعها، اهذه الأخيرة بدورها تمدد إلى خزان المياه أين يتم تبادل حراري بين الألياف البصرية والماء [13].



الشكل (II-3): منظومة تسخين المياه بالألياف البصرية [13].

ترفق هذه الطريقة عاداتا بخزان ثاني أين يتم العزل الحراري للمياه التي تم تسخينها.

## II-5-4-2 التكييف بالطاقة الشمسية :

يمكن تطبيق الطاقة الشمسية في تبريد المباني أيضا وذلك بطريقتين سنذكر منها منظومة التبريد الفعالة التي يستخدم فيها منظومات تبريد امتصاصية أين يستخدم محلول من الأمونيا والماء أو خليط من الليثيوم برومايد والماء الذي يستخدم عادة في التبريد العادي أما الأول فيستخدم في التثليج، يمتاز المحلولين السابقين بالنوبان في الماء والتشكل بصفة غاز الذي يسخن بفعل المجمعات الشمسية، وتفصل جزيئات المحلول عن الماء ويوجه غاز الأمونيا الساخن إلى المكثف الذي يعمل على تكييفه لسائل، بعد ذلك يمر السائل بصمام التمدد إلى المبخر وبعد سحب الحرارة من الحيز المرغوب تبريده يتحول الأمونيا مجددا إلى غاز، ليتجه نحو الجزء الماص للحرارة أين يتحول محلول مع الماء لتبدأ دورة تبريد ثانية.

## II-5-5 توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية :

توليد الكهرباء من الإشعاع الشمسي مشروع بحث مستمر التطوير في كل الدول المتقدمة حيث تعددت أساليب تطبيق هذا المشروع مثل استخدام البرك الشمسية، التي تتكون من بحيرة مالحة فإذا كان للبحيرة تركيز ملحي مناسب وكان الماء صافي لوصول الإشعاع الشمسي إلى قعر البحيرة فإن المنطقة ذات التركيز الملحي الأعلى ستعمل على تخزين الطاقة الشمسية التي تصل درجة حرارتها إلى 90 درجة مئوية وهذه الحرارة كافية لتدوير عنفة ترين وتوليد الكهرباء. بالإضافة لطريقة البرك الشمسية هناك طرق أخرى متعددة مثل الألواح الشمسية والأبراج الشمسية.

## II-5-6 المصباح الشمسي :

النوع الأول: هو نظام إضاءة يرتكز أساسا على الألواح الشمسية ويتكون من بطارية وضوء (LED) بالإضافة لشاحن حيث يأخذ المصباح الطاقة من البطاريات وت شحن البطاريات من خلال الألواح الشمسية. تعد تكلفة صنع هذه المصابيح عالية لكن يمكن أن توفر جزء كبير من استهلاك الطاقة التقليدية خاصة في إضاءة الأماكن العمومية كالطرق.



الشكل (II - 14): يوضح مصباح شمسي.

النوع الثاني: يمكن أن نسميه نظام الإضاءة المباشر الذي يعتمد على تركيب مستقبلات للطاقة الشمسية في أعلى المبنى ونقلها إلى الأماكن المراد إضاءتها عبر الألياف البصرية، يمكن لهذه التقنية أن تطبق في المكاتب لكن المشكلة التي يمكن أن تلقاها هذه الطريقة هي تقلب الجو، حيث يمكن حلها بالاعتماد على نظم إضاءة احتياطية مشابهة للنوع الأول تعمل عند الحاجة [12].



الشكل (II - 5): يوضح نظام الإضاءة المباشر بالطاقة الشمسية [12].

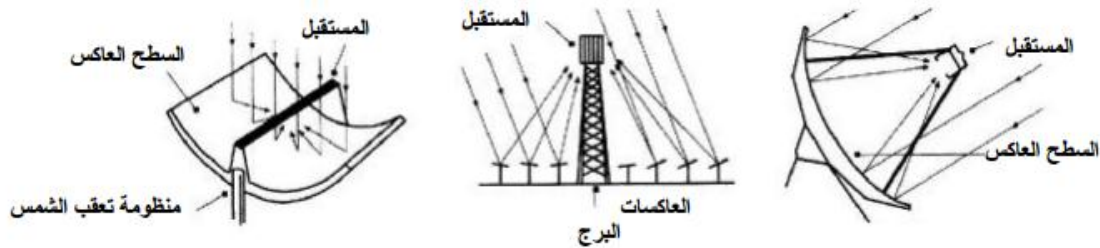
أما المشكلة الثانية فتتمثل في فصل طيف الإشعاع الشمسي فمن المعلوم أن طيف الإشعاع الشمسي يحوي جزء من الإشعاعات فوق بنفسجية التي يمكن أن تسبب سرطان الجلد وانفصال شبكة العين عند التعرض لها بشكل كبير. إن هذه التقنية تعد ذات طابع اقتصادي كبير خاصة عند تطبيقها بشكل كبير في الإدارات والمكاتب العامة والمستشفيات والمدارس.

## 6-II مجمعات الطاقة الشمسية :

هي مركبات شمسية تم تصميمها لتجميع الحرارة عن طريق امتصاص أشعة الشمس، والمجمع هو جهاز يستخدم لتحويل الطاقة الموجودة في أشعة الشمس أو الإشعاع الشمسي إلى صورة أكثر قابلية للاستخدام والتخزين، هذه الطاقة تكون على هيئة أشعة كهرومغناطيسية تتراوح أطوالها الموجية بين الأشعة تحت الحمراء الطويلة إلى الأشعة فوق بنفسجية القصيرة.

حيث تصل كمية الطاقة الشمسية التي تضرب سطح الأرض إلى حوالي 1000 واط لكل متر مربع تحت السماء الصافية وهذا يتوقف على الظروف الجوية والموقع واتجاه السطح [8].

ويشير مصطلح المجمع الشمسي إلى ألواح شمسية لتسخين المياه، ولكن قد يشير أيضاً إلى تركيبات أكثر تعقيداً مثل جهاز مكافئ الطاقة الشمسية أو أحواض الطاقة الشمسية، وتستخدم محطات الطاقة الشمسية عادة المجمعات الأكثر تعقيداً لتوليد الكهرباء عن طريق تسخين الماء لإنتاج البخار والذي يحرك التوربين المتصلة بمولد كهربائي أو لاستغلال الإشعاع الشمسي بصورته الخام .



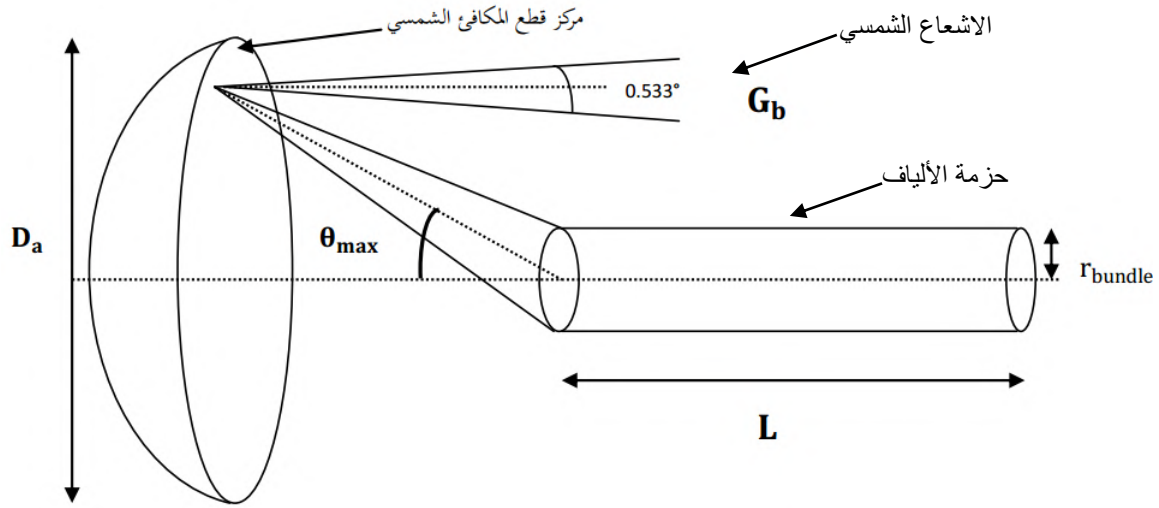
الشكل (II - 6): يوضح بعض المركبات الشمسية.

# نموذج الدراسة المعتمد

## توطئة:

ترتكز فكرة نقل الاشعاع الشمسي الخام إلى داخل الليف البصري على تركيزه وتوجيهه في نطاق مخروط القبول في مقدمة حزمة الألياف البصرية، اعتمدنا في دراستنا خلال هذه المذكرة على نموذج يرتكز أساسا على اقتراح مركز شمسي قطع مكافئ مع حزمة الألياف البصرية [14].

## 1-III النظام المقترح :



الشكل (1-III): التركيب المقترح في الدراسة [14].

يتميز النموذج المتبع في الدراسة بمستقبل قطع مكافئ يعمل على تركيز الاشعاع الشمسي الساقط على سطحه وإعادة عكسه نحو حزمة الألياف البصرية حيث يجب أن تتساوى زاوية حافة المركز القطعي مع الزاوية الأعظمية  $\theta_{max}$  وذلك بهدف وصول آخر شعاع في حافة المركز إلى الحزمة الليفية.

إن تدفق الإشعاع الشمسي الساقط على سطح المركز يعطى بالعلاقة التالية [14]:

$$Q = G_b \cdot A_A \quad \text{(III-1)}$$

حيث:

$G_b$ : الإشعاع الشمسي.

$A_A$ : مساحة سطح المركز الشمسي وتعطى بالعلاقة التالية:

$$A_a = \pi \cdot \left( \frac{D_a^2}{4} \right) \quad (\text{III-2})$$

و  $D_a$  قطر المركز الشمسي.

إن هذا الإشعاع سوف يعاني نقصان بفعل معامل المشاهدة بالإضافة لانعكاسية المرآة قبل وصوله لبؤرة حزمة الألياف البصرية، أين تصير شدة الإشعاع الشمسي الواصلة للبؤرة معطاة بالعلاقة التالية [5]، [14]:

$$I = F \cdot \rho \cdot G_b \frac{A_a}{A_{bundle}} \quad (\text{III-3})$$

حيث:

$F$ : معامل المشاهدة.

$\rho$ : انعكاسية المرآة.

$A_{bundle}$ : مساحة حزمة الألياف البصرية تعطى بـ:

$$A_{bundle} = \pi r_{bundle}^2 \quad (\text{III-4})$$

$r_{bundle}$ : نصف قطر حزمة الألياف البصرية.

نكتب الآن عبارة الإشعاع الشمسي الداخل لحزمة الألياف البصرية كالآتي [15]:

$$Q_{inc} = F \cdot \rho \cdot G_b \cdot A_{bundle} \cdot C_m (1 - R_f) \quad (\text{III-5})$$

حيث:

$(1 - R_f)$ : الخسارة الناجمة عن انعكاس فرينل.

وعبارة التركيز الهندسي [13]:

$$C_{max} = \frac{A_a}{A_{bundle}} = \frac{\sin^2 \theta_{max} \cos^2 \left( \theta_{max} + 0.267^\circ + \frac{\delta}{2} \right)}{\sin^2 \left( 0.267^\circ + \frac{\delta}{2} \right)} \quad (\text{III-6})$$

معامل المشاهدة [4]:

$$F = \frac{\sin^2 \theta_{\max} - \sin^2 \phi_s}{4 \tan^2 \left( \frac{\theta_{\max}}{2} \right)} \quad (\text{III-7})$$

حيث:

$\phi_s$ : زاوية التظليل، و  $\frac{\delta}{2}$ : الخطأ في قياس زاوية الانحراف للسطح العاكس.

### III-2 فرضيات الدراسة :

حتى نستطيع القيام بعملية المحاكاة للنظام المقترح لا بد لنا من وضع فرضيات تحدد مجال دراستنا، فمن المعلوم أنه عند القيام بعملية المحاكاة لظواهر فيزيائية كانت ام علمية يلجأ الباحثون لتحديد هذه الظواهر من بعض المتغيرات العشوائية، تتمثل أهم الفرضيات التي اعتمدها في دراستنا فيما يلي:

- 1) خطأ تعقب الشمس معدوم.
- 2) حزمة الألياف البصرية في الكابل متجانسة.
- 3) تغير درجة الحرارة بدلالة الزمن مهمل.
- 4) انعكاسية مادة المركز الشمسي مثالية ولا تتغير مع الزمن  $\frac{\delta}{2} = 0$ ،  $\phi_s = 0$ .
- 5) الدراسة تتضمن الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي في المجال المرئي فقط.
- 6) قرينة انكسار مادة الغلاف ثابتة.

### III-3 تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز :

III-3-1 تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على معامل الانكسار الليف العتبي :

يوصف تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي على قرينة الانكسار حسب المعادلة (I-69) و (I-70).



### III-3-2 تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على زاوية القبول للشعيرة الليفية العنبية :

إن زاوية القبول للليف البصري تتعلق بشكل كبير بالأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز وذلك حسب المعادلة (I-4) التي يمكن كتابتها على الشكل التالي:

$$\theta_a = \arcsin \left( n_c^2 - n_g^2 \right)^{\left( \frac{1}{2} \right)} \quad (\text{III-8})$$

وبما أن قرينة انكسار القلب تتعلق بالأطوال الموجية للإشعاع الشمسي حسب علاقة سيلمير الموضحة في المعادلة (I-70) نجد أن:

$$\theta_a (\lambda) = \arcsin \left( \left( \left( 1 + \sum_i \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \right) - n_g^2 \right)^{\left( \frac{1}{2} \right)} \right) \quad (\text{III-9})$$

هذه المعادلة الأخيرة تربط تغير زاوية القبول للليف البصري بالأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز.

### III-3-3 تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على الفتحة العددية لشعيرة الليف العنبي :

نستطيع إعادة كتابة المعادلة (I-4) على الشكل الآتي:

$$ON (\lambda) = n_0 \sin \theta_a = n_0 \left( \left( 1 + \sum_i \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \right) - n_g^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{III-10})$$

### III-3-4 تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على الزاوية الحرجة لليف العتبي :

انطلاقاً من تعريف الزاوية الحرجة في المعادلة (I-3) نكتب المعادلة التالية:

$$\theta_c(\lambda) = \arcsin \left( \frac{n_g}{\left(1 + \sum_i \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2}\right)^{\frac{1}{2}}} \right) \quad (\text{III-11})$$

### III-3-5 تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على درجة حرارة سطح مقطع الليف :

يطراً على الإشعاع الشمسي المركز عند سقوطه على حزمة الألياف البصرية ضياع بفعل المسامات الموجودة بين الألياف البصرية وهذا الضياع في الإشعاع ينجم عنه ظاهرة تسخين كابل الألياف البصرية.

بوصف الهواء المحيط بتركيبية النظام المقترح في دراستنا (المركز الشمسي وكابل الألياف البصرية)، كمائع فإن انتقال الحرارة بين الهواء وكابل الألياف البصرية سيكون في شكل انتقال بالحمل الحراري [17].

تعطى المعادلة الواصفة لدرجة حرارة سطح مقطع كابل الألياف البصرية بدلالة الإشعاع الشمسي المركز الداخل الى الكابل كما [15]، [17]، [13]:

$$T_{in} = T_a + \frac{(Q_f - Q_{in})}{h_{con-in} A_{bundle}} \quad (\text{III-12})$$

حيث:

$T_a$ : تمثل درجة الهواء المحيط بكابل الألياف البصرية.

$Q_f$ : تمثل الإشعاع الشمسي الواصل للبؤرة قبل دخوله لكابل الألياف البصرية ويعطى بـ:

$$Q_f = F \cdot \rho \cdot G_b \cdot A_{budle} \cdot C_{max} \quad (\text{III-13})$$

$h_{con-in}$  : معامل انتقال الحرارة بالحمل الحراري لسطح المقطع الأمامي لكابيل الألياف البصرية.

يظهر تعلق درجة حرارة سطح مقطع كابل الألياف البصرية بقرينة الانكسار من خلال عبارة انعكاس فرينيل الموضحة في المعادلة (I-75)، وتبعاً لتغير قرينة انكسار مادة القلب كدالة للأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز الداخلة لكابيل الألياف البصرية، نكتب المعادلة السابقة (III-10) كما يلي [5]، [13]:

(III-14)

$$T_{in} = T_a + \frac{F \cdot \rho G_b \cdot A_{bundle} \cdot C_{max} \cdot \left( \left[ \left( 1 + \sum_i \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right] / \left[ \left( 1 + \sum_i \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \right)^{\frac{1}{2}} + 1 \right] \right)^2}{h_{con-in} \cdot A_{bundle}}$$

III-3-6 تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على معامل الانكسار لليف التدرجي :

حسب المعادلة (I-8) التي تصبح من الشكل التالي:

$$\left\{ \begin{array}{l} n_c(\lambda, r) = \left( 1 + \sum_i \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \right)^{\frac{1}{2}} (1 - 2\Delta) \left( \left( \frac{r}{a} \right) \alpha \right)^{\frac{1}{2}} \quad r < a \\ n_c(\lambda, r) = \left( 1 + \sum_i \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \right)^{\frac{1}{2}} (1 - 2\Delta)^{\frac{1}{2}} \quad r \geq a \end{array} \right. \quad (III-15)$$

III-3-7 تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على الفتحة العددية لليف التدرجي :

بما أن قرينة انكسار مادة القلب خاضعة لتغير الطول الموجي والموضع سينجر عن ذلك تغير الفتحة العددية لهذين المتغيرين السابقين وذلك حسب المعادلة التالية:

(III-16)

$$\left\{ \begin{array}{l} ON(\lambda, r) = n_0 \sin \theta_a = n_0 \left( \left( \left( 1 + \sum_i \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \right)^{\frac{1}{2}} (1 - 2\Delta) \left( \left( \frac{r}{a} \right) \alpha \right)^{\frac{1}{2}} \right)^2 - n_g^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad r < a \\ ON(\lambda, r) = n_0 \sin \theta_a = n_0 \left( \left( \left( 1 + \sum_i \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \right)^{\frac{1}{2}} (1 - 2\Delta)^{\frac{1}{2}} \right)^2 - n_g^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad r \geq a \end{array} \right.$$

III-3-8 تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على زاوية القبول لليف

التدرجي :

نعيد صياغة المعادلة (I-4) على الشكل التالي:

$$\theta_a(\lambda, r) = \arcsin \left( \left( \left( \left( 1 + \sum_i \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \right)^{\frac{1}{2}} (1 - 2\Delta) \left( \left( \frac{r}{a} \right) \alpha \right)^{\frac{1}{2}} \right)^2 - n_g^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right) \quad r < a$$

$$\theta_a(\lambda, r) = \arcsin \left( \left( \left( \left( 1 + \sum_i \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \right)^{\frac{1}{2}} (1 - 2\Delta)^{\frac{1}{2}} \right)^2 - n_g^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right) \quad r \geq a \quad \text{(III-17)}$$

III-3-9 تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على الزاوية الحرجة لليف

التدرجي :

حسب تعريف الزاوية الحرجة في المعادلة (I-3) التي نستطيع صياغتها بالشكل التالي:

$$\left\{ \begin{array}{l} \theta_c(\lambda, r) = \arcsin \left( \frac{n_g}{\left( \left( 1 + \sum_i \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \right)^{\frac{1}{2}} (1 - 2\Delta) \left( \left( \frac{r}{a} \right)^\alpha \right)^{\frac{1}{2}} \right)} \right) \quad r < a \\ \theta_c(\lambda, r) = \arcsin \left( \frac{n_g}{\left( \left( 1 + \sum_i \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \right)^{\frac{1}{2}} (1 - 2\Delta)^{\frac{1}{2}} \right)} \right) \quad r \geq a \end{array} \right. \quad (\text{III-18})$$

### III-4 تأثير زاوية ورود الإشعاع الشمسي على الطاقة الداخلة لليف البصري :

يتجلى تعلق الطاقة الداخلة لليف البصري بزاوية الورد من خلال علاقة معامل المشاهدة والتركيز النسبي في المعادلات

(III-7) و (III-6) على الترتيب، حيث نستطيع كتابة المعادلة (III-5) على الشكل [5]، [16]:

$$Q_{inc} = \rho G_b A_{bundle} (1 - R_f) \left( \frac{\sin^2 \theta_{inc} \cos^2 (\theta_{inc} + 0.267^\circ)}{\sin^2 (0.267^\circ)} \right) \cdot \left( \frac{\sin^2 \theta_{inc}}{4 \tan^2 \left( \frac{\theta_{inc}}{2} \right)} \right) \quad (\text{III-19})$$

# مناقشة وتحليل نتائج الدراسة

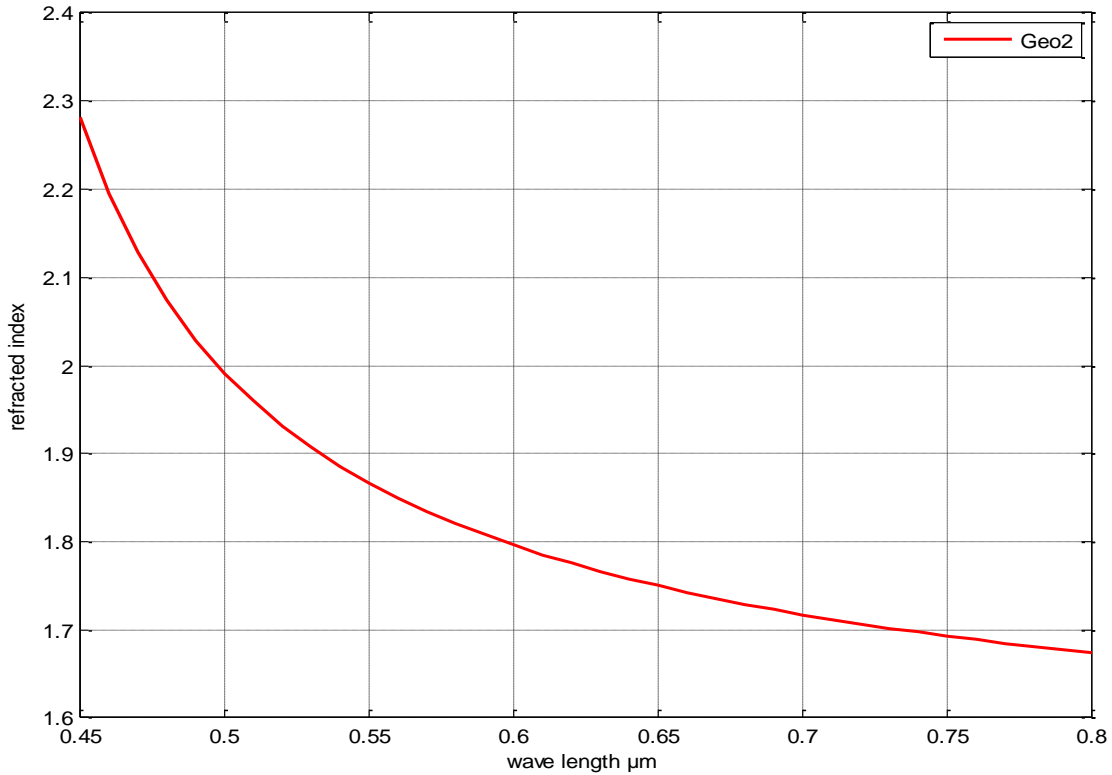
مقدمة:

يتناول هذا الفصل مناقشة نتائج الدراسة التي قمنا بها لأهم الظواهر المؤثرة على عملية نقل الإشعاع الشمسي في الألياف البصرية.

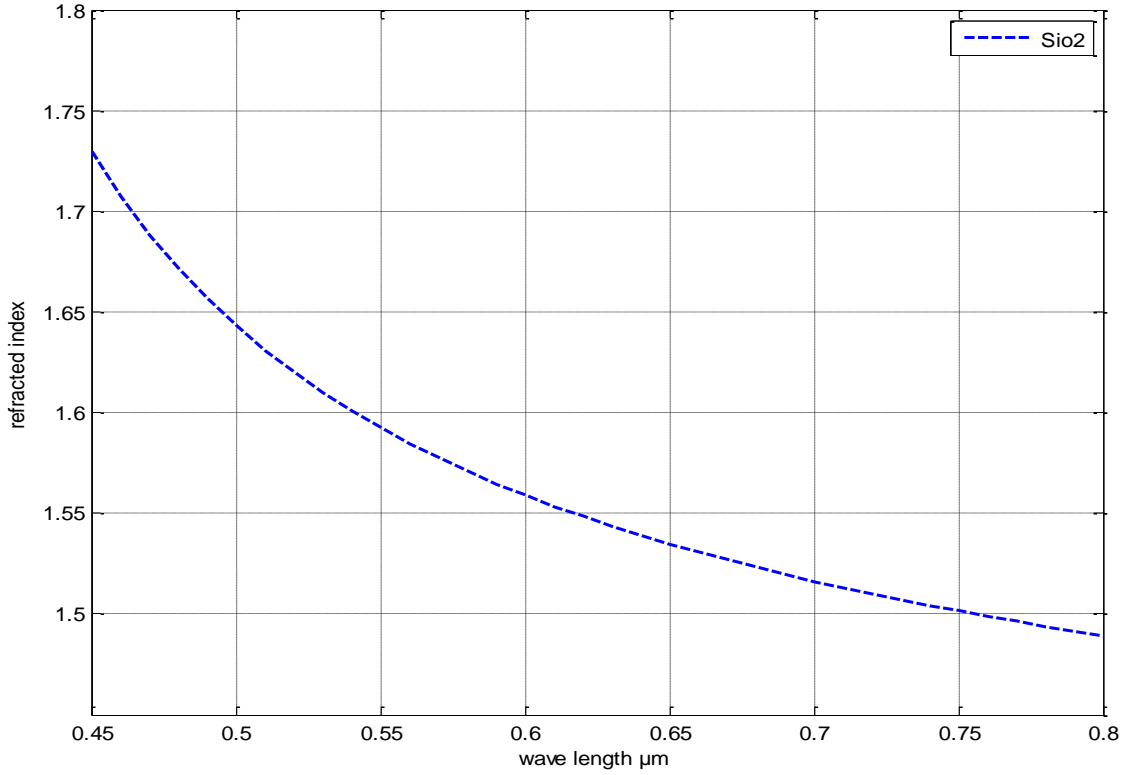
## 1-IV تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز :

1-1-IV تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على معامل الانكسار الليف العتبي :

من خلال علاقة سيلمير لتغير قرينة الانكسار في الأوساط المبددة، المعادلة (I-70) وبلاستعانة ببرنامج المتلاب العددي نستطيع رسم المنحنى التالي بالاستعانة بالملحق (ب) [18]:



الشكل (1-IV): الليف ذو اللب المصنوع من أكسيد الجرمانيوم النقي.



الشكل (2-IV): الليف ذو اللب المصنوع من أكسيد السيلسيوم النقية.

إن المنحنى الذي تحصلنا عليه يتوافق بشكل كبير مع المنحنى (I-16) وهذا ما يؤكد صحة العلاقة السابقة ومصداقية الخوارزمية التي أنشأناها في رسم المنحنى السابق.

نلاحظ أنه عند الأطوال الموجية القصيرة تكون قيم قرينة الانكسار كبيرة.

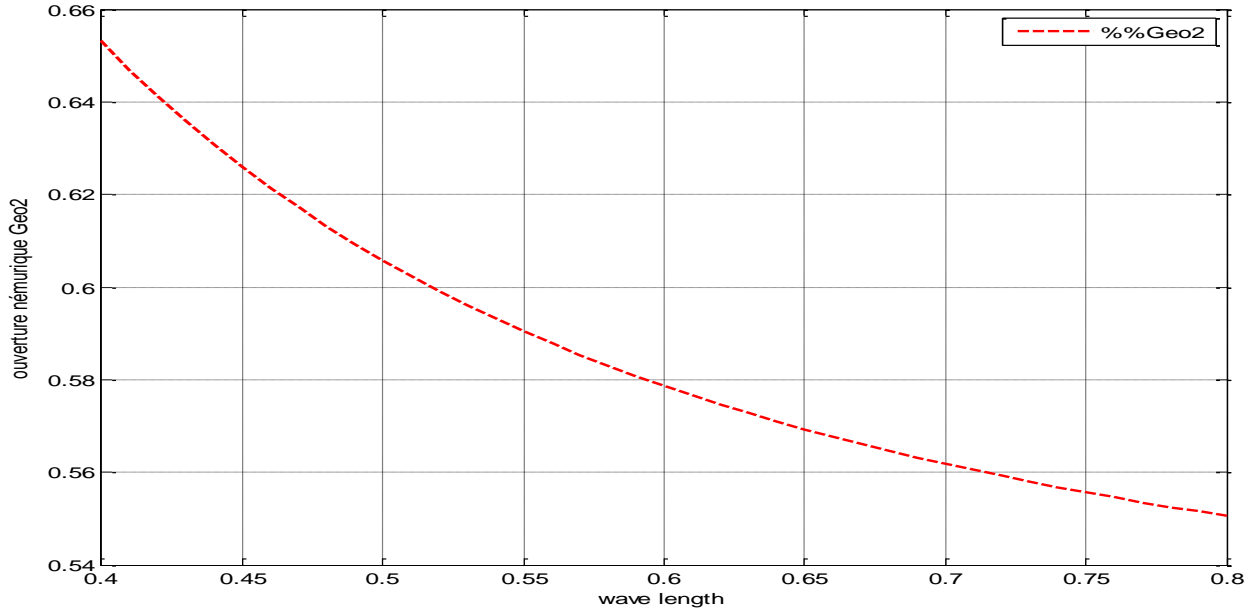
كما نستنتج أنه بزيادة الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي تتناقص قرينة الانكسار ما يؤثر على كمية الإشعاع الشمسي الداخلة للليف البصري وذلك حسب العلاقة (I-4).

ونلاحظ أيضاً أن أكسيد الجرمانيوم يملك قيم لقرينة الانكسار أكبر من أكسيد السيلسيوم، أي أن الفتحة العددية للليف ذو اللب المصنوع من أكسيد الجرمانيوم تكون أكبر مما هو عليه بالنسبة لأكسيد السيلسيوم، وبالتالي قدرة على استيعاب الضوء بشكل أكبر.

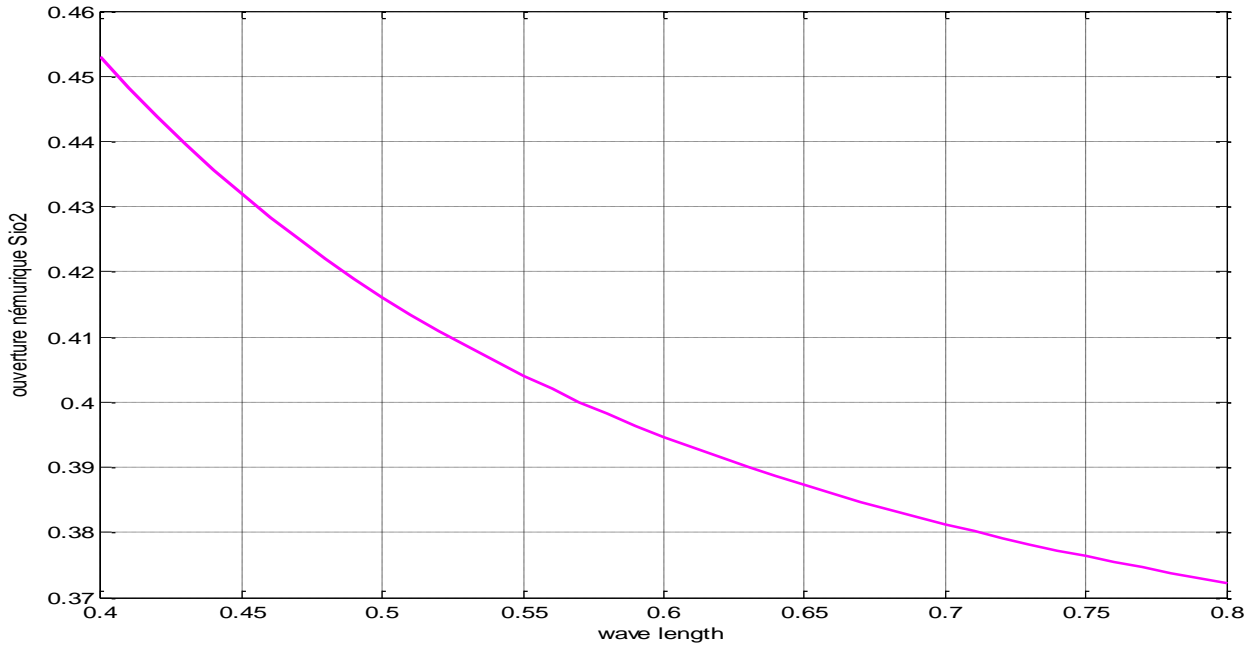


## 2-1-IV تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على الفتحة العددية لليف

العتبي :



الشكل (3-IV): تغير الفتحة العددية كدالة لطول الموجي GeO2.

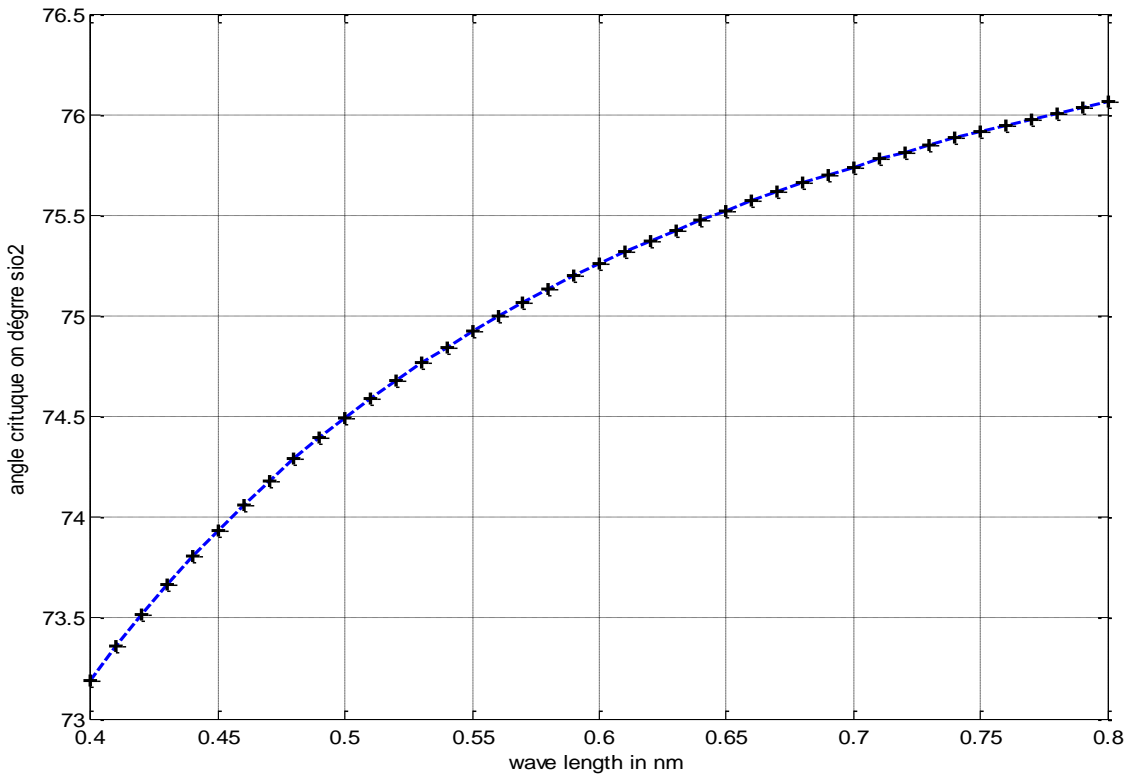


الشكل (4-IV): تغير الفتحة العددية كدالة لطول الموجي SiO2.

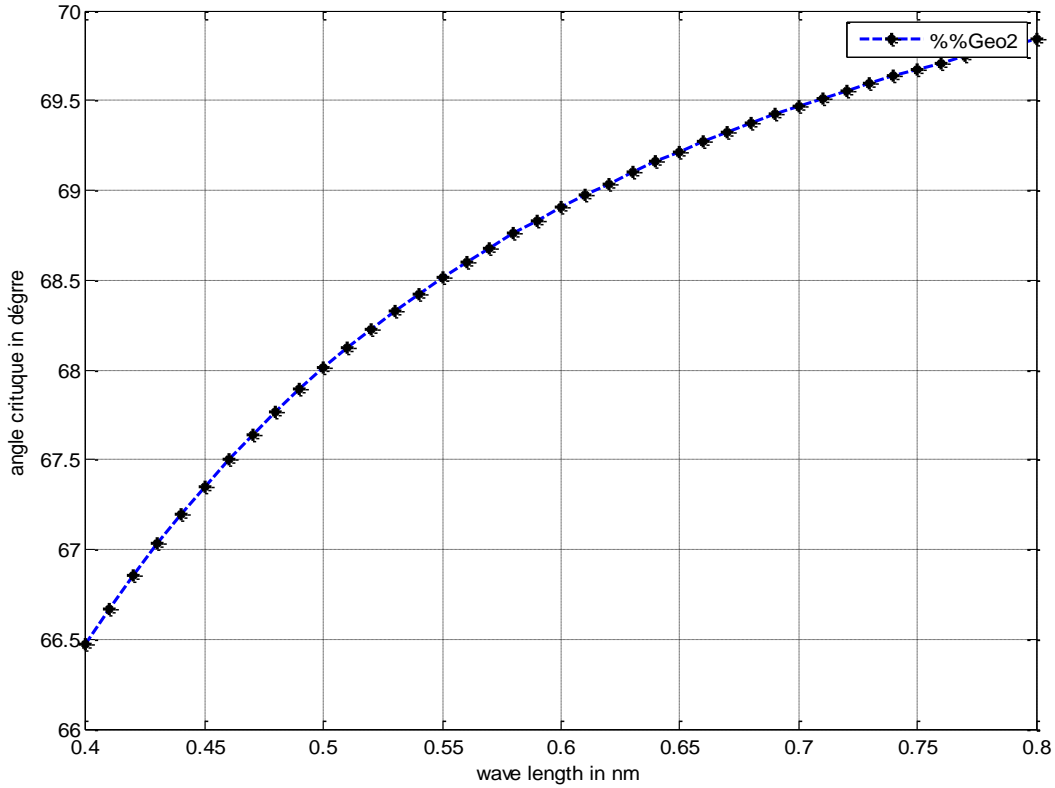
رسمنا هذه المنحنيات انطلاقاً من المعادلة (III-10) حيث نلاحظ أن Geo2 يملك فتحة عددية أكبر من أكسيد السيلسيوم، كما نلاحظ أنه من أجل الأطوال الموجية القصيرة تكون كمية الضوء الداخلة لليف البصري عظمى وتتناقص تدريجياً إلى أن تصل إلى قيمة حدية تثبت عندها من أجل الأطوال الموجية الكبيرة.

بصفة عامة الفتحة العددية تخضع لتغير قرينة الانكسار وبالتالي لطبيعة المادة وبما أن أكسيد الجرمانيوم يملك تغير لقيمة قرينة الانكسار أكبر من أكسيد السيلسيوم فإن الفتحة العددية لأكسيد الجرمانيوم تكون أكبر. هذه المنحنيات تتوافق مع طبيعة تغير قرينة الانكسار في الشكل (1-IV) و(2-IV).

3-1-IV تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على الزاوية الحرجة لليف العتبي :



الشكل (5-IV): يوضح تغير الزاوية الحرجة لـ SiO2.

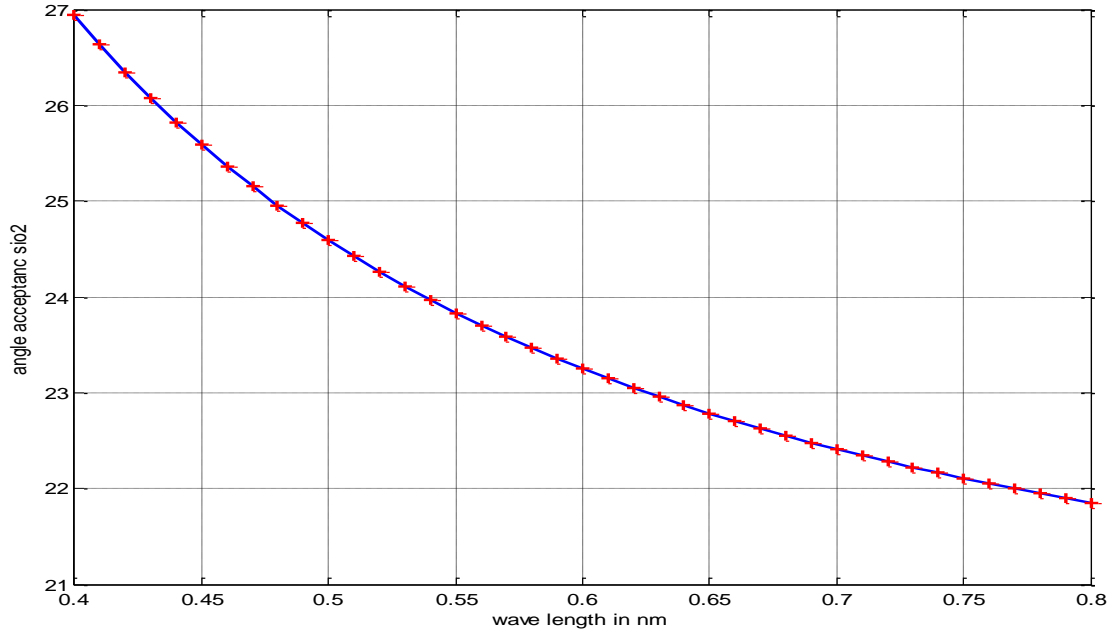


الشكل (IV-6): يوضح تغير الزاوية الحرجة لGeo2.

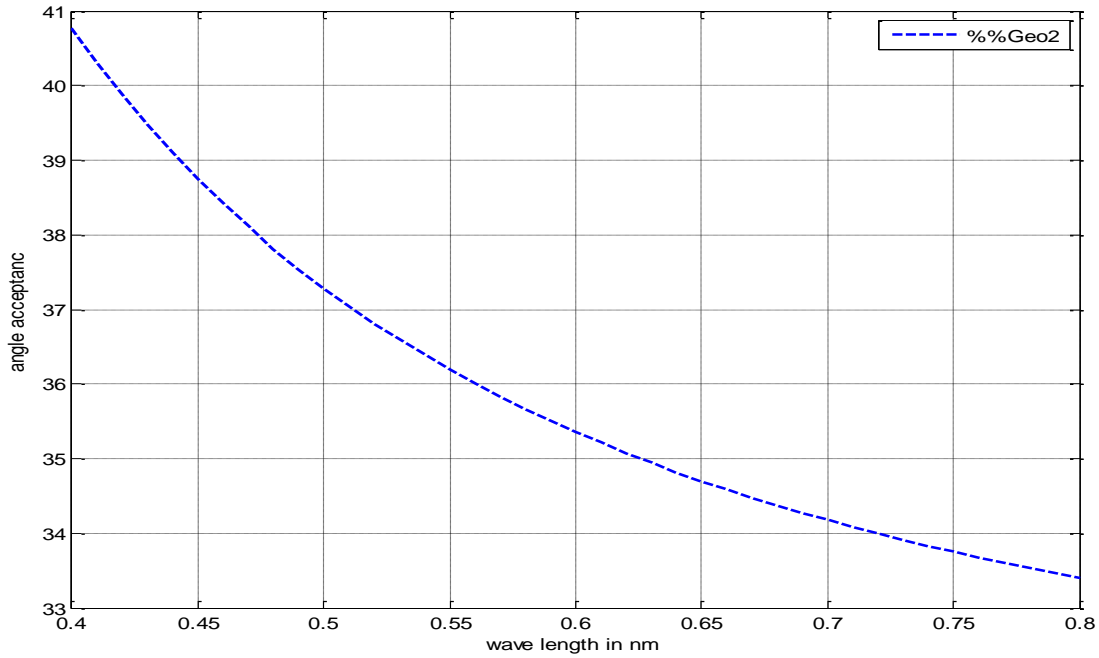
استطعنا رسم منحنى تغيرها بدلالة الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز بالنسبة لكلا النوعين من الألياف البصرية، حيث نلاحظ أنه عند الأطوال الموجية القصيرة تكون  $\theta_c$  صغيرة وتزداد قيمتها مع زيادة الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي. وهذا ما يتفق مع المعادلة (III-11) حيث بزيادة الأطوال الموجية تنقص قيم قرينة الانكسار لقلب الليف وبالتالي تزيد الزاوية الحرجة.

4-1-IV تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على زاوية القبول للليف

العتبي :



الشكل (7-IV): يوضح تغير زاوية القبول للشعيرة للليفية Sio2 .



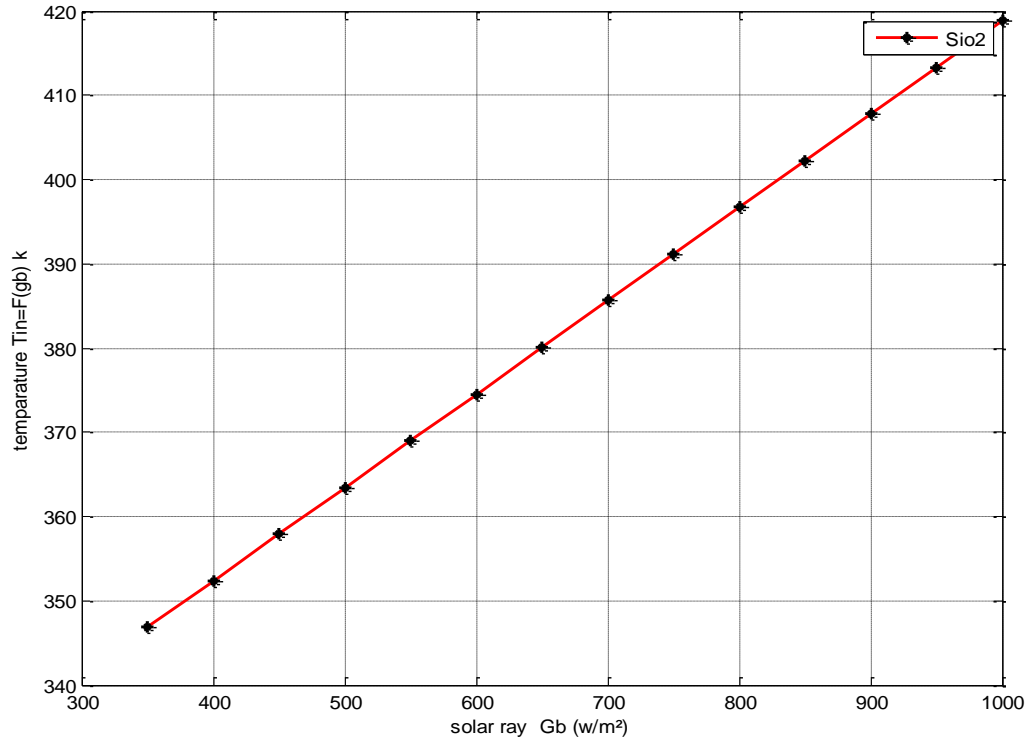
الشكل (8-IV): يوضح تغير زاوية القبول للشعيرة للليفية Geo2 .

من خلال المعادلة (III-9) استطعنا رسم منحنى تغير زاوية القبول للشعيرة الليفية في المجال المرئي، من خلال هذه المنحنيات نلاحظ أن زاوية القبول تتعلق بشكل مباشر بالأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز، حيث تتغير زاوية القبول من القيمة الأعظمية لها عند الطول الموجي 0.45 مايكرومتر بالتناقص مع زيادة الطول الموجي للإشعاع الشمسي من الطيف المرئي، كما تتعلق زاوية القبول بقرينة انكسار مادة الغلاف.

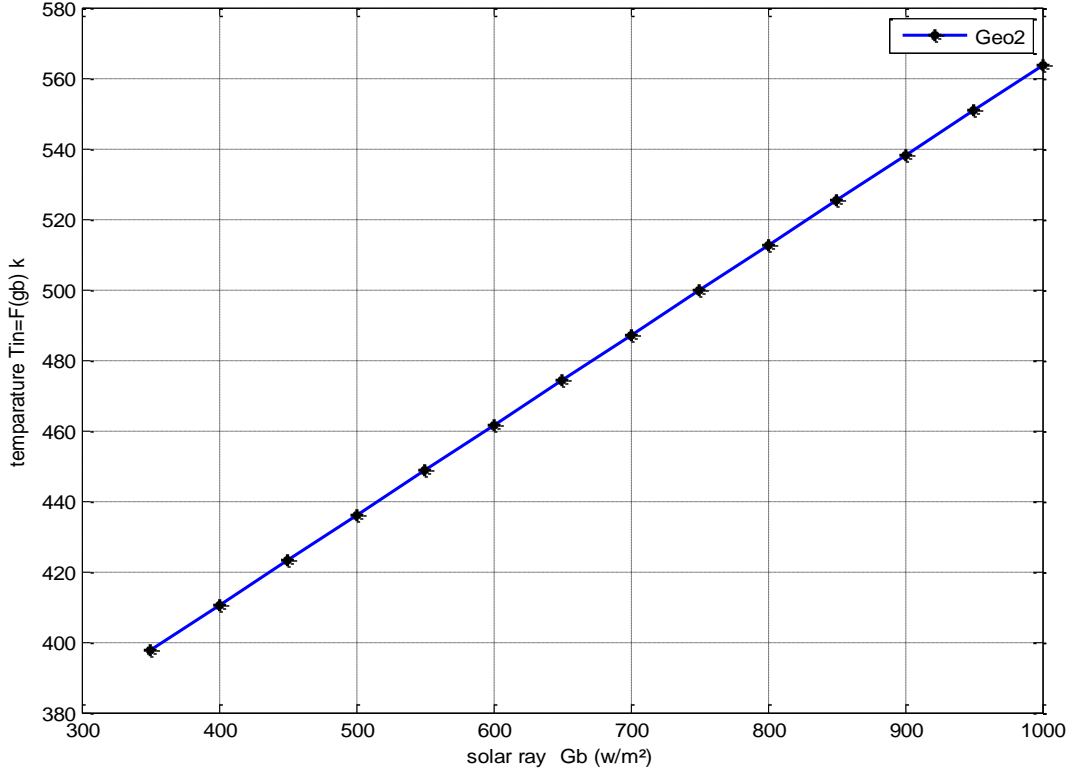
#### IV-1-5 تغير درجة حرارة سطح مقطع الشعيرة البصرية بدلالة الإشعاع الشمسي

المركز الداخل للليف العتبي :

تبعاً للعلاقة الرابطة بين درجة حرارة سطح مقطع الألياف البصرية بدلالة الإشعاع الشمسي المركز الداخل لكابل الألياف البصرية في المعادلة (III-12) استطعنا رسم المنحنيات التالية:



الشكل (IV-9): تغير درجة حرارة سطح مقطع الليف كدالة للإشعاع الشمسي.

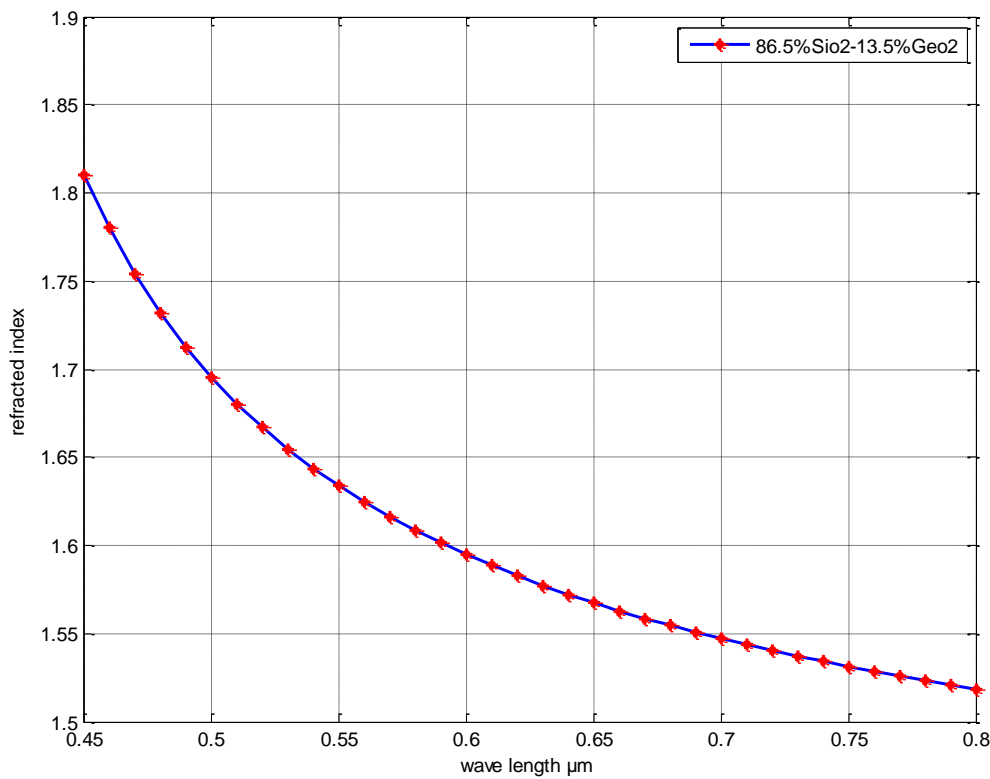


الشكل (IV-10): تغير درجة حرارة سطح مقطع الليف كدالة للإشعاع الشمسي.

نلاحظ أن درجة الحرارة لسطح مقطع الشعيرة الليفية تزيد بزيادة الإشعاع الشمسي الداخل للليف البصري كما نلاحظ أن درجة حرارة سطح مقطع الشعيرة الليفية ذات اللب المصنوع من أكسيد الجرمانيوم تكون أكبر بكثير من الشعيرة المصنوعة من أكسيد السيلسيوم هذا الأخير راجع إلى كون كمية الإشعاع الشمسي الداخلة لشعيرة أكسيد الجرمانيوم أكبر، أي أن تغير قيم الفتحة العددية بدلالة الأطوال الموجية يكون بالنسبة لأكسيد الجرمانيوم أكبر مما هو عليه بالنسبة لأكسيد السيلسيوم، هذا ما تفنده المنحنيات (IV-3) و (IV-4)، ما جعلها قادرة على استقبال أكبر كمية من الإشعاع الشمسي بالإضافة لقيم انعكاس فرينل الكبيرة.

## 1-2-IV تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على معامل الانكسار الليف التدرجي :

بملاحظة الشكل (1-IV) و(2-IV) نستنتج أن  $Geo_2$  يملك قيم كبيرة لقرينة الانكسار في مجال الأطوال الموجية القصيرة لكن عند الأطوال الموجية الكبيرة تصل قيمة  $n$  لأدنى قيمة حوالي 1.67 على غرار  $Sio_2$  أين تصل أدنى قيمة لقرينة الانكسار حوالي 1.46 ، فعند تطعيم مادة  $Sio_2$  بأكسيد الجرمانيوم نكون قد حصلنا على تغير محسن في شكل قرينة الانكسار، كما يمكن التحكم في قيم قرينة الانكسار بتغير نسب التطعيم للمادتين.



الشكل (11-IV): تغير قرينة الانكسار في الليف التدرجي.

يمكن تحديد قيمة قرينة الانكسار لتركيز معين انطلاقاً من التركيز المرجعي وذلك حسب العلاقة التالية [18]، [19]، [20]:

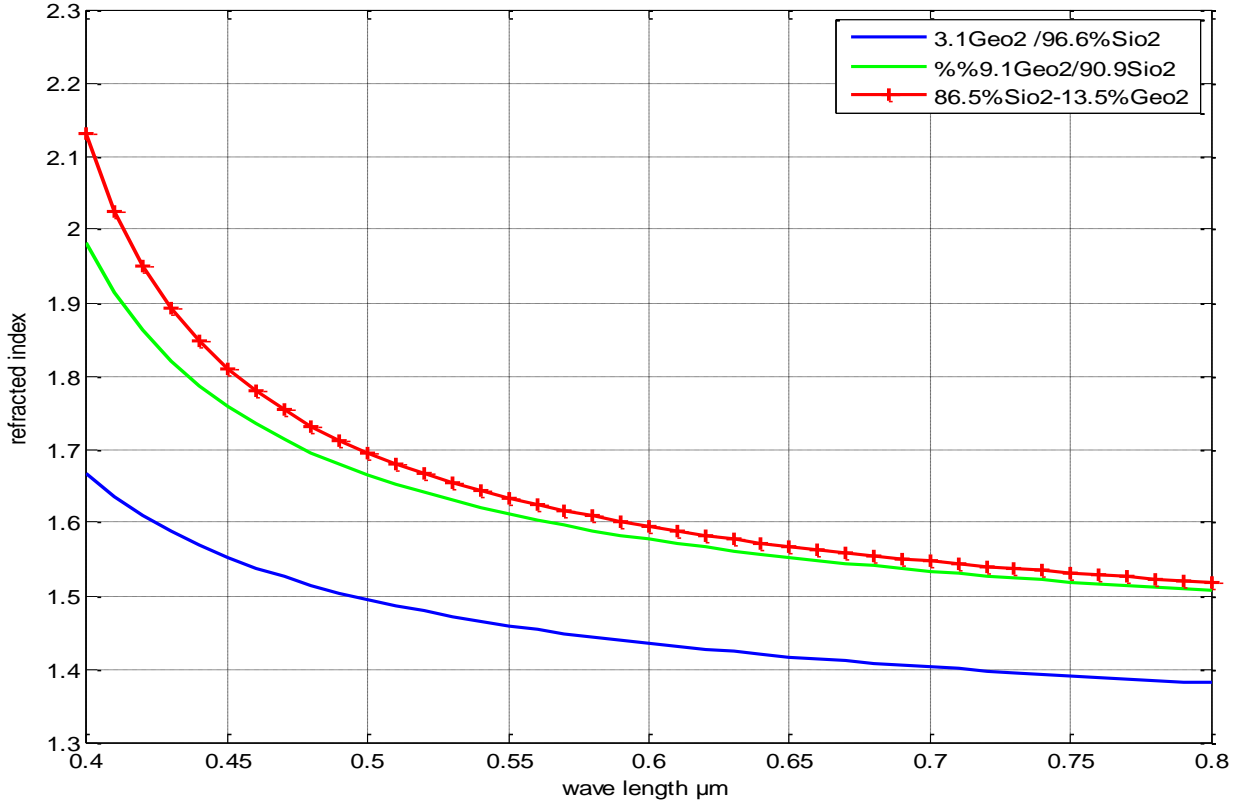
$$n(x) - n(0.135) = (x - 0.135)[n(0.135) - n(0)] / 0.135 \quad (IV - 1)$$

حيث:

$n(0)$ : تمثل تركيز أكسيد السيلسيوم النقي.

$n(0.135)$ : تمثل تركيز  $\text{Sio}_2$  المطعمة بـ  $\text{Geo}_2$ .

تفيد العلاقة السابقة في تخمين تغير قرينة لنسب تطعيم معينة انطلاقاً من قيم تطعيم مرجعية تكون معلومة قيم قرينة الانكسار.



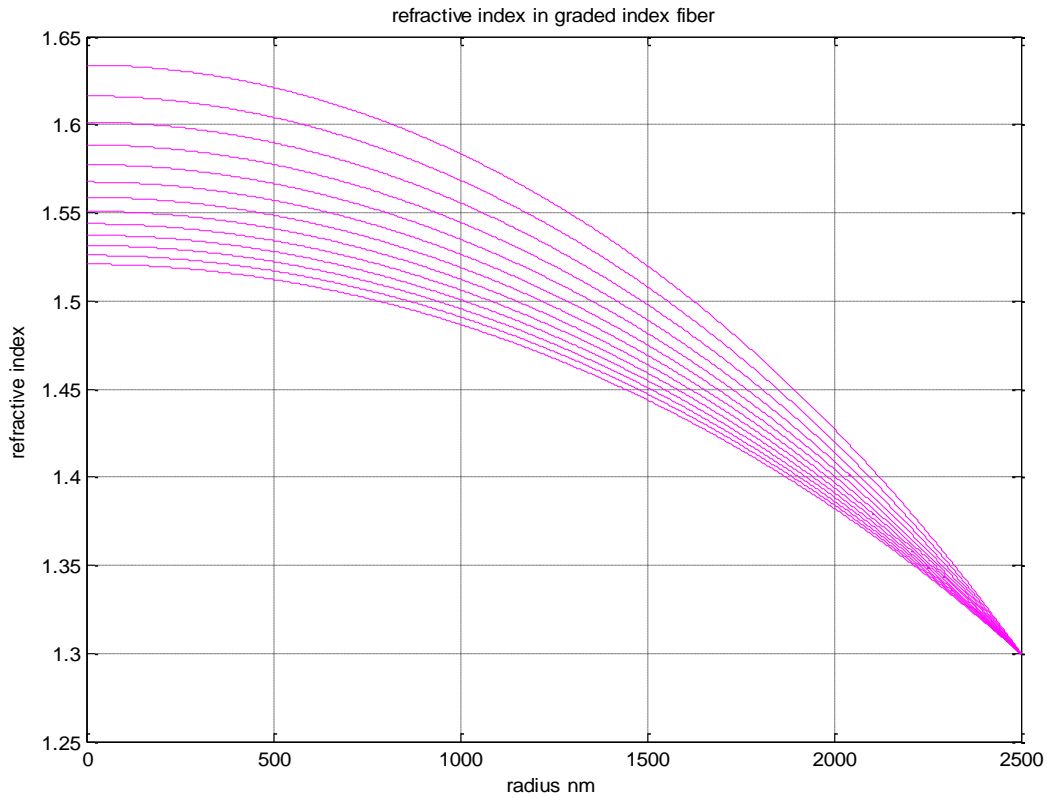
الشكل (IV-12): تغير قرينة الانكسار تبعا لتركيز التطعيم في الليف التدرجي.

من أجل تراكيز مختلفة لنسب التطعيم نلاحظ أنه من أجل زيادة تركيز  $\text{Geo}_2$  في لب الليف تزداد قيم قرينة الانكسار.

إن المنحنى السابق يمثل تغير قرينة الانكسار كدالة للطول الموجي فقط في مستوى الشعيرة الليفية التدرجية، ونحن نعلم أن قرينة الانكسار في الألياف التدرجية تكون دالة للموضع والطول الموجي في آن واحد.

بالاستعانة ببرامج المتلاب العددي والمعادلة (III-13) يمكننا رسم المنحنيات التالية لتغير قرينة الانكسار كدالة للطول الموجي والموضع:

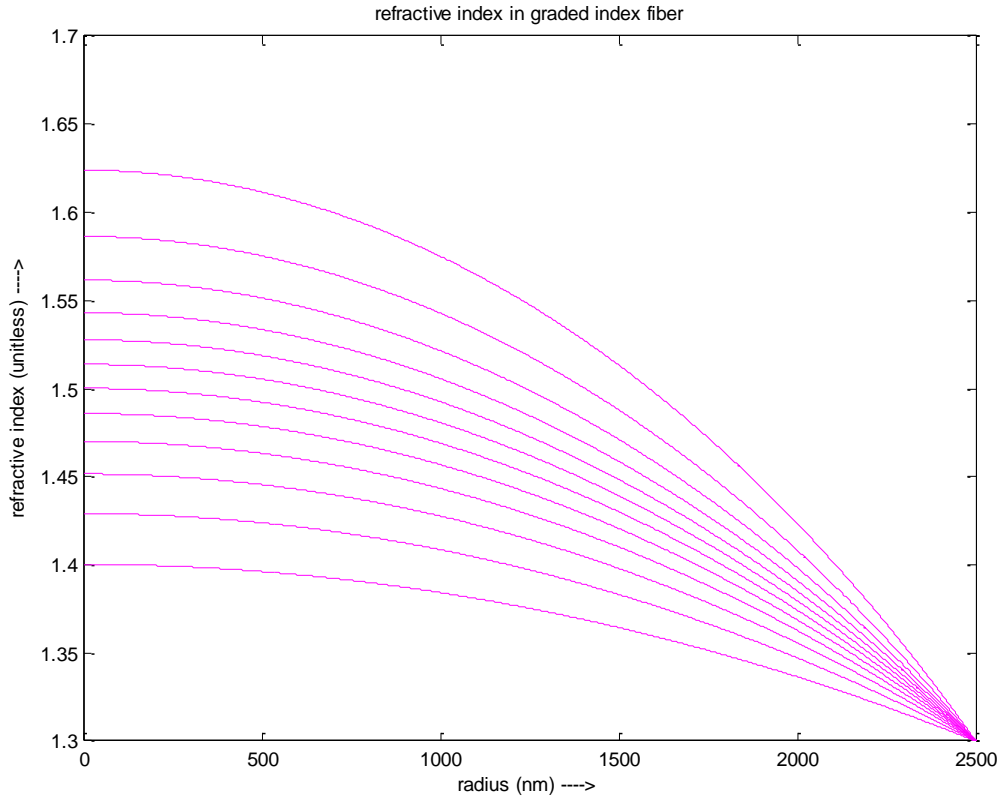




الشكل (IV-13): منحنى قرينة الانكسار كدالة للطول الموجي والموضع.

المنحنى السابق يمثل تغير قرينة الانكسار كدالة للطول الموجي والموضع في آن واحد بالنسبة لليف ذو نسب التطعيم التالية  
 $.86.5\text{SiO}_2-13.5\text{GeO}_2$

من أجل تركيز مختلف  $51.3\text{SiO}_2-48.7\text{Geo}_2$  نستطيع رسم المنحنى التالي:



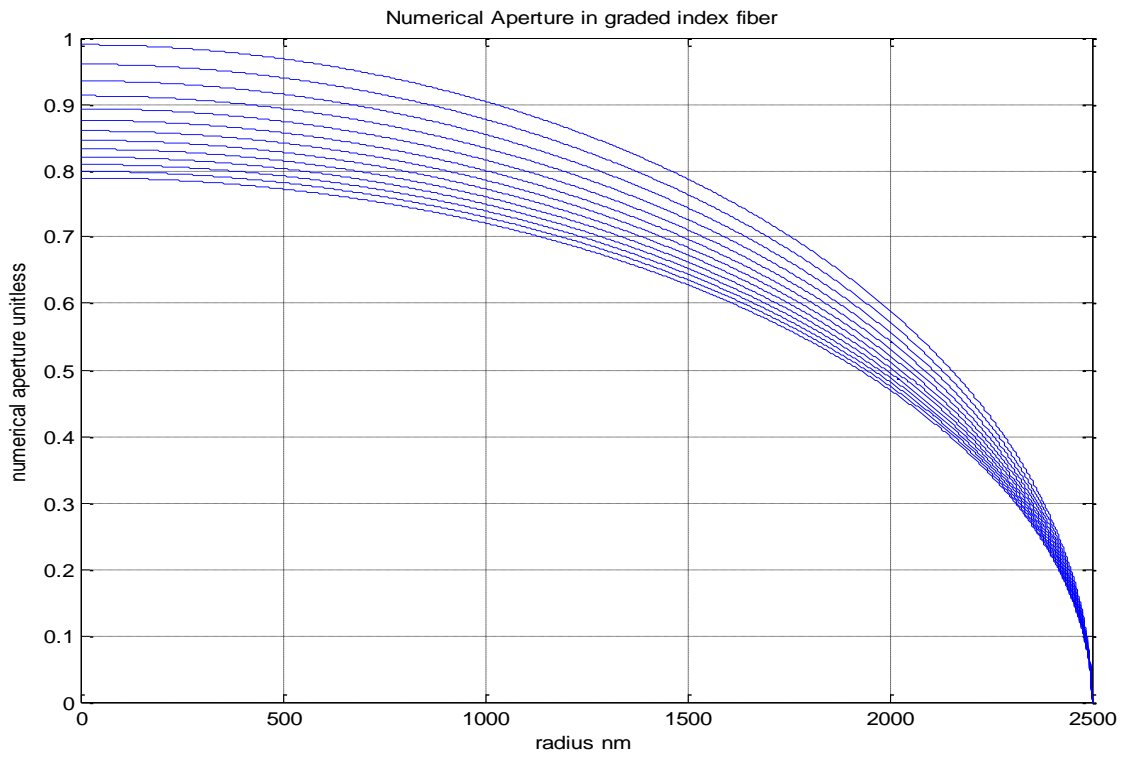
الشكل (IV-14): منحنى قرينة الانكسار كدالة للطول الموجي والموضع.

نلاحظ أنه من أجل قيمة معينة لطول الموجي في المجال المرئي تأخذ قرينة الانكسار قيمة معينة وتبدأ في التناقص تبعاً للموضع، كما نلاحظ أنه بزيادة الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي تتضاءل قيم  $n$  كما تؤثر قيم تركيز التطعيم على تغيرها، إن كل المنحنيات تشترك في نقطة معينة عند النقطة الحدية بين القلب والغلاف.

#### IV-2-2 تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على الفتحة العددية للليف

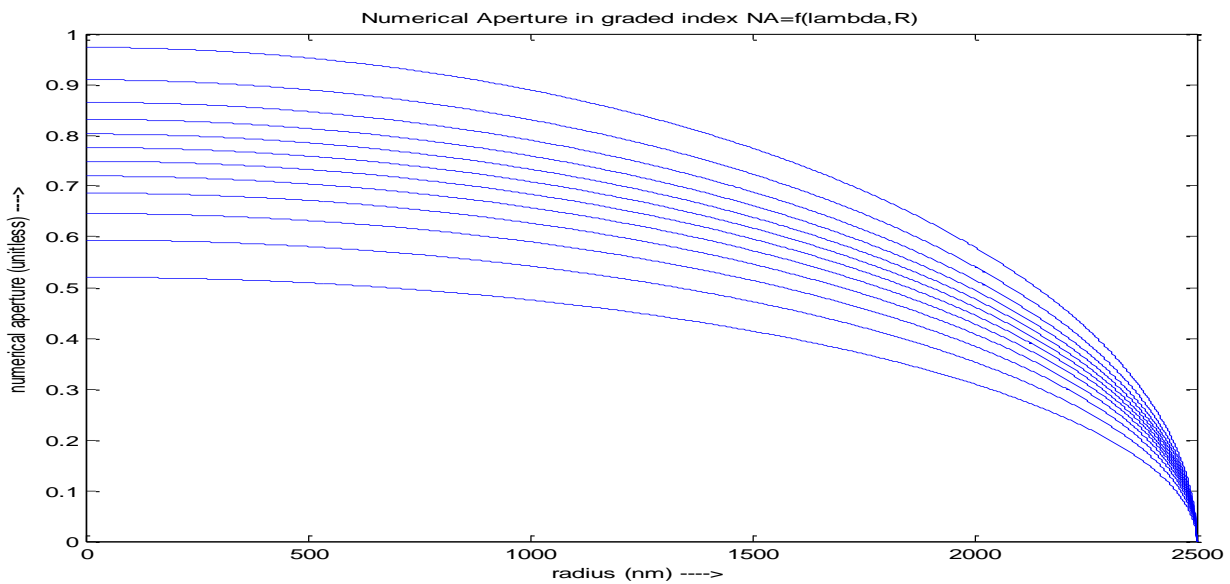
التدرجي :

حسب المعادلة (III-16) تمكنا من رسم المنحنيات الآتية:



الشكل (IV-15): منحنى تغير الفتحة العددية كدالة للموضع والطول الموجي  $86.5\text{SiO}_2-13.5\text{GeO}_2$ .

أيضا من أجل تركيز مختلف  $51.3\text{SiO}_2-48.7\text{GeO}_2$  نجد:



الشكل (IV-16): منحنى تغير الفتحة العددية كدالة للموضع والطول الموجي.

من أجل زيادة تركيز نسب التطعيم تتغير الفتحة العددية، فمن أجل النسب  $86.5\text{SiO}_2-13.5\text{Geo}_2$  تكون قيم الفتحة العددية أعظمية وتتناقص بزيادة كل من الطول الموجي ونصف قطر الليف.

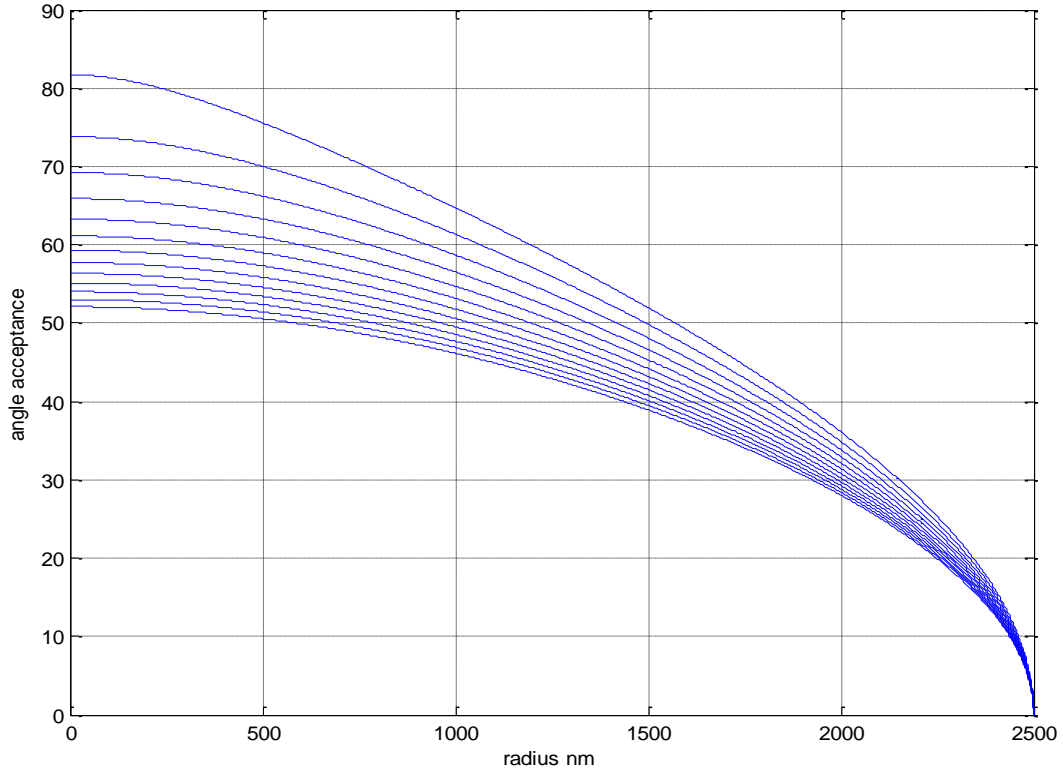
أين تكون قيم الفتحة العددية العظمى في المجال  $0.79$  و  $0.98$ .

أما بالنسبة ل  $51.3\text{SiO}_2-48.7\text{Geo}_2$  فنلاحظ أن قيم الفتحة العددية العظمى محصورة بين  $0.52$  و  $0.97$ .

#### IV-2-3 تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على زاوية القبول لليف

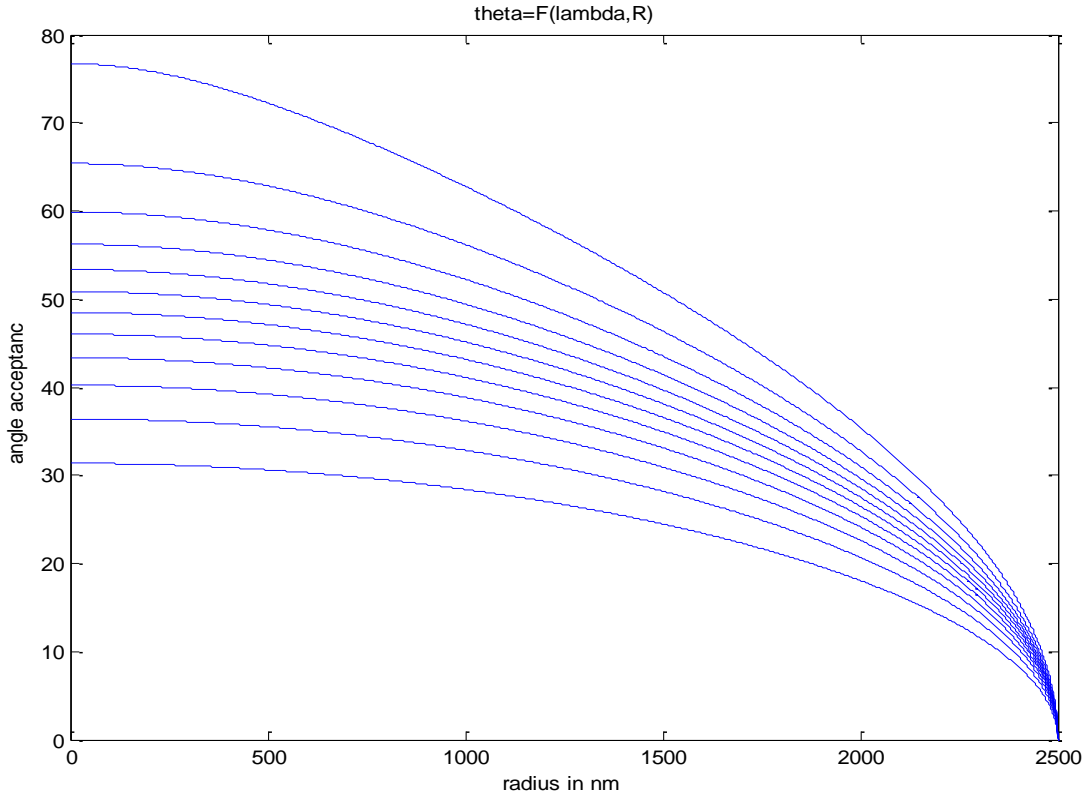
التدرجي :

حسب المعادلة (III-17) يمكننا رسم تغير زاوية القبول بالنسبة لليف التدرجية كدالة للطول الموجي والموضع.



الشكل (IV-17): منحنى تغير زاوية القبول كدالة للموضع والطول الموجي.

أما بالنسبة لـ  $51.3\text{SiO}_2-48.7\text{Geo}_2$  نجد:



الشكل (IV-18): منحنى تغير زاوية القبول كدالة للموضع والطول الموجي.

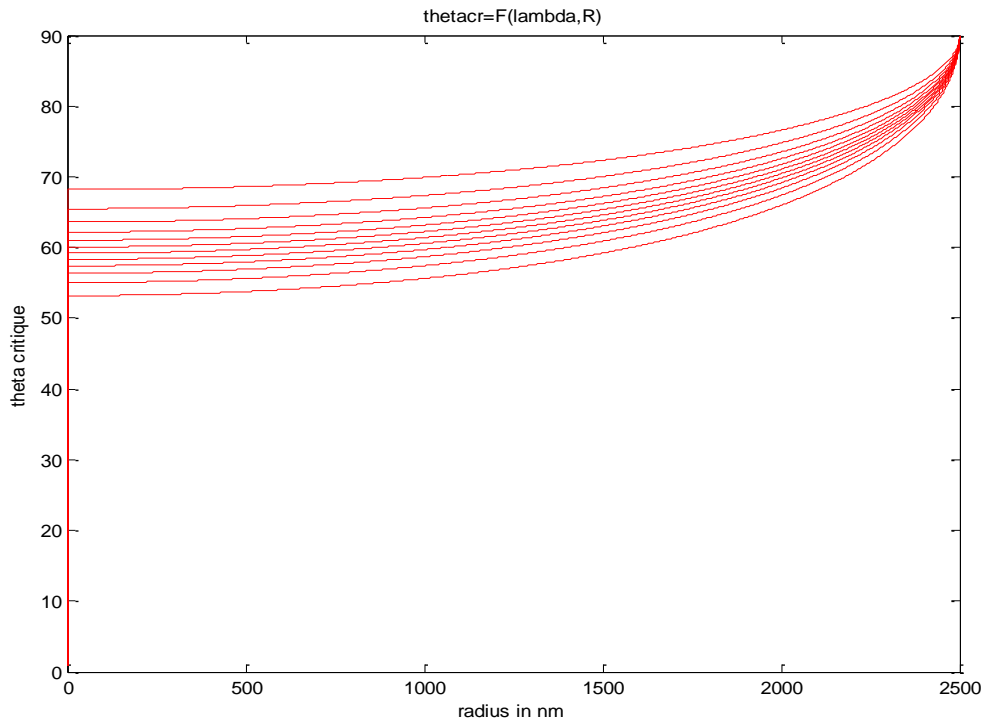
نستطيع تعميم نفس الملاحظات بالنسبة للفتحة العددية على تغير زاوية القبول.

#### IV-2-4 تأثير الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز على الزاوية الحرجة لليف

التدرجية :

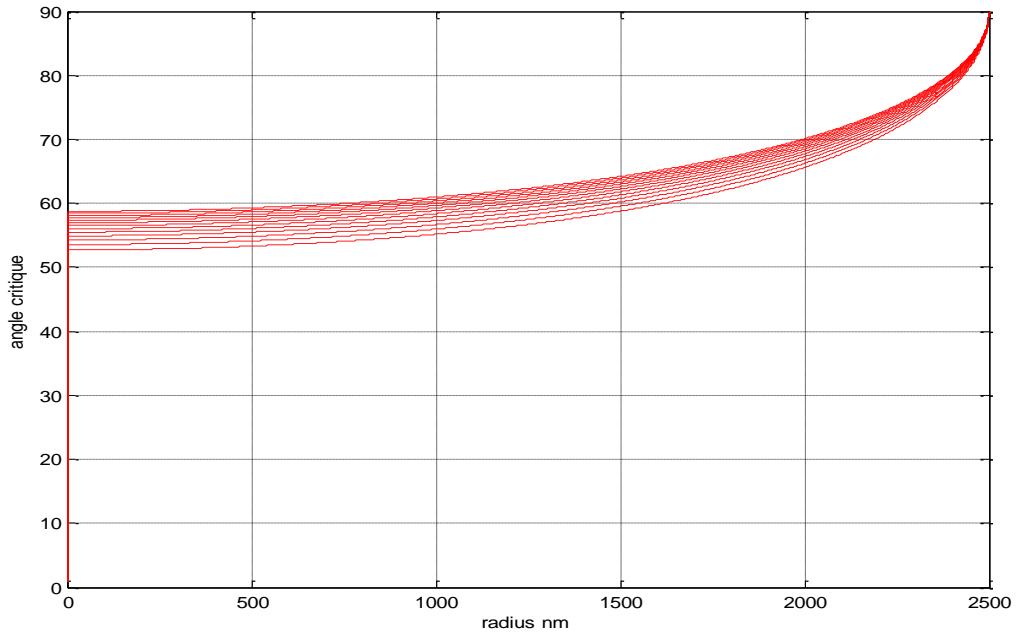
حسب المعادلة (III-18) استطعنا رسم منحنى تغير الحرجة بدلالة الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي المركز بالنسبة لكلا النوعين لنسب التركيز.

بالنسبة لـ  $51.3\text{SiO}_2-48.7\text{Geo}_2$ :



الشكل (IV-19): منحنى تغير الزاوية الحرجة تبعا لطول الموجي والموضع.

وأیضا بالنسبة لـ  $86.5\text{SiO}_2-13.5\text{GeO}_2$

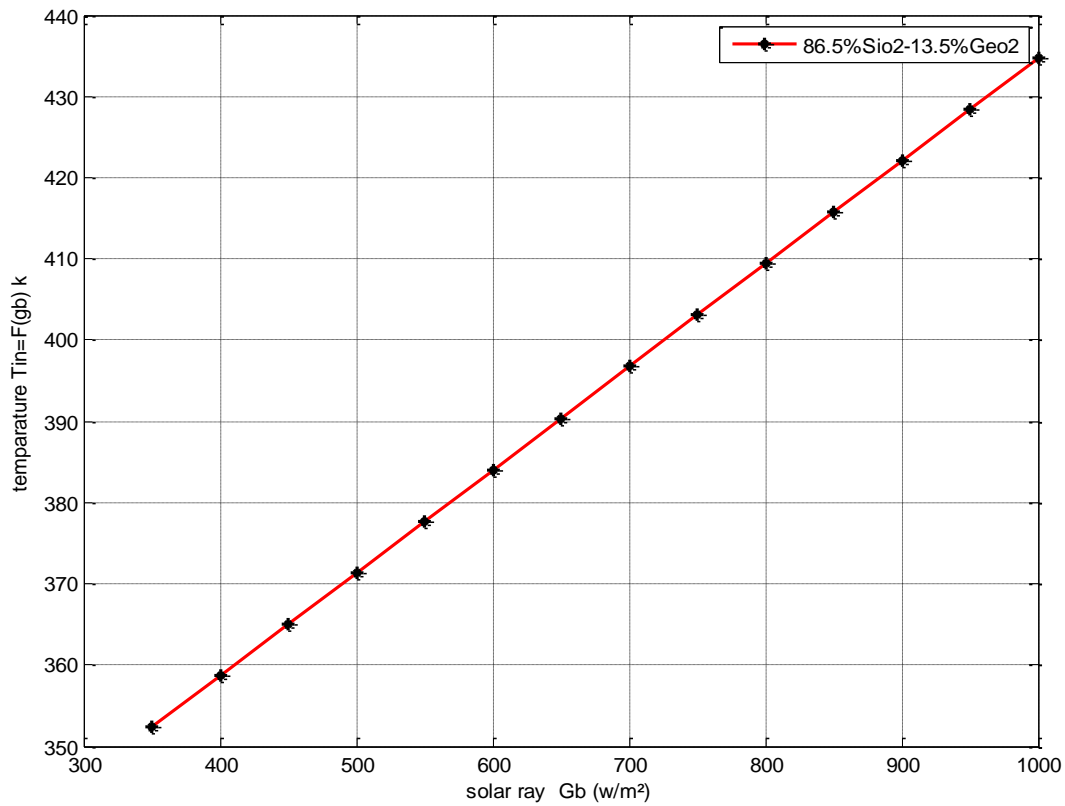


الشكل (IV-20): منحنى تغير الزاوية الحرجة تبعا لطول الموجي والموضع.

حيث نلاحظ أنه عند الأطوال الموجية القصيرة تكون  $\theta_c$  صغيرة وتزداد قيمتها مع زيادة الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي، وهذا ما يتفق مع نتائج المنحنى السابق لزوايا القبول حيث تكون هناك علاقة عكسية بينهما.

كما تتأثر الزاوية الخارجة في الليف بنسب التطعيم.

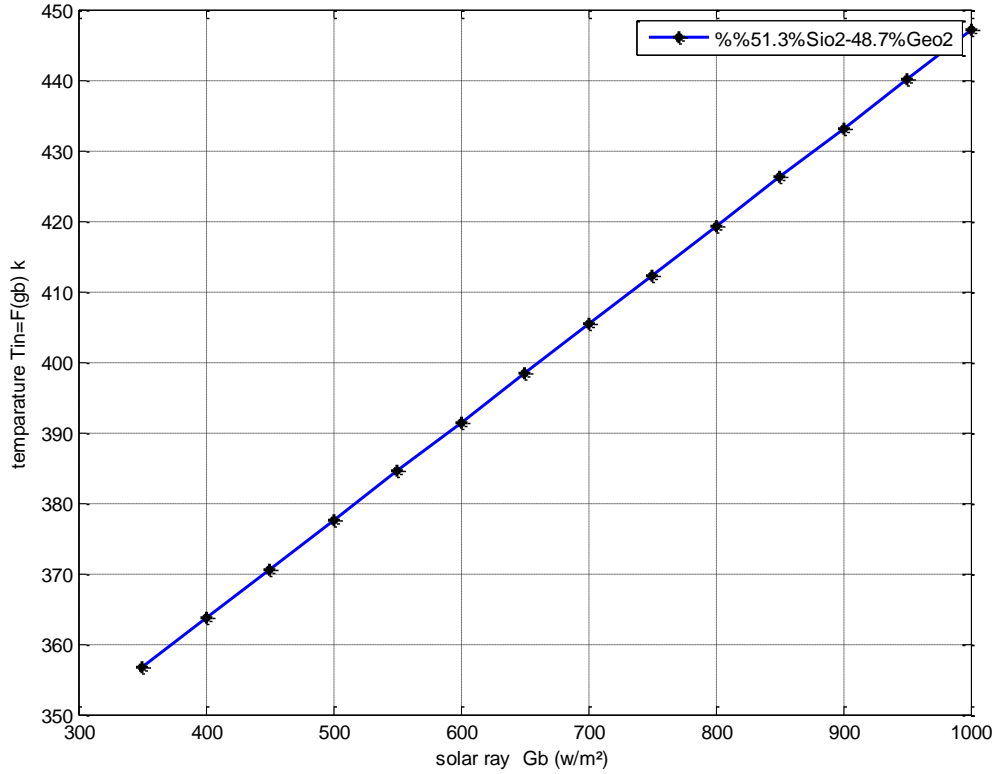
#### 5-2-IV-2-5: تغير درجة حرارة سطح مقطع الشعيرة البصرية التدرجية بدلالة الإشعاع الشمسي المركز الداخل إليها :



الشكل (IV-21): منحنى تغير درجة حرارة سطح مقطع الشعيرة البصرية التدرجية.

تتعلق درجات حرارة سطح مقطع الليف البصرية التدرجية بنسب التطعيم فمن أجل الزيادة في نسبة تركيز أكسيد الجرمانيوم نلاحظ زيادة في درجة حرارة سطح مقطع الليف، يرجع هذا التغير أو الزيادة في درجات الحرارة لكون مجال الفتحة العددية يتسع بزيادة نسبة تركيز أكسيد الجرمانيوم على مستوى قلب الشعيرة، المنحنيات (IV-15) و (IV-16)

ما يزيد من كمية الإشعاع الشمسي العابر عبرها وبالتالي زيادة في درجات الحرارة.

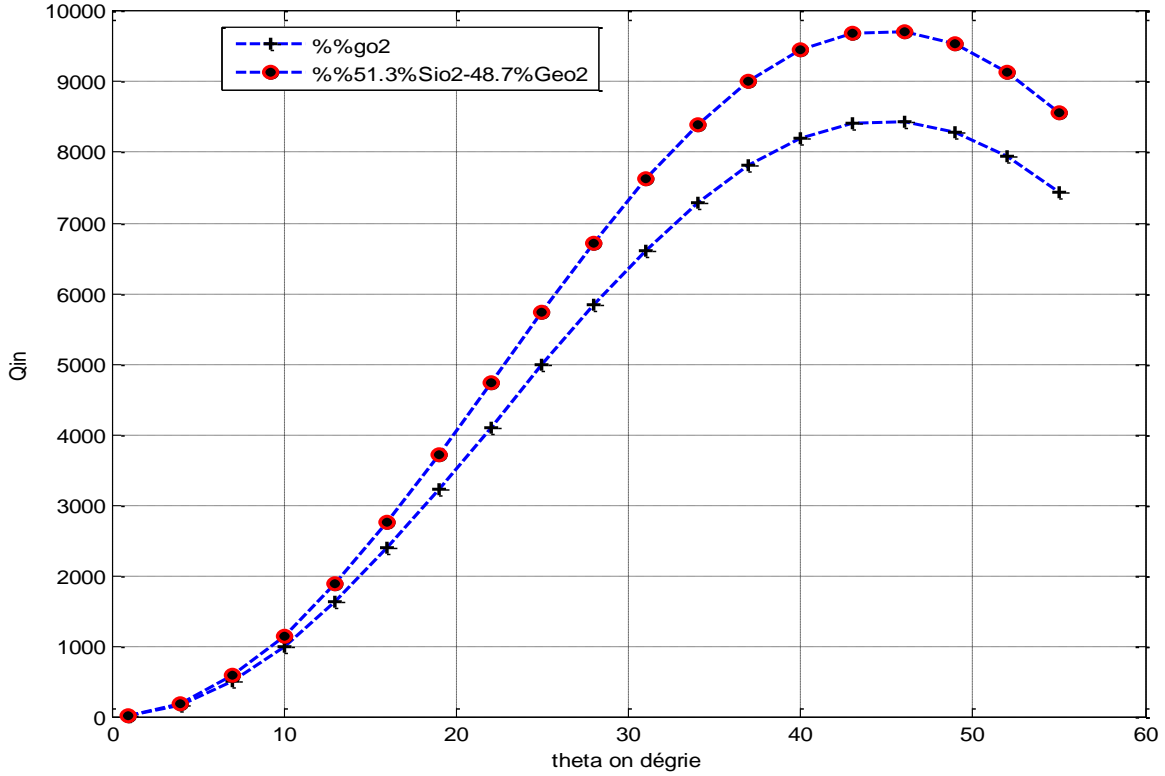


الشكل (IV-22): منحنى تغير درجة حرارة سطح مقطع الشعيرة البصرية التدرجية.

#### 6-2-IV تغير الطاقة الداخلة الليف بدلالة الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي :

بالاعتماد على المعادلات (III-5) و (III-15) نستطيع رسم منحنى تغير الطاقة الداخلة الليف التدرجية بدلالة الطول الموجي للإشعاع الشمسي حيث يظهر التغير في معامل انعكاس فريتيل.





الشكل (IV-23): منحنى تغير الطاقة الداخلة للييف.

تتغير قيم الطاقة الداخلة للييفين المدروسين بالتزايد، كما نلاحظ أن اللييف التدرجي تجتازه قيم للطاقة أكبر من اللييف العتيق وذلك لكون الفتحة العددية تتغير على مستواه بشكل مجال من القيم على عكس اللييف العتيق أي أن اللييف التدرجي من أجل نسبة التطعيم الموضحة سابقا يستقبل كمية اشعاع شمسي أكثر من نظيره العتيق كما أن أفضل زاوية للسطح العاكس تكون في المجال 44.5 إلى 45.5 التي تكون عندها قيم الطاقة أعظمية.

كما يظهر أن اللييف التدرجي تجتازه قم طاقة أكبر من العتيق.

## 3-IV استخلاص وأهداف الدراسة :

تأتي دراستنا في هذه المذكرة في محاولة الإجابة على الأسئلة التالية:

1. ماهي الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي التي نستطيع إرسالها عبر الليف بحيث نحصل على أفضل النتائج حسب طبيعة استعمالها.
2. كيفية تحديد الأطوال الموجية المرغوبة التي تمر عبر الليف البصرية.

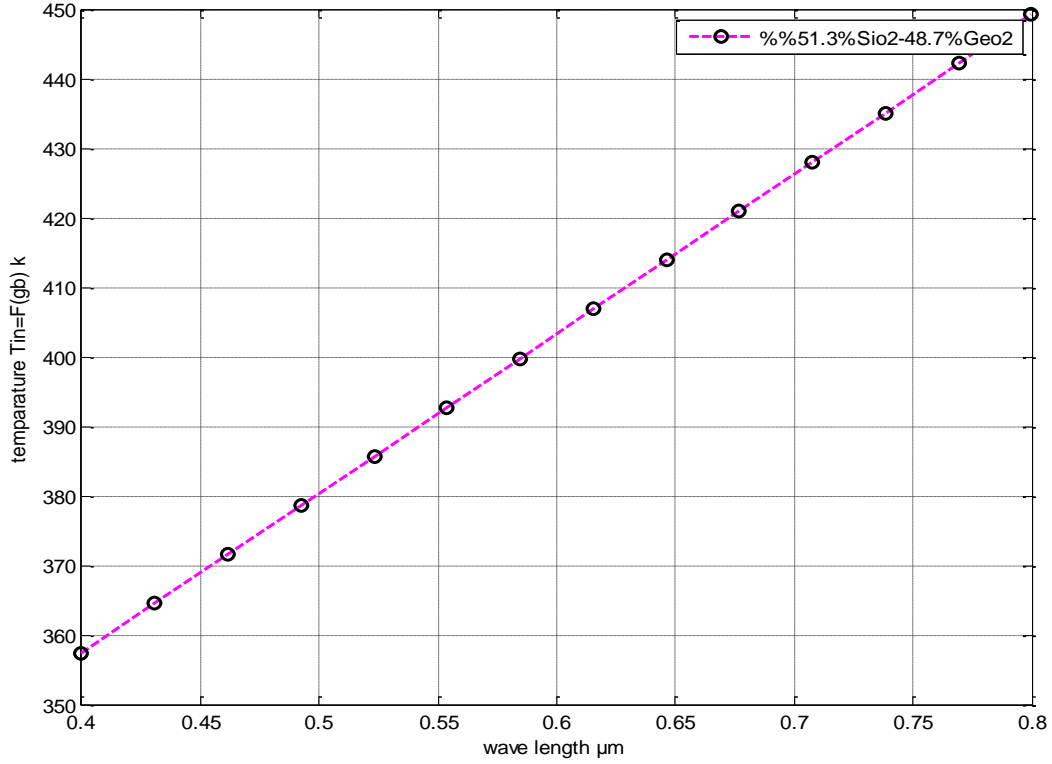
إن استخدام الألياف المدروسة أنفا في هذه المذكرة في مجال الإضاءة أو الإنارة يسن علينا شرطا إضافيا يتعلق بطبيعة الأطوال الموجية المرسله عبرها.

فمن أجل الإنارة لابد لنا من تحديد مجال الأطوال الموجية التي تضمن لنا أكبر كمية إشعاع وأقل ضياع في الطاقة بالإضافة لأقل درجات حرارة على مستوى الألياف.

لتحقيق ذلك نستعين بالمنحنيات التي تحصلنا عليها في عملية المحاكاة، إن الليف التدرجية تعد أفضل في نقل الإشعاع الشمسي من الليف العتي، ذلك أن هذه الأخيرة تملك زاوية قبول أكبر من نظيرتها العتبية وهذا ما تأكده المنحنيات (8-IV) و(18-IV) حيث يكون تغير هذه الأخيرة في الليف التدرجي على شكل قيم عظمى في مجال 31.5 إلى 78.3 من أجل 51.3Sio2-48.7Geo2، بينما في الليف العتي تكون هناك قيمة عظمى واحدة تقدر بـ 41.9 من أجل Geo2.

وعليه فمن أجل استخدام الألياف البصرية في الإنارة سنختار التدرجية، من المعلوم أن أفضل جزء من الطيف الشمسي في الإضاءة يتضمن المجال المرئي الشكل (II - 1)، لذلك سنختار الأطوال الموجية في المجال [550, 750]، وذلك تجنباً للمجال الأشعة فوق البنفسجية التي يمكن تسبب الأضرار بالإضافة للمجال الأشعة تحت الحمراء التي تؤدي لزيادة التسخين.

من المنحنى (IV-18) نستخرج قيم الفتحة العددية الأعظمية في الشعيرة التدرجية، أما قيم درجة حرارة مقطع سطحها فهي موضحة في المنحنى الموالي.

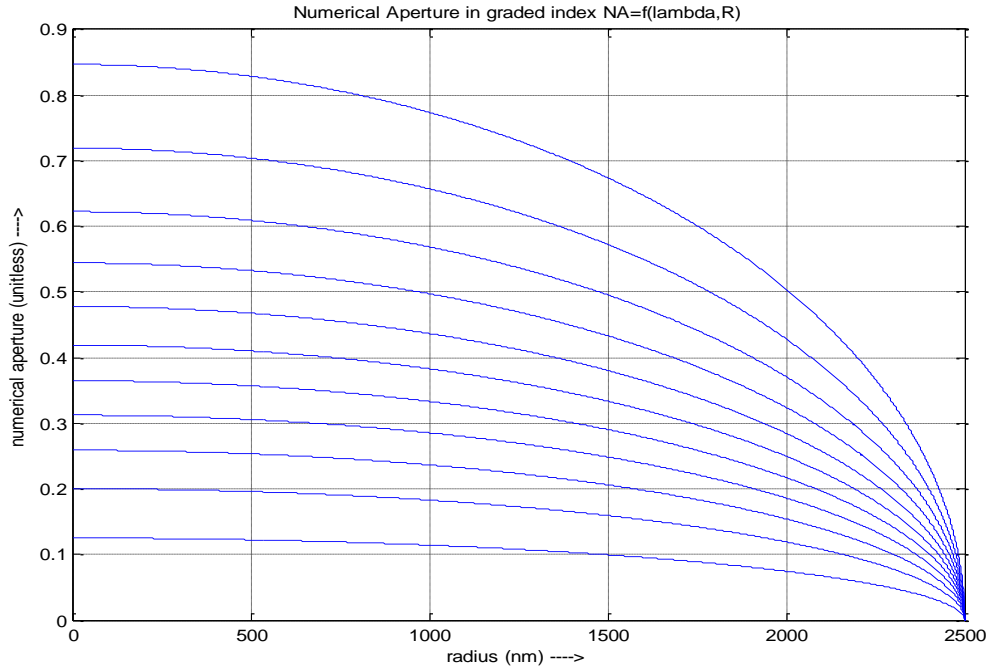


الشكل (IV-24): منحنى تغير درجة حرارة سطح مقطع الشعيرة البصرية التدرجية بدلالة الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي.

الطول الموجي بالنانو متر	درجة حرارة سطح مقطع الشعيرة بالكلفن	الفتحة العددية بدون وحدة
550	392.7138	0.9896
600	406.8324	0.9236
700	428.0107	0.8389
750	439.129	0.8093

الجدول (IV-1) المقادير المميزة للشعيرة التدرجية 51.3SiO<sub>2</sub>-48.7GeO<sub>2</sub>.

إن التحكم في الأطوال الموجية المرسله عبر الليف يكون عبر الزيادة في قرينة انكسار الغلاف وتغير نسب تطعيم مادة القلب، بالإضافة للزيادة في قرينة انكسار الغلاف، فمن أجل الليف المستعملة في الإضاءة نستطيع تحقيق المجال المرغوب السابق عبر تحديد قرينة انكسار الغلاف بـ1.53، أين يكون أكبر طول موجي يمكن ارساله عبر الليف مقدر بـ  $750\text{nm}$ .



الشكل (IV-25) مجال تغير الفتحة العددية من أجل قرينة الغلاف 1.53.

أما من أجل استخدام الليف المدروسة أنفا في التدفئة أو تسخين المياه فإننا نخلص إلى أنه من الأفضل استعمال الشعيرة الليفية العتبية لـ Geo2 ذلك كون منحنى درجات الحرارة (IV-10) بالنسبة لها كان ذو قيم مرتفعة، يجب أيضا استخدام الأطوال الموجية في مجال الأشعة تحت الحمراء.

إن الدراسة في هذه المذكرة تحولنا إلى أن نستنتج أهم النقاط التالية:

- i. تؤثر عملية التطعيم على تغير معامل الانكسار في جانب القيم العظمى والحدية.
- ii. تتغير قرينة الانكسار حسب الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي.
- iii. تتأثر درجة حرارة سطح مقطع الشعيرات الليفية حسب الأطوال الموجية ونسب مادة التطعيم.
- iv. يمكن التحكم في الأطوال الموجية العظمى التي يمكن أن تعبر الليف بزيادة قرينة انكسار الغلاف وتغيير نسب التطعيم.
- v. الشعيرات الليفية التدريجية أفضل من نظيرتها العتبية من خلال امتلاكها مجال تغير لقيم الفتحة العددية العظمى.
- vi. تغير الطاقة في مدخل الشعيرات الليفية التدريجية بنسب التطعيم  $51.3\text{SiO}_2-48.7\text{Geo}_2$  أفضل من نظيرتها أخرى.
- vii. زاوية القبول للشعيرة الليفية تكون أفضل ما يمكن من أجل الأطوال الموجية القصيرة، كما تتغير في الشعيرات التدريجية على شكل مجال على عكس الشعيرات العتبية.
- viii. نسب التطعيم لا تؤثر على قيمة الزاوية العظمى للمركز التي تكون عندها أقصى قيم للطاقة.

المراجع المستخدمة في هذه المذكرة:

- [1]: John M. Senior Optical Fiber Communications Principles and Practice, Third edition 2009
- [2]: Fedor. Mitschke, Fiber Optics, 2ed, springer
- [3]: سهام عفيف قندلا، فيزياء الألياف البصرية، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، الطبعة الأولى 1421 هـ-2000م.
- [4]: بوراس ليلي، دراسة تأثير معاملات شبكة براغ المنتظمة على تحسين الانتقائية الطيفية في الموجات الضوئية المدمجة. تطبيق: تجويف رنين لليزر مدمج، مذكرة ماجستير 2006/09/18، جامعة قاصدي مرباح ورقلة.
- [5]: سمية زقود، دراسة أثر التحزيم على كابل الألياف البصرية الناقلة للإشعاع الشمسي المركز في المجال المرئي، مذكرة ماجستير 2013، جامعة قاصدي مرباح ورقلة.
- [6]: David Jeffrey. Griffiths, Introduction to Electrodynamics, 3rd.
- [7]: Francis A. Jenkins ,Harvey E.White FUNDAMENTALS OF OPTICS Fourth Edition 2001.
- [8] روبرت لي إيفانز، مدخل إلى الطاقة المستدامة ترجمة د فيصل حردان، بيروت 2011.
- [9] الطاقة المتجددة جامعة الملك عبد العزيز المملكة العربية السعودية، [www.Phys4all.com](http://www.Phys4all.com).
- [10] د. سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، جانفي 1978 تحت اشراف أحمد مشاري العدوان.
- [11] مسعودي الضاوية، تأثير مخروط عاكس على تركيز مركز شمسي، مذكرة ماستر جامعة ورقلة 2011.
- [12]: Claire Fronholz,Aurelien Giraud,Eve Régagnon, solux eclairage hybride design.
- [13]:S. Amara,B. Benyoucef, B. Nordell, A. Touzi and A. Benmoussat,EXPERIMENTAL STUDY OF A CONCENTRATION HEATING SYSTEM WITH OPTICAL FIBER SUPPLY, Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien (URER/MS) Adrar – BP 478, Route de Reggane.
- [14] : C. Kandilli, k. Ulgen, 'Review and Modelling the Systems of Transmission Concentrated Solar Via Optical Fibers, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13 (67– 84) , 2009.
- [15] : O A Jaramillo, J A del R´io, 'Optical Fibers For A Mini-Dish/Stirling System: Thermodynamic Optimization', I.O.P, 35 (1241–1250) 2002.
- [16]: A. Kalogirou ,Solar thermal collectors and applications Soteris, Progress in Energy and Combustion Science 30 (2004) 231–295. [17]: Gregory Nellis, Sanford klein, Heat transfer,p318,p326,cambridge.org
- [18]: Volkmar Brückner, To the use of Sellmeier formula.
- [19]:Safa Kasap,Harry ruda and yann Boucher,optoelectronics,and photonics,cambridge hand book.
- [20]:Nguyen Binh,guid wave photonics fundamentals and appliction whith matlab.

1- دالة بيسل:

تعطى دالة بيسل التفاضلية من الشكل:

$$x^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + x \frac{\partial y}{\partial x} + (x^2 - m^2)y = 0$$

يرمز للحلول من أجل قيم صحيحة لـ  $m$  بـ:  $J_m, N_m, H_m^{1,2}$

وقد تأخذ معادلة بيسل الشكل:

$$x^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + x \frac{\partial y}{\partial x} - (x^2 + m^2)y = 0$$

في هذه الحالة يرمز للحلول من الشكل:  $K_m, I_m$

حيث:

$J_m$  دالة بيسل النوع الأول.

$N_m$  دالة بيسل النوع الثاني.

$H_m^{1,2}$  دالة بيسل النوع الثالث.

$K_m, I_m$  هي دالة بيسل المغيرة النوع الأول والثاني.

تعطى العلاقة بين الدوال السابقة من الشكل:

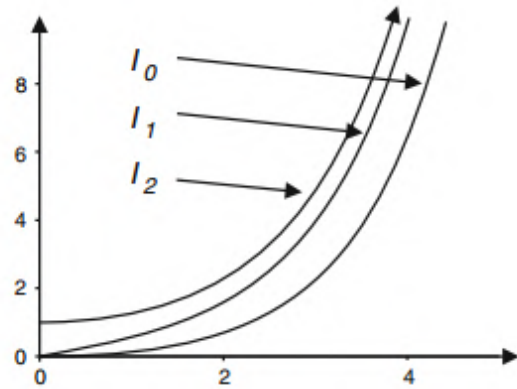
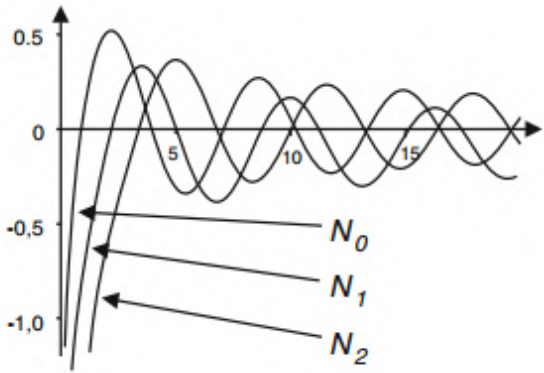
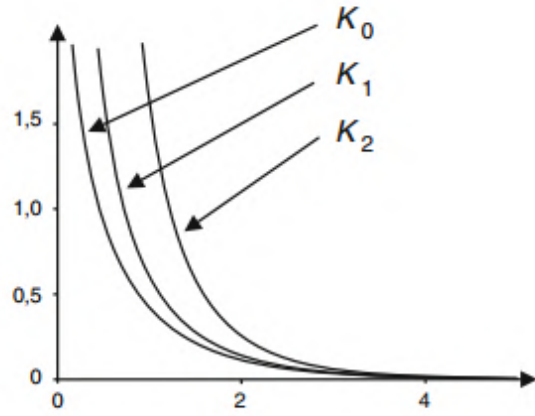
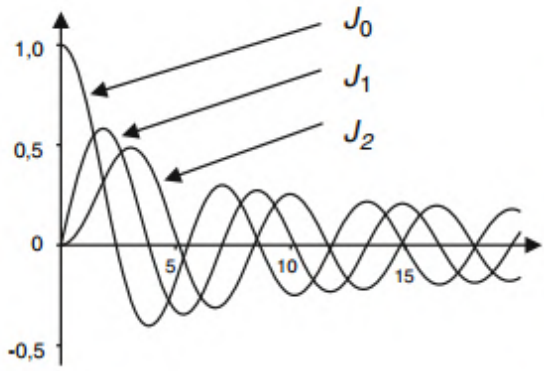
$$N_m = \lim_{k \rightarrow m} \frac{J_k(x) \cos(k\pi) - J_{-k}(x)}{\sin(k\pi)}$$

$$H_m^{1,2}(x) = J_m(x) \pm iN_m(x)$$

$$I_m(x) = i^{-m} J_m(ix)$$

$$K_m(x) = \lim_{k \rightarrow m} \frac{\pi I_{-k}(x) - I_k(x)}{2 \sin(k\pi)}$$

تأخذ الدوال السابقة المنحنيات التالية:





الملحق (ب): القيم العددية للمتغيرات المميزة لمادة الزجاج.

المقدار	الزجاج
نصف قطر القلب	$a = 0.0005m$
سمك الغلاف	$d = 0.0005m$
الإشعاع الشمسي الكلي	$G_b = 700w / m^2$
نصف قطر الكابل	$r_{bundle} = 0.03m$
قطر المجمع الشمسي	$D_a = 1.04m$
انعكاسية المرآة للمجمع الشمسي	$\rho = 0.85$
قرينة انكسار الغلاف	$n_2 = 1.3$
معامل الحمل الحراري لسطح المقطع الأمامي	$hw / m^2.k$

الملحق (ج) ثوابت معادلة سيليمير لأنواع الزجاج المستخدم [19]:

الزجاج	A1	A2	A3	C1	C2	C3
51.3%SiO <sub>2</sub> 48.7%GeO <sub>2</sub>	0.796468	0.71815848	0.358924	0.094359	0.093386	5.999652
%go <sub>2</sub>	0.80686642	0.71815848	0.85416851	0.068972606	0.15396605	11.841931
%86.5%SiO <sub>2</sub> 13.5%GeO <sub>2</sub>	0.711040	0.451885	0.704048	0.0642700	0.129408	9.425478
%SiO <sub>2</sub>	0.696749	0.408218	0.890815	0.0690660	0.115662	9.900559
%3.1GeO <sub>2</sub> 96.6%SiO <sub>2</sub>	0.7028554	0.1446307	0.8974540	0.0727723	0.1143085	9.896161
%9.1GeO <sub>2</sub> /90.9SiO <sub>2</sub>	0.695790	0.452497	0.712513	0.061568	0.119921	8.656641

شيفرات البرامج المستخدمة في المذكرة:

```

%%Tin=flambda
%%Tin=F(Gb)
%%86.5%SiO2-13.5%Geo2
a1=0.711040;
a2=0.451885;
a3=0.704048;
C1=0.0642700;
c2 =0.129408;
C3=9.425478;
lambda=0.4:0.01:0.800;
nc1 =sqrt(1 + (a1./(1-C1./lambda.^2)) + (a2./(1-c2./lambda.^2)) + (a3./(1- C3./lambda.^2)));
Rbundle= 0.03;
P= 0.85;
Da= 1.04;
h=10;
thetamax = 40.69;
Aa=3.14*((Da*Da)/4);
f=power(sind(thetamax),2)/(4*power(tand(thetamax/2),2));
Cmax=(power(sind(thetamax),2)*power(cosd(thetamax+0.267),2))/(power(sind(0.267),2));
Abundle=3.14*Rbundle*Rbundle;
Qin=P*f*Cmax*Abundle*((nc1-1)/(nc1+1).^2);
x=350:50:1000;
Tin1=308+((Qin*x)./h);
plot(x,Tin1,'-r','linewidth',2,'MarkerEdgeColor','k')
xlabel('solar ray Gb (w/m²)')
ylabel('temparature Tin=F(gb) k')
legend('86.5%SiO2-13.5%Geo2')
grid
%%51.3%SiO2-48.7%Geo2
s1=0.796468;
s2=0.497614;
s3=0.358924;
d1=0.094359;
d2 =0.093386;
d3=5.999652;
lambda2=0.4:0.030769:0.800;
nc3=sqrt(1 + (s1./(1-d1./lambda2.^2)) + (s2./(1-d2./lambda2.^2)) + (s3./(1- d3./lambda2.^2)));
Qin2=P*f*Cmax*Abundle*((nc3-1)/(nc3+1).^2);
x2=350:50:1000;
Tin2=308+((Qin2*x2)./h);
disp(lambda2)
disp(Tin2)
figure(2)
plot(x2,Tin2,'-b','linewidth',2,'MarkerEdgeColor','k')
xlabel('solar ray Gb (w/m²)')
ylabel('temparature Tin=F(gb) k')
grid
legend('51.3%SiO2-48.7%Geo2')
figure(3)
plot(lambda2,Tin2,'--om','linewidth',2,'MarkerEdgeColor','k')
legend('51.3%SiO2-48.7%Geo2')
xlabel('wave length µm')
ylabel('temparature Tin=F(gb) k')
grid

%%calculer refractive index with selleier equation
%%SiO2
a1=0.696749;
a2=0.408218;
a3=0.890815;
C1=0.0690660;
c2 =0.115662;
C3=9.900559;
lambda=0.45:0.01:0.800;
nc1 =sqrt(1 + (a1./(1-C1./lambda.^2)) + (a2./(1-c2./lambda.^2)) + (a3./(1- C3./lambda.^2)));
figure(1)
plot(lambda,nc1,'--b','linewidth',2,'MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','w')
xlabel('wave length µm')
ylabel('refracted index')
legend('SiO2')
grid
%%go2
s1=0.80686642;
s2=0.71815848;
s3=0.85416851;

```

```

d1=0.068972606;
d2 =0.15396605;
d3=11.841931;
lambda=0.45:0.01:0.800;
nc3=sqrt(1 + (s1./(1-d1./lambda.^2)) + (s2./(1-d2./lambda.^2)) + (s3./(1- d3./lambda.^2)));
figure(2)
plot(lambda,nc3,'-r','linewidth',2,'MarkerEdgeColor','b','MarkerFaceColor','b')
xlabel('wave length μm')
ylabel('refracted index')
grid
legend('Geo2')
%%86.5%SiO2-13.5%Geo2
b1=0.711040;
b2=0.451885;
b3=0.704048;
k1=0.0642700;
k2 =0.129408;
k3=9.425478;
lambda=0.45:0.01:0.800;
nc2 =sqrt(1 + (b1./(1-k1./lambda.^2)) + (b2./(1-k2./lambda.^2)) + (b3./(1- k3./lambda.^2)));
figure(3)
plot(lambda,nc2,'-b','linewidth',2,'MarkerEdgeColor','r','MarkerFaceColor','y')
legend('86.5%SiO2-13.5%Geo2')
xlabel('wave length μm')
ylabel('refracted index')
grid

%%fiber gradian indice
%%sellmeier

%%51.3%SiO2-48.7%Geo2
d = input('enter the diameter of core in micrometer =');
d = d*1000; %converting micrometer to nanometer
n2 = input ('enter the index of cladding =');
alpha = input ('enter profile parameter =');
b1=0.796468;
b2=0.497614;
b3=0.358924;
k1=0.094359;
k2 =0.093386;
k3=5.999652;
for j=450:50:1800

nc2=sqrt(1 +(b1./(1-k1./(j./1000).^2)) + (b2./(1-k2./(j./1000).^2)) + (b3./(1- k3./(j./1000).^2)));
if(nc2>n2)
nlaxis=nc2;
thetacri=(n2/nc2);
a = d/2;
del = ((nlaxis.^2)-(n2.^2))/(2*(nlaxis.^2));
NAaxis = (((nlaxis).^2)-(n2.^2)).^(1/2);
R = 0:1:a;
nlr = nlaxis;
NA = NAaxis;
Vnumber = 2*3.14*d*NA./j;
if(le(NA,1))
theta = asind(NA);
l = a+1;
for i = R (1, 2): R(1,1)
nlr = [nlr, nlaxis*((1-(2*del*((i/a) ^alpha))) ^ (1/2))];
NA = [NA, NAaxis*((1- (i/a) ^alpha) ^ (1/2))];
theta=[theta,asind(NAaxis*((1- (i/a) ^alpha) ^ (1/2)))]];
thetacri=[thetacri,asind(n2/(nlaxis*((1-(2*del*((i/a) ^alpha))) ^ (1/2)))]];
Vnumber=[Vnumber,2*3.14*d*(NAaxis*((1- (i/a) ^alpha) ^ (1/2)))./j];
end
%%plot n=f(lambda,r)
figure(1);
plot(R,nlr,'m','linewidth',0.5)
title ('refractive index in graded index fiber');
xlabel ('radius (nm) ---->');
ylabel ('refractive index (unitless) ---->');
hold on
grid
%%plot ouverture numérique
figure(2);
plot(R, NA,'b','linewidth',0.5);
title ('Numerical Aperture in graded index NA=f(lambda,R)');

```

```

xlabel ('radius (nm) ---->');
ylabel ('numerical aperture ---->');
hold on
grid
%%plot n=f(labda,R=0)
figure(3)
plot(j,nc2,'-b','linewidth',0.5,'MarkerEdgeColor','r','MarkerFaceColor','y')
legend('86.5%SiO2-13.5%Geo2')
xlabel('radius in nm')
ylabel('refractiv index')
title('n=F(lambda,R)')
hold on
grid
%%plot acceptance angle
figure(4)
plot(R,theta,'linewidth',0.5)
xlabel('radius in nm')
ylabel('angle acceptanc ')
title('theta=F(lambda,R)')
hold on
grid
%%plot thetacritique
figure(5)
plot(R,thetacri,'-r','linewidth',0.05)
xlabel('radius in nm')
ylabel('theta critique')
title('thetacr=F(lambda,R)')
hold on
grid
%%plot v number
figure(6)
plot(R,Vnumber)
xlabel('radius in nm')
ylabel('V number')
title('v=F(lambda,R)')
hold on
grid
end
end
grid
end

```

## المخلص:

نحن بحاجة ماسة إلى الطاقة التي تعد مفتاح التنمية الاقتصادية والاجتماعية في العالم، فالاستنزاف المتزايد للطاقة الأحفورية بات مشكلا بحد ذاته من كافة الجوانب.

وتأتي دراستنا في هذه المذكرة حول استغلال مصدر الطاقة البديلة بطرق حديثة فمن أهم المشاكل التي يلقاها الذين يريدون استغلال الإشعاع الشمسي للإضاءة أو الاستخدام في الأماكن المعزولة هو نقل هذا الإشعاع لهذه الأماكن.

وكانت الألياف البصرية من هذه الوسائل محل دراستنا، حيث قمنا في هذه المذكرة بالمحاكاة العددية لأهم الظواهر الحادثة على مستوى الليف العتبي والتدرجي، فمن أجل نسب تراكيز مختلفة لأكسيد السيلسيوم المطعم بأكسيد الجرمانيوم تحصلنا على منحنيات تغير الفتحة العددية بدلالة الأطوال الموجية للإشعاع الشمسي، بالإضافة لتغير درجات حرارة سطح مقطعها. استطعنا في نهاية هذا البحث تحديد أهم المميزات التي يجب أن تتوفر في الليف المستعمل للإضاءة أو التسخين. الكلمات المفتاحية:

فتحة عددية، إشعاع شمسي، محاكاة عددية، إضاءة بالألياف البصرية، تطعيم، أكسيد السيلسيوم وأكسيد الجرمانيوم.

## Le résumé :

**On est besoin à une énergie comme une clé de développement économique est social dans le monde, le gaspillage croissant de l'énergie incitative est devenue un problème en soit même de tous les côtés.**

**Notre étude dans ce mémoire est la façon d'exploiter les ressources de l'énergie propre avec un minimum de difficultés que trouvent les personnes qui valent exploiter cette énergie à savoir le rayonnement du soleil en éclairage ou pour utiliser dan endroits isolés.**

**Les fibres optiques également est sujet de notre étude aussi, on a but dans ce mémoire par simulation numérique aux phénomène qui se produit au niveau des fibres optique a saut d'indice et Fibre à gradient d'indice, pour des différentes proportions de dopage silicium avec l'oxyde de germanium, on a obtenu des courbes des variations de l'ouverture numérique en fonction des longueur d'onde des rayonnements solaire et au variation de la température des surfaces des fibres. En fini, on a déterminé les caractéristiques qu'il dans les fibres utilisées en lumière et en échauffement.**

**Mots clé : fibres optique a saut d'indice et à gradient d'indice, dopage silicium, ouverture numérique, simulation numérique, l'oxyde de germanium.**

## Abstract

**We really need energy which is verry important for all, it is the key of the economie and social improvement in the world, waisting of this force makes a big problem for evry thing thesis consists exactly in using the principal source of substitute energy, through modern ways, the greatest difficulties that people who want to use the sun rays for luminosity or using then in isolated areas are the transfer of this luminosity to these areas.**

**The optical fiber are of studies then we stained our thesis writhe a large speech that contained in graded index fiber and step index fiber.**

**For the percentage concentration of silicium oxide doping with germanium oxide we get curves that are able to change the numerical aperture by oriental lengths of sun rays and change of het degree of fibers, we could at the end of this thesis limit that the most important specialities that may be plenty in fibers that are used for lighting and heating.**

**Key -word: graded index fiber, step index fiber, doping, sun rays, the numerical aperture, germanium oxide.**