جمهورية العراق

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابل

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

عنوان البحث

دراسة العوامل المؤثرة على عدد الأنماط للضوء المنتقلة خلال الليف البصري

بحث مقدم إلى كلية التربية للعلوم الصرفة قسم الفيزياء

وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في الفيزياء

مقدم من قبل الطالبة

زينب عبد فاضل

بإشراف

أ.د. زيد عبد الزهرة

1444 هـ

2023 م

(أَلَمْ ترَ أَنَّ اللَّهَ أَنزَلَ مِنَ السَّمَاء مَاء فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثمَرَاتٍ مُّخْتلِفًا أَلْوَانهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بيضٌ وَحُمْرٌ مُّخْتلِفٌ أَلْوَانهَا وَغَرَابيبُ سُودٌ، وَمِنَ النَّاسِ وَالدَّوَابِ وَالْأَنْعَامِ مُخْتلِفٌ أَلْوَانهُ كَذلِكَ إِنّمَا يخَشَى اللَّهَ مِنْ عِبَادِهِ الْعلُمَاء إِنَّ اللَّهَ عَزِيزٌ غَفوُرٌ)

[فاطر: 27]

ا

الشكر والتقدير

الحمـدلله رب العـالمين والصـلاة والسـلام علـى سـيد المرسـلين محمـد صـلى الله عليه واله الطيبين الطاهرين.

لا يسـعنا بعـد الانتهـاء مـن اعـداد هـذا البحـث ألا نتقـدم بجزيـل الشـكر وعطيـة الامتنان الى الدكتور **زيد عبد الزهرة** .

الـذي تفضـل بالاشـراف علـى هـذا البحـث حيـث قـدم الـي كـل النصـح والإرشـاد طيلـة فترة الاعداد فله مني كل الشكر والتقدير.

كمـا لا يفوتنـا ان نتقـدم بجزيـل الشـكر والعرفـان الـى كـل مـن سـاعدنا وسـهل مهمتنـا في انجاز هذا البحث ولهم منا كل الشكر والتقدير.

الاهداء

الـى مـن رافقتنـي الطافـه فـي مسـيرتي هـذه وفـي كـل ايـام حيـاتي امـامي وصـاحب زمـاني الامام القائم (**الحجة ابن الحسن**) عجل الله فرجه الشريف .

إلى من أفْضِلها على نفسي، ولِمَ لا ؟!

فلقد ضحَّت من أجلي ولم تدَّخر جُهدًا في سبيل إسعادي على الدَّوام **(أمِي الحبيبة)**

نسير فـي دروب الحيـاة، ويبقـى مـن يسُـيطر علـى أذهاننـا فـي كـل مسـلك نسـلكه صـاحب الوجه الطيب، والْأفعال الحسنة. فلم يبخل عليَّ طيلة حياته **(والدي العزيز)**.

إلـى جميـع مـن وقفـوا بجـواري وسـاعدوني بكـل مـا يملكونـون ومـنهم اختـي الغاليـه (اسـيا عبـد) ورفيقـاتي فـي مشـواري الدراسـي (فاطمـه عبـاس ورسـل علـي) ، وفـي أصـعدة كثيـرة أقـدِم لكـم هذا البحث، وأتمنىَّ أن يحوز على رضاكم .

الخلاصه

بعد التوكل على الله فقد اتممنا بحثنا المكون من ثلاثة اجزاء اي(ثلاث فصول) حيث تكلمنا في "الفصل الاول " عن النظرة التاريخيه للالياف البصريه وكذالك وضحنا مراحل تطورها والالياف البصرية وثروة الاتصالات اضافة الى ذالك بينا مكونات الليف البصري حيث قلنا انه يتكون من ثلاثة اجزاء الي القلب والعاكس والغطاء الواقي.

اما "الفصل الثاني " تكلمنا فيه عن انواع الالياف البصريه ومميزاتها ،وفسرنا كيفية انتقال الضوء خلال الليف البصري وكذالك مراحل انتقاله خلال الليف البصري ،ووضحنا مفهوم الزاويه الحرجه والانعكاس الداخلي الكلي والفتحه النفوذيه ،وعرفنا مقصود زاوية القبول اي انها الزاوية التي يجب على الشعاع الداخل ان يدخل بزاوية تساويها اول اقل منها .

اما "الفصل الثالث" فكان ختام البحث ناقشنا فيه النتائج والحسابات التي تخص ما ذكرناه في هذا البحث وتكلمنا في مايخص بحثنا هذا عن أنماط الانتشار .

ومن الله التوفيق .....

المحتويات

الموضوع	الصفحة
الفصل الأول	3-7
1-1 الالياف البصرية نظرة تاريخية	4
1-2 الالياف البصرية ومراحل تطورها	4-6
1-3 الالياف البصرية وثورة الاتصالات	6-7
1-4 مكونات الليف البصري	7
الفصل الثاني	8-19
2-1 انواع الالياف البصرية- Types of optical Fibers	9-10
2-2 مميزات الالياف البصرية - Advantages of Optical Fibers	11-13
2-3 كيفية انتقال الضوء في الالياف البصرية	13-14
2-4 مراحل انتقال الضوء عبر الليف البصري	14-19
الفصل الثالث	20-23
3-1 انماط الانتشار في الليف البصري (Fiber Mode)	21-23
المراجع	24

المقدمة العامة

قوله تعالى : (يُدَبِّرُ ٱلْأَمْرَ مِنَ السَّمَاءِ إِلَى ٱلْأَرْضِ ثُمَّ يَعْرُجُ إِلَيْهِ فِي يَوْمٍ

كَانَ مِقْدَارُهُ أَلْفَ سَنَةٍ مِمَّا تَعُدُّون [السجدة:5]

﴿ تَعْرجُ المَلَائكَةُ وَالروحُ إليهِ فِيَ يوْم كَانَ مِقْدَارهُ خَمسِينَ ألفَ سَنةٍ﴾.

[4:المعارج]

قد تحتوي هذه الآيات القرآنية إشارة إلى سرعة كونية أكبر بكثير من أعلى سرعة معروفة لدى البشرية في وقتنا الحاضر وهي سرعة الضوء، فنحن نعلم أن أبعد مجرة مكتشفة بحدود عشرين ألف مليون سنة ضوئية، أي أن الضوء يحتاج إلى عشرين ألف مليون سنة، وهذه المجرة هي دون السماء الدنيا

لأن كل ما نراه من مجرات هي زينة للسماء الدنيا لْن الله يقول: (وَزَيَّنَّاَ السَّمَاءَ الدُّنْيَا بِمَصَابِيحَ)[فصلت: 12]

إن الضوء يقطع في يوم واحد مسافة مقدارها: 25831347000 كيلو متر، وهذه المسافة ضمن حدود المجموعة الشمسية، ولذلك فإن سرعة الضوء غير كافية لعبور السماء الدنيا في يوم واحد ولابد من وجود سرعة أعلى من سرعة الضوء بكثير، وهذا ما يعتقده بعض العلماء اليوم.

كل هذه البحوث العلمية والدراسات والاكتشافات الحديث عنها الآن سابق لْأوانه، فهي لازالت طور البحث والدراسة والتجربة والتفسير.

أما في عصرنا هذا ومنذ ان خلق الله الْرض ومن عليها بنعمة الضوء فهو يستخدم للاتصال فبدونه لا يمكن أن نرى من حولنا.

وقد استخدمت الإشارات والمرايا العاكسة والمصابيح لنقل المعلومات ولكن مقدار المعلومات المنقولة محدود ويمكن للآخرين الاطلاع عليها علاوة على التأثير السلبي للظروف البيئية.

وقد جرت محاولات عديدة لنقل المعلومات بواسطة الإشارات بعضها نجح وأخرى لم تحضى بالنجاح الملموس، وذلك من عام 1791 وحتى عام 1970 إذا تم تصنيع ألياف

بصـرية مصـنعة مـن مـادة السـيليكا وبفقـد 20 ديسـبل لكـل كيلـو متـر بـدل 1000 ديسـبل لكـل كيلـو متـر ، وفـي غضـون 10 سـنوات تـم تصـنيع أليـاف بصـرية بفقـد 20 ديسـبل لكـل كيلـو متـر عند الطول الموجي 1550 نانو متر.

ومنـذ أكثـر مـن 25 سـنة بـدأ اسـتخدام وتطبيـق الأليـاف البصـرية كخطـوط إتصـال ممـا مهد لحصول ثورة في عالم الاتصالات بالنظر لحجم البيانات المنقولة وسرعة نقلها.

الفصل الأول

1.1: الألياف البصرية (Optical Fibers) نظرة تاريخية :

لقد استخدم الضوء للاتصال منذ أن خلق الله الأرض ومن عليها فبدونه لا يمكن أن نرى من حولنا وقد استخدمت الاشارات والمرايا العاكسة والمصابيح لنقل المعلومات ولكن مقدار المعلومات المنقولة محدودة ويمكن للأخرين الاطلاع عليها علاوة على التأثير السلبي للظروف البيئية. إن أول محاولة فعلية مدونه لاستخدام الاشارات كان عام 1791من قبل كلود شابي في فرنسا ، إذا استخدم مجموعة من الابراج تحتوي على عدة أذرع لنقل معلومات مسافة 200كليو متر يستغرق ارسال المعلومة الواحدة حوالي 15دقيقة.

في عام 1854م أجرى جون تايندل تجربة بسيطة بين أن الضوء يمكن ثنية إذا وجد الوسط الملائم وفي عام 1880م قام الكسندر جر اهام بل بنقل الصوت عبر حزمة ضوئية وقد أجريت محاولات عديدة لاستخدام الاتصالات البصرية خلال هذا القرن ولكنها لم تلق النجاح لعدم توفر المنابع المناسبة علاوة على الاضطرابات الجوية كالمطر والثلج والغبار والضباب مما حد من امكانية استخدامها . أدي اكتشاف الليزر عام 1960من قبل ثيودور ميمان الى تجدد الاهتمام بالاتصالات البصرية وفي عام 1966م اقترح كل من تشارس كاو وجورج هوكام تصنيع الياف زجاجية قليلة الفقد وفي عام 1970م تم تصنيع الياف بصرية مصنعة من مادة السليكا وبفقد 20ديسيبل لكل كيلو متر بدلا من 1000ديسيبل لكل كيلومتر قبل ذلك الوقت . وفي غضون عشر سنوات ، تم تصنيع الياف بفقد يصل الى 20,. ديسيبل لكل كيلومتر عند الطول الموجي 1550نانومتر .

2.1: الليف البصري ومراحل تطوره :

منذ أكثر من 25عاما بدأ استخدام و تطبيق الالياف البصرية كخطوط اتصال مما مهد لحصول ثورة في عالم الاتصالات من حيث الكم الهائل للمعلومات و التي أصبح بالإمكان نقلها عبر هذه الخطوط لمسافات طويلة و بنوعية عالية الجودة .

لقد كانت فكرة استخدام الضوء كوسيلة للاتصال قديمة جدًاً عندما (Photo phone) وذلك من أجل إرسال الصوت عبر الضوء.بعد ذلك بدأت محاولات إرسال الضوءعبر

الفراغ المحيط بنا منذ اختراع و تصنيع الليزر في العام1958 و التي كانت تتطلب عدم وجود عوائق ومدى رؤيا مستقيم.

في العام 1970 كانت البدايات الفعلية لمحاولة إرسال الضوء عبر ألياف زجاجية ذات معدل توهين أقل من B/km 20 وفي نطاق معامل التجارب ، بعد ذلك توالت الأبحاث لتطوير إنتاج ألياف بصرية من الزجاج النقي و بمعدلات توهين أقل حيث تمكنت في أواسط السبعينيات من القرن الماضي شركة Corning Inc من تصنيع كيبلات بصرية وطرحها في الأسواق التجارية.لقد جاء تطوير وتصنيع الألياف البصرية على مراحل ،حيث كانت في المرحلة الأولى تعمل علي الطول الموجي nm 850 والتي سميت النافذة الأولى (First Window) بمعدل توهين لغاية dB/Km 3 و الذي كان إنجاز عظيماً في وقته.

انتقلت الشركات المصنعة إلى النافذة التالية(Second Window)حيث تم تصنيع ألياف بصرية تعمل على الطول الموجي 1300nm بمعدل توهين إلى حوالي 0.5. dB/Km في نهاية العام 1977 قامت شركة (NTT) بالانتقال إلي النافذة الثالثة (Third Window) وذلك باستخدام الطول الموجي nm 1550حيث أمكن الحصول على ألياف زجاجية بمعدل توهين حوالي Db/Km 0.2 و الذي يعتبر نظريا أقل حد ممكن لقيمة الفقد في الليف زجاجية.

في السنوات الحالية جميع الأطوال الموجية السابقة الذكر تصنع و تعمل في معظم دول العالم إن لم يكن جميعها. لقد بدأ التطبيق و الاستخدام الفعلي لأنظمة الاتصالات البصرية في بداية السبعينيات من القرن الماضي و ذلك من قبل القوات المسلحة الأمريكية حيث تم تركيب كيبل بصري لنقل المكالمات الهاتفية تبعه مشروع القوات الجوية (Airborne Light Optical Fiber Technology) في العام 1976 توالت بعد ذلك الاستخدامات التجارية حيث قامت شركتا(AT&Tو GTE) في العام 1977 بإنشاء و تركيب أنظمة اتصالات بصرية في كل من شيكاغو و بوسطن.

بعد ذلك قامت شركة (Bell) في العام 1980 بانتشار و تركيب نظام اتصال بصري بطول 611 ميل وذلك في شمال الولايات المتحدة الأمريكية. لقد كان تصنيع الالياف أحادية النمط في بداية الثمانينات من القرن الماضي بمثابة نقلة نوعية في الاتصالات بعيدة المدى حيث كانت وما زالت تعمل على الطول الموجي nm 1300أو nm 1550 أصبحت

. بدون منافس من حيث مسافة وسعة الارسال لقد توالت الأبحاث و الابتكارات في مجال زيادة سعة الارسال للف البصري و الوصول إلى مسافات إرسال خيالية ، حيث تم تطوير تقنية تجميع القنوات باستخدام التقسيم الطول موجي (WDM) كذلك طريقة ما يسمى (Sol tons Transmission) حيث قامت شركة(Bell Labs) في العام 1990 بتجربة إرسال 2.5 Gbit/s لمسافة 7500 Km مستخدمة المكبرات الضوئية من نوع (EDFA) بدون الحاجة لمحطات التقوية و إعادة البث (Regenerators).

بعد ذلك و في العام 1998كانت هنالك تجربة إرسال 100قناة اتصال عبر ليف بصري واحد لمسافة 400 Km(كل قناة على سرعة 10 Gbit/s) حيث استخدمت تقنية (WDM) المضغوطة و التي أصبحت تعرف (Dense Wavelength – Division Multiplexing) أو اختصاراً (DWDM) .

3.1: الألياف البصرية (Optical Fibers) وثورة الأتصالات :

انتقلت اتصالات الألياف البصرية (Optical Fibers) من أنظمة بسيطة لإيصال الضوء الى أماكن يصعب الوصول اليها الى أنظمة تؤثر على حياتنا كالتي أحدثتها الإلكترونيات والحاسبات.تمتلك الألياف البصرية مزايا عديده ،

(telexing) – (WDM) (Wavelength Division Mull) تمكن الباحثون من تطعيم الألياف الزجاجية بمادة الأربيوم (.Er) مما أعطى دفعة قوية لاستخدام أنظمة الالياف البصرية عند الطول الموجي 1550نانومتر أدى ذلك التطعيم للحصول على مضخمات ذات كسب مرتفع اطلق عليها مضخمات الليف المطعم بالأربيوم
(Erbium).(EDFA’s)(FiberAmplifiers) (Doped والتي وجدت استخداما واسعاً في خطوط النقل ولم يقتصر استخدام الألياف المطعمة بمادة الأربيوم على المضخات فحسب بل تعداها لتشمل استخدام الليزر والمفاتيح وكثير من النبائط غير الخطية.

كما أن مضخمات (EDFA’s) قد مهدت الطريق لأنظمة اتصالات سريعة وبروز أنظمة نقل تعتمد على استخدام نبضات طبيعية (Sol tons) والتي تمكنها من قطع مسافات طويلة دون تشوه.

أدت هذه التطورات السريعة الى شيوع استخدام أنظمة الاتصالات الليفية البصرية في كافة مجالات الاتصالات بدءاً من الوصلات للمستخدم حتى الاتصالات بعيدة المدى سواء في اليابسة أو عبر البحار. والألياف البصرية هي ألياف مصنوعة من الزجاج النقي طويلة ورفيعة لا يتعدى سمكها سمك الشعرة يجمع العديد من هذه الألياف في حزم داخل الكيبلات البصرية وتستخدم في نقل الإشارات الضوئية لمسافات بعيدة جداً.

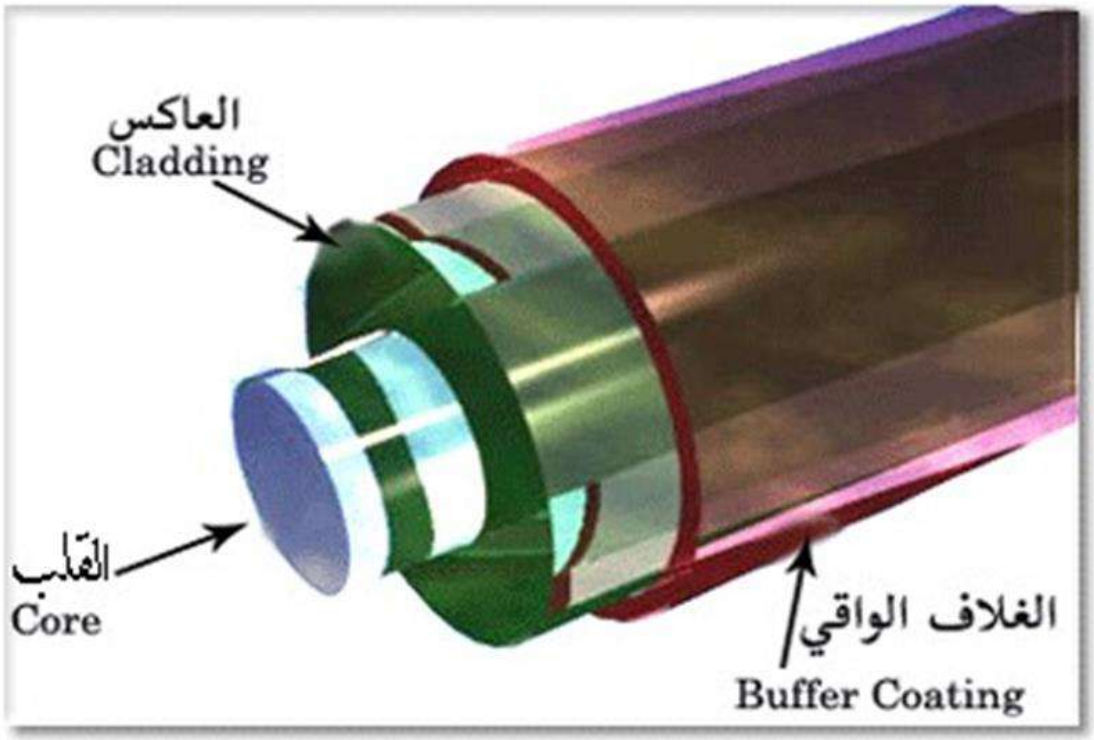
4.1: مكونات الليف البصري :

يتكون الليف البصري من ثلاثة أجزاء رئيسية وهي كالآتي:.

1.4.1: القلب (Core) وهو عبارة عن زجاج رفيع ينتقل فيه الضوء.

2.4.1: العاكس (Cladding): مادة تحيط باللب الزجاجي وتعمل على عكس الضوء مرة أخرى إلى مركز الليف البصري.

3.4.1: الغطاء الواقي (Buffer-coating):- غلاف بلاستيكي يحمي الليف البصري من الرطوبة ويحميه من الضرر و الكسر.



الشكل (1.1) مكونات الليف البصري.

الفصل الثانـي

1.2:أنواع الألياف البصرية .– Types of Optical Fibers

تصنف الألياف البصرية الى ثلاثة أنواع تبعاً لأنماطها وتركيبها وهي كما يلي:.

1.1.2: ألياف متعددة النمط وبمعامل انكسار عتبي :

Multimode Step Index Fibers

يتألف الليف البصري من جزئيين أساسيين هما لب الليف والذي يشغل مركز الليف يحيط به كساء يضاف لذلك طبقة واقية تسمى الغلاف يصنع هذا النوع من الألياف البصرية من عناصر مختلفة من الزجاج ومركباته أو من السليكا .

2.1.2: ألياف متعددة النمط وبمعامل انكسار متدرج :

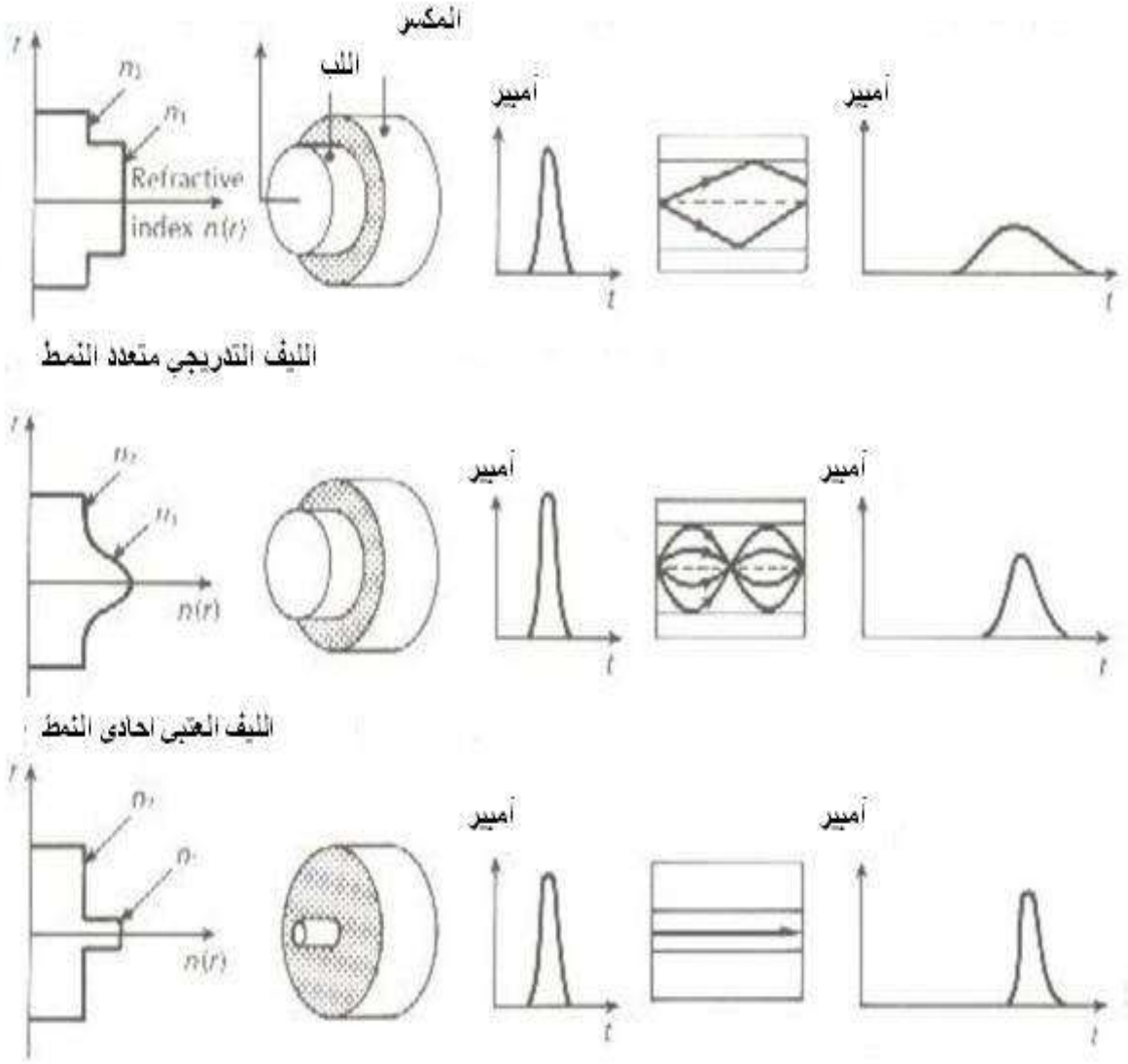
(Multimode Graded index Fibers).

معامل انكسار هذه الألياف متدرج إذ تبلغ أعلى قيمة له في مركز الليف وتقل قيمة معامل الانكسار بصفة تدريجية كلما اتجهنا نحو الكساء حيث تكون قيمة معامل الانكسار ثابتة ويصنع هذا النوع من الألياف من عدد من العناصر الزجاجي أو السليكا المطعمة. .إن أداء الألياف متعددة النمط ومتدرجة معامل الانكسار يتفوق على أداء الألياف متعددة النمط ذات معامل الانكسار العتبي نظراً لتدرج معامل الانكسار وقلة التوهين فيها غير أن قطر اللب في الألياف متعددة النمط ومتدرجة معامل الانكسار أقل من قطر اللب في الألياف متعددة النمط ذات معامل الانكسار العتبي وتستخدم للمسافات المتوسطة وعرض نطاق متوسط عالي .

3.1.2:ألياف أحادية النمط (Single Mode Fibers)

قد يكون معامل انكسار الليف متعدد النمط متدرج أو عتبي ولكن معظم الألياف أحادية النمط الموجودة حالياً ذات معامل انكسار عتبي. تتميز الألياف أحادية النمط بنوعيتها الممتازة كما أن عرض النطاق فيها كبير وتستعمل للمسافات الطويلة وتصنع من مادة السليكا المطعمة .

ولـو أن قطـر اللـب صـغير جـداً إلا أن قطـر الكسـاء يبلـغ أضـعاف قطـر اللـب وذلـك للتقليـل مـن نسـبة الفقد مـن الموجـات المضـمحلة (evanescent) التي تمتد داخل الكساء كما في الاشكال الموضحه ادناه .



الشـكل (1.2) توضـيخ اتسـاع النـبض النـاتج عـن انتشـار الضـوء فـي كلا من الليف احادي النمط ومتعدد النمط.

2.2:مميزات الألياف البصرية (.Advantages of Optical Fibers)

للألياف البصرية مزايا عديدة جعلتها تتفوق على النظم الأخرى المستخدمة في مجال الاتصالات ومن هذه المميزات أنعرض طاقها عالي جداً، قطرها صغير و وزنها خفيف , لا يوجد تداخل بينها مهما قربت المسافة بينهما, لا تثأثر بالحث أو التداخل الكهرومغناطيسي, انخفاض في سعر تكلفة المكالمات, أكثر أماناً و سلامة, حياتها طويلة, تتحمل درجات حرارة عالية ولا تثأثر بالمواد.

1.2.2: إن عرض النطاق المرتفع جدا يعني إمكانية نقل معلومات عالية جدا بواسطة ليفه بصرية واحدة. وقد تكون هذه المعلومات صور تلفزيونية أو مكالمات هاتفية أو معلومات للحواسيب أو مزيج منها. وقد تم تشغيل خطوط نقل معلومات بمعدل 10جيجابت لكل ثانية مثل(SEA-ME-WE3,FLAG) وإلابحاث مستمرة في أنحاء العالم للحصول على أنظمة تعمل بمعدل معلومات أعلى ولمسافة أطول وقد أجريت تجارب لنقل 2,64 تيرابت لكل ثانية بنظام صية لمسافة 120كم مستخدمين الياف أحادية النمط . من الناحية النظرية فإن عرض نطاق ليفه بصرية واحدة في حدود 10جيجاهرتز ، فلو فرضنا أن المسافة بين المكررات تبلغ 100كم وبإمكاننا أن نضع مجموعة منها ضمن كابل واحد. وهذا بالطبع يعني منبعا لا ينضب من وسائل نقل المعلومات ويتناسب عرض النطاق تناسب طردياً مع أعلى معدل لنقل المعلومات أو سعة نقل المعلومات .

2.2.2: قطرها صغير ووزنها خفيف ، يبلغ سمك الليفة البصرية سمك الشعرة وعلى الرغم من أن هناك طبقات واقية توضع فوقها إلانها لاتزال أقل حجما ووزنا من الاسلاك الهاتفية أو المحورية ومثالاً على ذلك أن ليف بصري بقطر يبلغ 125مايكرومتر ضمن كابل يبلغ قطرة 6 ملم يمكن له أن يحل محل كابل هاتفي قطرة 8سم. ويحتوي على 900 زوج من الخطوط السلكية النحاسية وهذا يعني أن الحجم قد أنخفض بنسبة تزيد عن 1:10

وكمثال آخر على صغر حجم الكابلات البصرية فإن كابلات محورية بطول 230 متر وقطر 46 سم وتزن 7 طن كانت تستخدم في نظام رادار متقدم على ظهر أحد السفن تم استبدالها بكابلات بصرية تزن 18كغم وقطرها 2,5سم. مما سبق يتضح لنا إمكانية إضافة كابلات بصرية في نفس مسارات الكبلات النحاسية والمحورية .

3.2.2: نلاحظ أحيانا عند إجراء محادثة هاتفية سماع أصوات محادثات هاتفية أخرى وهو ما يطلق علية باللغط(CROSSTALK) وهذا النوع من التداخل لايحدث عند استخدام الألياف البصرية مهما قربت المسافة بينهما.

4.2.2: تتمتع الألياف البصرية لكونها مصنعة من مواد عازلة (dielectrics)بعدم تأثرها بالحث الكهرومغناطيسي الصادر من مصادر الكهرومغناطيسية الصناعية كالمحركات والمولدات وأجهزة الكهربائية المختلفة أو الطبيعية كالبرق وتلك الخاصية تغنينا عن وضع مواد عازلة لحمايتها من الحث والتداخل.

5.2.2: تصنع معظم الألياف البصرية في وقتنا الحاضر من مادة السليكا والموجودة بكثرة في الرمل والتي يقل سعرها كثيراً عن معدن النحاس الذي بدأ بنفذ في أماكن كثيرة من العالم فإن ثمن نقل المعلومات بأنواعها المختلفة سيقل عن الانظمة المختلفة الاخرى.

6.2.2: نظراً لأن الضوء هو الوسط الناقل للمعلومات في الألياف البصرية ولا يولد هذا الضوء أى مجال مغناطيسي خارج الكابل فإن من الصعوبة إمكانية التجسس ومعرفة المعلومات التي يحويها الكابل البصري كما أنه من الصعوبة معرفة وجود الكابل البصري بسبب المادة المصنع منها ولا يوجد جزء معدني إلافي بعض الحالات حيث تتم اضافة كابل فولاذي لتقوية الكابل البصري، أوتسليح معدني لحماية الكابل من القوارض والأحمال الخارجية .

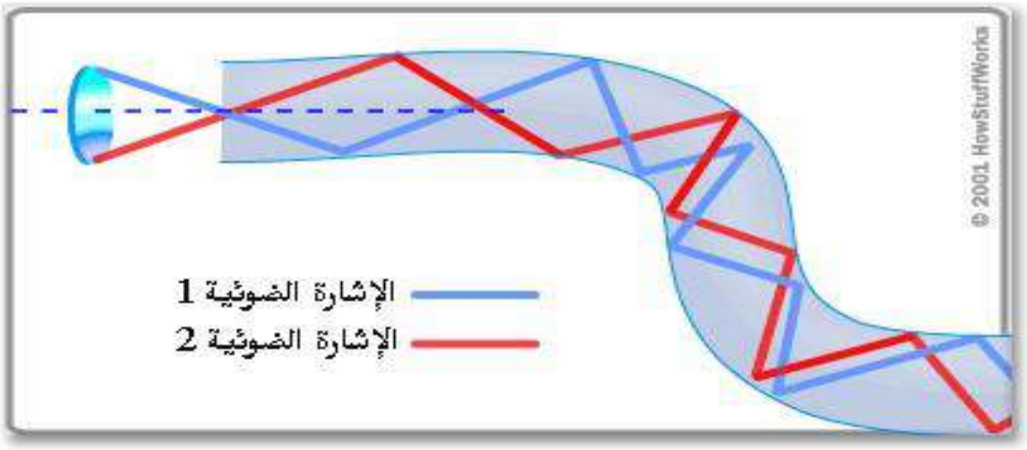
7.2.2: يتوقع أن يكون عمر الألياف البصرية في حدود 25عاماً مقارنة بخمس عشر عاماً للنظم الأخرى حيث أن المكونات الأساسية للألياف هي الزجاج والذي لا يصدأ على عكس النظم الأخرى والتي تحوي على معادن تتعرض للصدأ.

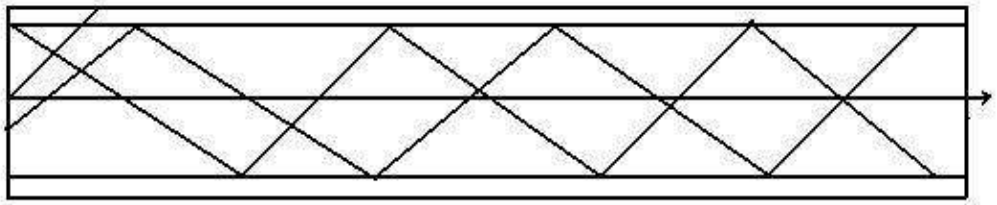
8.2.2: يمكن للزجاج أن يتعرض لدرجات حرارة متفاوتة من حيث الانخفاض والارتفاع كما يمكن استخدامه في أجواء تحتوي على مواد كيميائية مختلفة دون أن يتعرض للتلف.

9.2.2: وضعت المكررات(Repeaters)على مسافة 100كم بين مكرر وآخر وهذا يقلل من عدد المكررات وبالتالي من صيانة النظم كما يزيد من الاعتماد على النظام لقلة الأجهزة المستخدمة بينما المسافة بين المكررات في النظام الهاتفي المستخدم حالياً تتراوح بين 4 الى 6 كم.

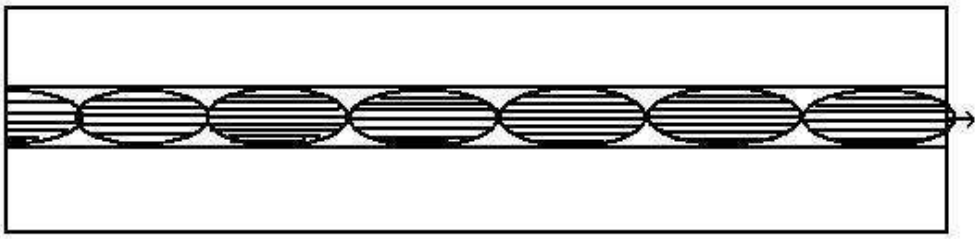
3.2:كيفية انتقال الضوء في الألياف البصرية.

تنتقل الإشارات الضوئية في الكيبلات البصرية خلال الليف الزجاجي الرفيع (Core) وذالك عن طريق الانعكاسات المتتالية للضوء والتي يحدثها العاكس (Cladding)المحيط بالقلب الزجاجي والذي يعمل كمرآة عاكسة للضوء ولأن العاكس لا يمتص الضوء الساقط عليه بل يقوم بعكسه إلى الداخل ،الأشكال التاليه توضيح انتقال الضوء في اليف البصري.

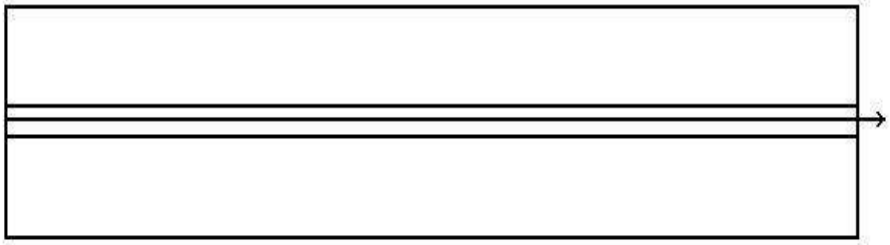




A النقل متعدد الحالة المتدرج



B النقل متعدد الحالة الفجائي



C وحيد الحالة

الأشكال (2.2) توضيح انتقال الضوء في اليف البصري.

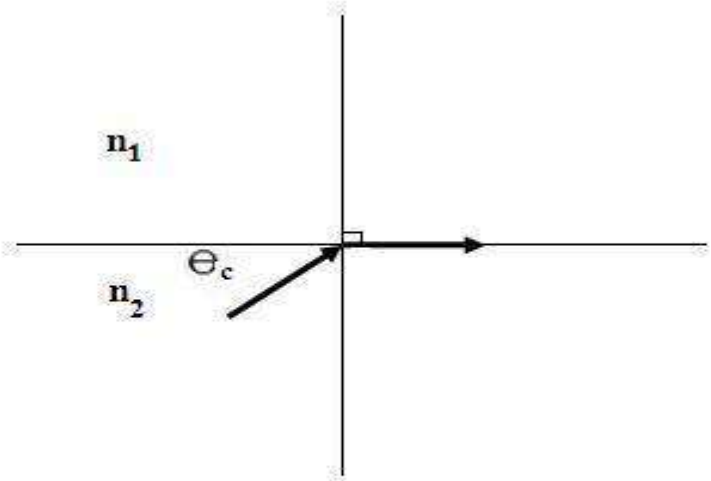
4.2:مراحل انتقال الضوء عبر اليف البصري :-

فيما يلي شرح لمراحل انتقال الضوء عبر الليف البصري ومن خلال زوايا انتقال محددة.

1.4.2:الزاوية الحرجة (Critical Angle) :

يتحـدد مفهـوم الزاويـة الحرجـة علـى النحـو التـالى: هـي عبـارة عـن الحالـة الخاصـة لقيمـة زاويـة سـقوط الشـعاع عنـدما تكـون زاويـة الانكسـار لـه تساوي 90°.

الشكل **(3.2)**حالة الزاوية الحرجة للسقوط.



حالة الزاوية الحرجة للسقوط

الرجـوع إلـى قـانون سـنل ، يمكننـا الحصـول علـى العلاقـة التاليـة لحسـاب الزاوية الحرجة θ_c

$$n_1.\sin\theta_1 = n_2.\sin\theta_2$$

$$n_1.\sin\theta_1 = n_2.\sin 90$$

$$n_1.\sin\theta_c = n_2$$

$$\sin\theta c = n2/\ n_1$$

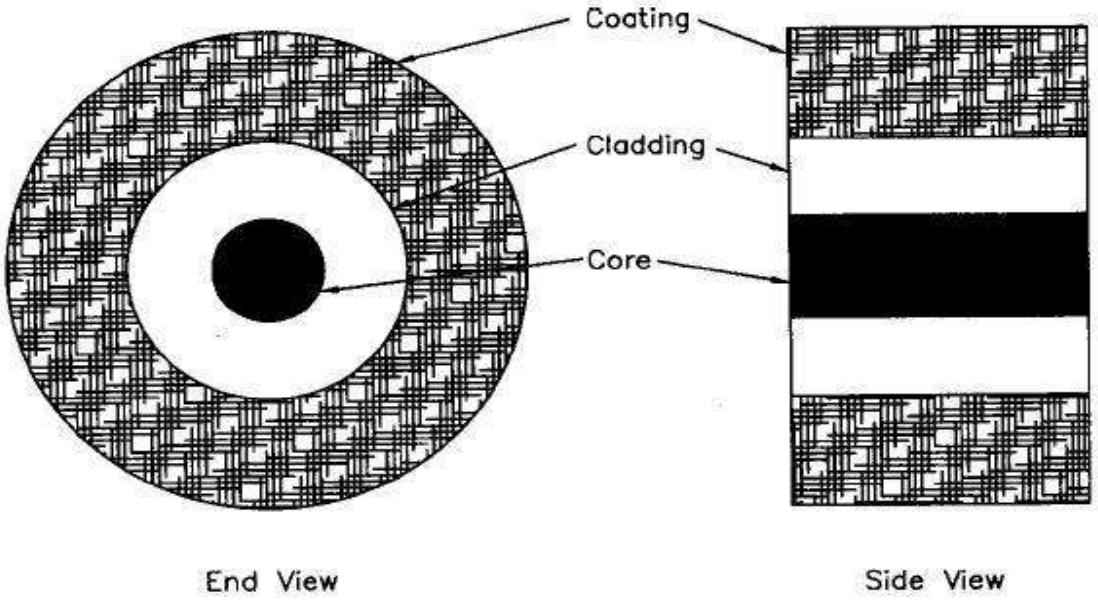
$$\theta_c = \sin^{-1}(n_2/\ n_1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

لأن جيـب أي زاويـة لا يمكـن أن يكـون اكبـر مـن 1 فـان n_2/n_1 دائمـا اصـغر أو تساوي 1وبتالي فإن : n_2 يجب ان تكون اصغر من n_1.

2.4.2: الانعكاس الكلي الداخلي . Total Internal Reflection.

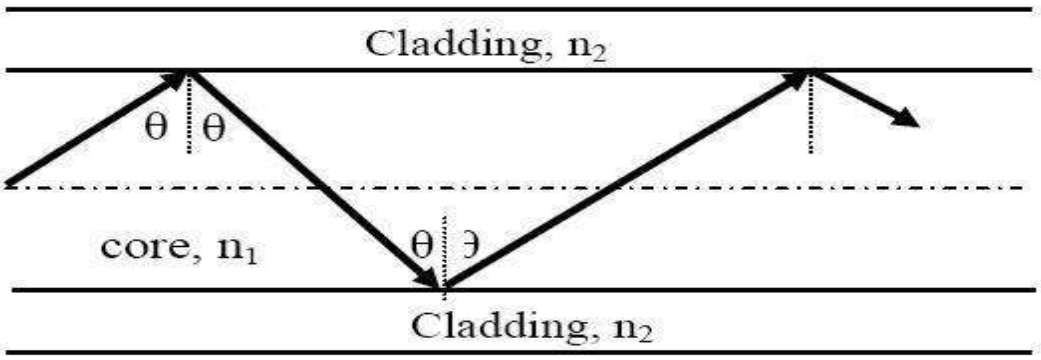
كما يتضح لنا من قانون سنل ، فإنه كلما تغيرت زاوية السقوط كلما رافقها تغير في زاوية الانكسار . فى كون زاوية السقوط اكبرمن الزاوية الحرج ($\theta 1 < \theta 2$) فان الضوء ينعكس بالكامل (لا يحدث انكسار) ، حيث تسمى هذه الظاهرة الانكسار الكلي الداخلي، حيث الشكل التالي

الشكل(4.2)توضح المقطع العرضي والجانبي لليف البصري .



المقطع العرضي والجانبي لليف البصري

لتوضيح عملية انتشار الضوء عبر الليف البصرى يمثل الشكل **(5.2)**انتقال الشعاع الضوئى بزاوية سقوط θحيث يكون الانتشار خلال لب الليف بالكامل وذلك طبقاً لمبدأ الانعكاس الكلي الداخلي .

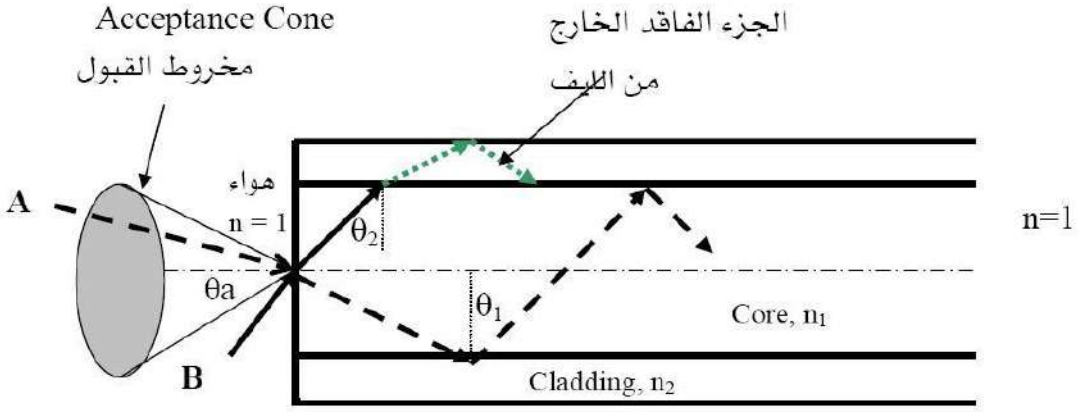


انتشار الشعاع الضوئي عبر الليف البصري

الشكل (5.2) يوضح انتشار الشعاع الضوئي عبر اليف البصري.

3.4.2: زاوية القبول (Acceptance Angle).

تعتبر زاوية القبول (θa) من القيم العددية التى يتوجب معرفتها عن الليف البصري و حتى يتضح المعنى المقصود بها نستعين بها بالشكل الموضح أدناه :



زاوية القبول عند إدخال الضوء إلى الليف البصري

الشكل (6.2) يوضح زاوية زاوية القبول عند ادخال الضوء الي اليف البصري.

كما يتضح من الشكل فان الشعاع A يدخل إلى الليف بزاوية أقل من الزاوية (θa) ويصل إلى الحد الفاصل بين اللب و المحيط بزاوية θ_c وبذالك يتتبع مساره عبر الليف بشكل صحيح (يحقق الانعكاس الكلي الداخلى) ويكون الفقد في هذه الحالة أقل ما يمكن يدخل الشعاع B الى الليف البصرى بزاوية أكبر من زاوية القبول (θ_a) حيث يصل إلى الحد الفاصل بين اللب و المحيط بزاوية أقل من θ_c وبذالك فان جزء منه ينكسر باتجاه المحيط و يخرج خارج الليف مما يتسبب فى فقد جزء من الضوء المنتشير وبذلك لا يمكن له ان يحقق الانعكاس الكلى الداخلي . من هنا يتضح معنى و مفهوم زاوية القبول بأنها الزاوية التي يجب على الشعاع الداخل إن يدخل بزاوية تساويها أو أقل منها حتى يتحقق الانعكاس الكلي وبتالي ينتشير عبر الليف بشكل صحيح وباقل فقد ممكن ، و في نفس الوقت ، فان الشعاع الداخل لليف بزاوية اكبر من زاوية القبول فان جزءا منه ينكسر عبر محيط الليف وبالتالى سوف يفقد وما تبقى منه ينعكس داخل الليف وهنا نحصل على انعكاس جزئي و ليس كلياً . لذالك حتى يتم إرسال الضوء لأطول مسافة ممكنه يجب مراعاة إدخال الضوء لليف θ_a.بزاوية لا يتجاوز قيمة فتحة النفوذ العددية Numerical Aperture .

4.4.2: هناك قيمة عددية أكثر شمولاً من زاوية القبول(θa) والتى تمثل أو تعبر عن العلاقة ما بين إدخال الضوء لليف بشكل صحيح ومعامل الانكسار لكل من لب الليف n_1 ومحيطه n_2 تسمى هذه القيمة أو العلاقة فتحة النفوذ العددية (N_A)والتى يمكن إيجادها من العلاقة التالية :

$$NA = n0.\sin\theta a = \sqrt{n^2_1 - n_2{}^2} \quad \ldots\ldots (4)$$

حيث ان n_0 ترمز إلى معامل الانكسار للوسط الفاصل عادةً ما يكون الهواء $n_0=1$ بين المصدر الضوئي و مقدمة الليف منها :

$$\theta_a = \sin^{-1} N_A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

يمكننا أيضاً التعبير عن (N_A) بدلالة الفرق النسبي Δ بين n_1 و n_2

$$N_A \approx n_1\sqrt{2\Delta} \quad \text{.....} (6)$$

حيث أن Δ تحسب وفق العلاقة التالية:

للتذكير فان: $\Delta = (n_1 - n_2) / 2\ n_1^2$ .....(7)

(θa) تأخذ قيم بين الصفر و 90

(N_A) بين الصفر و الواحد

Δ تكون عادة أقل بكثير من الواحد ($\Delta<1$)

فـى الواقـع العملـي عـادة مـا تسـتخدم العدسـات بـين المصـدر الضـوئي و مقدمـة الليـف للمسـاعدة فـي تجميـع الضـوء و تركيـزه بحيـث يسـهل إدخالـه الـى الليـف ، و بـنفس الطريقـة تسـتخدم العدسات لإيصال الضوء من مخرج الليف الى الكاشف الضوئي .

الفصل الثالث

1.3: أنماط الانتشار في الليف البصري (Fiber Modes) .

ينتشر الضوء عبر الليف البصرى على شكل عدد محدود من الحزم الضوئية (Beams) أو إشعاعات (Rays) وبزوايا معينة ذات قيم محددة .
تسمى هذه الإشعاعات أو الحزم الضوئية المختلفة بأنماط الانتشار (Propagation Modes) حيث يرتبط كل شعاع بنمط انتشار معين .

لذلك تستخدم الارقام الجانبية بجانب اسم النمط (Modes Index) لتميزها عن بعضها البعض حتى نتمكن من الحصول على هذه الأنماط المنتشيرة في هذه الألياف البصرية يجب استخدام النظرية الكهرومغناطيسية وتطبيق معادلات ماكسويل على حالة الليف البصري و إيجاد الحلول لها ، حيث يتطلب ذلك مستوى عالٍ من الرياضيات و نظرية الكهرومغناطيسية لذلك سنتعرف و بشكل مبسط وسريع على الأنواع الاساسية للأنماط المنتشيرة عبر الليف البصري وهي :

- أنماط كهربائية عرضية Transverse Electric Modes ويرمز لها بالرمز TE−modes
- أنماط مغناطيسية عرضية Transverse Magnetic Mode ويرمز لها بالرمز TE−mode

- أنماط هجينية (Hybrid) تحتوي المجالين الكهربائي والمغناطيسي من نوع HE
- أنماط هجينية (Hybrid) تحتوي المجالين الكهربائي والمغناطيسي من نوع EH

و كمثال على طريقة تسمية أنماط الأنتشار : HE11, EH12 , TE01 , TM02

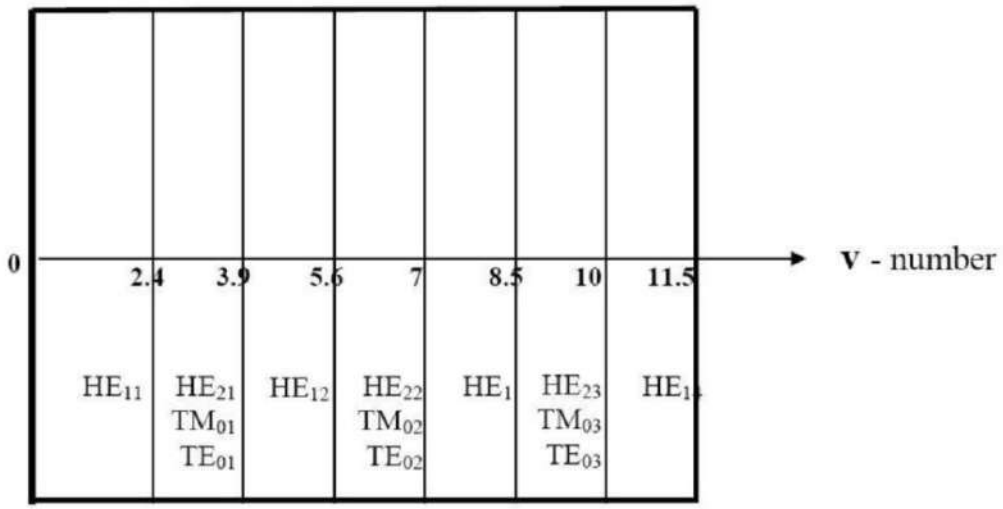
عند الحديث عن انماط الأنتشار يجب التعرف على قيمة عددية لليف البصري تسمى تردد المقياس (Normalia Frequency)

أو القيمة العددية V–number لليف البصرى والتى يمكننا حسابها حسب العلاقة التالية :

$$V=\frac{2\pi}{\lambda} aNA \quad \text{..... (8)}$$

$$\approx\frac{2\pi}{\lambda} an_2\sqrt{2\Delta} \quad \text{..... (9)}$$

حيث ترمز(λ) إلى الطول الموجى و(a)إلى نصف قطر لب الليف . بالاعتماد على قيمة(V) يمكننا من الشكل (1.3) تحديد عدد و أنواع أنماط الانتشار و التى سوف تتواجد و تنتشير عبر الليف البصري .



أنماط الانتشار بالاعتماد على قيمة V لليف البصري التدريجي

الشكل (1.3) يوضح انماط الانتشار بالاعتماد علي قيمة(V)لليف البصري التدريجي.

أن عدد الانماط التي نحصل عليها في الليف البصري تحدده المعادلة الاتيه :

$$M = (2\ D\ (\ n^2_1 + n_2{}^2))^{0.5} / \lambda$$

من خلال المعادلة اعلاه نجد ان العوامل التي تؤثر على عدد الانماط هي :

1- قطر لب الليف (Core) والذي يرمز له بالرمز D :

تتناسب عدد الانماط الحاصلة في الليف البصري تناسبا طرديا مع قطر لب الليف البصري حيث ان $M\ \alpha\ D$.

2- معامل أنكسار الغلاف الزجاجي (Cladding) والذي يرمز له بالرمز n_2 :

تتناسب عدد الانماط الحاصلة في الليف البصري تناسبا طرديا مع معامل انكسار الغلاف الزجاجي المحيط بقلب الليف البصري.

3- معامل أنكسار لب الليف البصري (Core) والذي يرمز n_1 :

تتناسب عدد الانماط الحاصلة في الليف البصري تناسبا طرديا مع معامل انكسار لب الليف البصري .

4- الطول الموجي(λ):

تتناسب عدد الانماط المتولدة خلال الليف البصري تناسبا عكسيا مع قيمة الطول الموجي المستخدم في المنظومة الليف البصري.

المراجع

*كتاب :اساسيات الاتصالات الكهربائية التماثلية والرقمية.

*كتاب :الموسوعة الالكترونية .

*كتاب :Optical Fibre Communication Principles andPractice–Second edition

*كتاب : خطوط النقل والالياف البصرية .

*بعض المعلومات المستفادة من شروح الاساتذة–مادة الاتصالات الرقمية .

والله ولـي التوفيق