وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بابـــــــل

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

دراسة تأثير قطر الالياف البصرية على قدرة الاتصالات

بحث تقدمت به الطالبة / **بنين ماجد عباس** المرحلة الرابعة إلى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة– قسم الفيزياء وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس

إشراف

أ. د. زيد عبد الزهرة حسن

١٤٤٤ ٢٠٢٣

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَعَلَّمَكَ مَا لَمْ تَكُنْ تَعْلَمُ وَكَانَ فَضْلُ اللَّهِ عَلَيْكَ عَظِيمًا ﴾

صدق الله العلي العظيم

سورة الاسراء . الآية (١١٣)

الإهــــــــــداء

إلى من شرفني بحمل اسمه، والدي رحمه الله تعالى...

من بذل الغالي والنفيس في سبيل وصولي لدرجة علمية عالية ورحل قبل أن يرى ثمرة غرسه....

إلى نور عيني وضوء دربي ومهجة حياتي أمي ثم أمي ثم أمي.. من كانت دعواتها وكلماتها رفيق الألق والتفوق...

إلى السند والعضد والساعد إخواني وأخواتي أزف لكم الإهداء حباً ورفعة وكرامة

إلى كل من علمني حرفاً

إليهم جميعاً أهدي هذا الجهد المتواضع

الباحثة

شــكر وتـقـديـر

بعد حمد الله وشكره، والصلاة والسلام على نبيه محمد (صلى الله عليه واله وسلم).

أتقدم بجزيل الشكر والامتنان العظيم والتقدير العميق إلى أستاذي الدكتور زيد عبد الزهرة حسن لما منحة لي من وقت وجهد وتوجيه وإرشاد وتشجيع ومساعدتي على إكمال البحث

كذلك أتقدم بجزيل الشكر إلى أساتذتي الكرام وإلى كل من ساهم في تعليمي

الباحثة

الفهرس

الموضوع	الصفحات

الآية القرآنية	ا
الاهداء	ب
الشكر والتقدير	ج
الفهرس	د
فهرس الاشكال	ه
فهرس الجداول	ه
الخلاصة	و
الفصل الاول	
مقدمة عن الالياف البصرية	
(١-١) الألياف البصرية نظرة تاريخية	١
(١-٢) الالياف البصرية ومراحل تطورها	٣
(١-٣) الالياف البصرية وثورة الاتصالات	٥
(١-٤) مكونات الليف البصري	٧
الفصل الثاني	
مميزات الليف البصري وكيفية الانتشار الضوئي	
(٢-١) أنواع الألياف البصرية	٩
٢-١-١ ألياف متعددة النمط وبمعامل انكسار عتبي Multimode Step Index Fibers	٩
٢-١-٢ ألياف متعددة النمط وبمعامل انكسار متدرج Multimode graded Index Fibers	١٠
٢-١-٣ ألياف أحادية النمط Single Mode Fibers	١٠
(٢-٢) مميزات الألياف البصرية	١١
(٢-٣) كيفية انتقال الضوء في الالياف البصرية	١٣
(٢-٤) مراحل انتقال الضوء عبر الليف البصري	١٤
(٢-٥) أنماط الانتشار في الليف البصري	١٧
الفصل الثالث	
الجانب العملي	
(٣- ١) مقدمة	١٨
(٣-٢) الأجهزة والادوات	١٨
(٣-٣) الطريقة	١٨
(٣-٤) النتائج	١٨
(٣-٥) المناقشة	٢١
(٣-٦) الخلاصة	٢١
التوصيات	٢٢
المصادر	٢٣

فهرس الاشكال

رقم الشكل	رقم الصفحة

الشكل رقم (١-١)	١
الشكل رقم (١-٢)	٣
الشكل رقم (١-٣)	٦
الشكل رقم (١-٤)	٨
الشكل رقم (٢-١)	٩
الشكل رقم (٢-٢)	١٤
الشكل رقم (٢-٣)	١٥
الشكل رقم (٢-٤)	١٥
شكل رقم (٣-١)	١٩
شكل رقم (٣-٢)	٢٠
شكل رقم (٣- ٣)	٢٠

فهرس الجداول

رقم الجدول	رقم الصفحة
جدول (٣-١)	١٩
جدول (٣-٢)	١٩
جدول (٣-٣)	١٩

الخلاصة

يهدف هذا المشروع وبصورة عامة الي دراسة تقنية الألياف البصرية من حيث مكوناتها، استخداماتها ومميزاتها ويركز في الأساس على استخدام تقنية الألياف البصرية في مجال هندسة الاتصالات حيث يهدف وبصورة محددة الي دراسة مكونات نظام الألياف البصرية وتطبيقاته، مراحل انتقال الضوء عبر الليف البصري وأنماط انتشاره. وكذلك دراسة انواع الألياف البصرية وتقسيماتها.

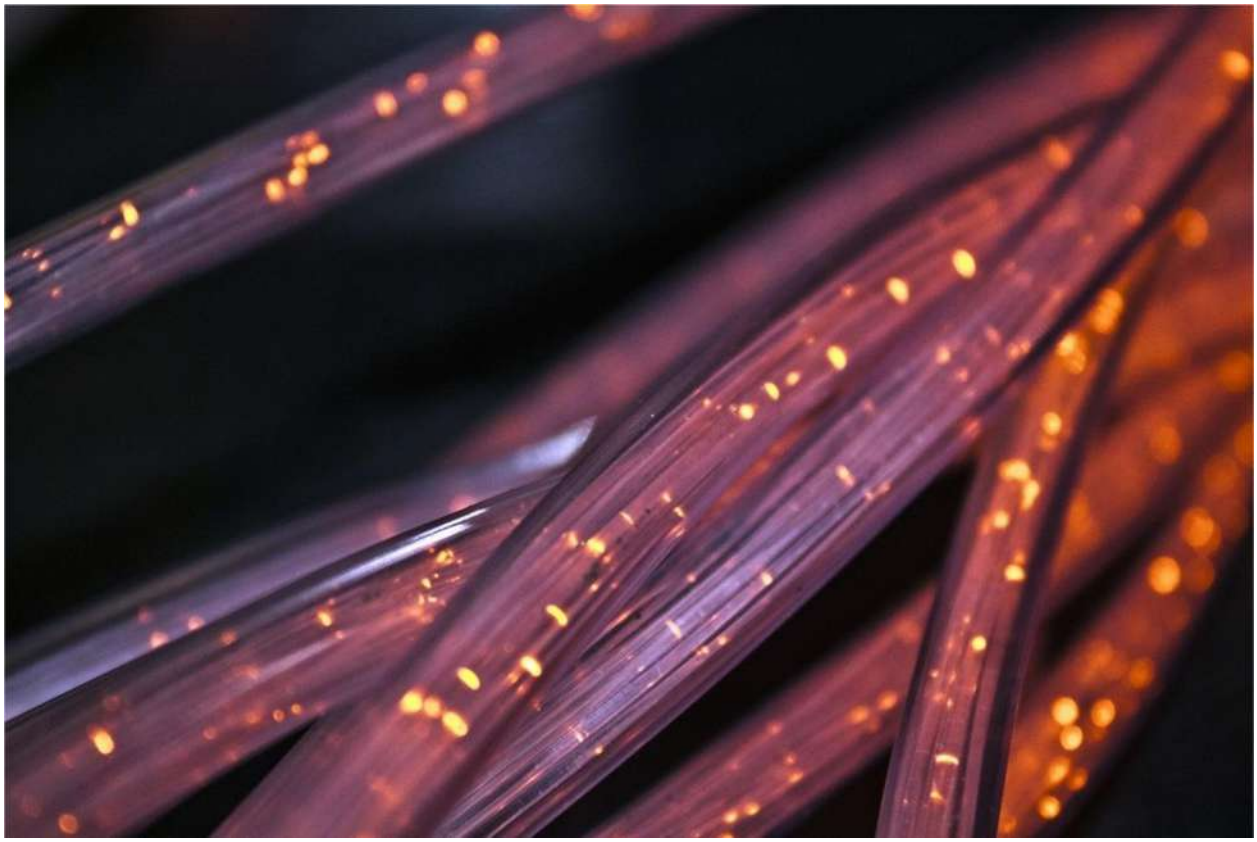
الفصل الأول

الفصل الاول

مقدمة عن الالياف البصرية

(١-١) الألياف البصرية 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 للآخرين الاطلاع عليها علاوة على التأثير السلبي للظروف البيئية.



الشكل رقم (١-١)

حيث يرى بعض العلماء أن الفراعنة صنعوا منذ ٣٠٠٠ سنة سمكة من الزجاج المعقم برأس أزرق وحراشف بيضاء وزعانف صفراء، وقد حصلوا على هذه الألوان عن طريق إضافة أكاسيد معدنية إلى الزجاج المصنوع من السيليكا (تم إضافة الكالوبالت لعمل اللون الأبيض، والانتيمون للون الأصفر) ولم يتمكن الفراعنة من صنع زجاج شفاف لأن المادة الأولية كانت مشوبة ببقايا

الأكاسيد. ومع تقدم علم الكيمياء وتطور صناعة الزجاج تمكن علماء آخرون من صنع الزجاج الشفاف، وكان التقدم في هذه الصناعة سريعا ذلك إن شفافية أفضل العدسات التي صنعت في بداية القرن العشرين كانت أعلى بعشرة آلاف مرة من شفافية الزجاج المصنوع بمعرفة الفراعنة. وفي الستينيات ارتفعت تلك الشفافية بعشرة آلاف مرة أخرى بفضل تقنية إنتاج ثاني اكسيد السليكون عالي النقاء، مما مكن من صنع الألياف البصرية. وتذكر المراجع أن أول من كتب مطالبا باستخدام الألياف البصرية بيرد البريطاني وهانسل الأميركي وذلك عام ١٩٢٧ ، وكانت مطالبتهما باستخدام الألياف البصرية النقل الصور التلفازية، بيد أنهما لم يقوما بأية تجربة علمية.

كما إن أول محاولة فعلية مدونه لاستخدام الإشارات كان عام ١٧٩١ من قبل كلود شابي في فرنسا، إذا استخدم مجموعة من الابراج تحتوي على عدة أذرع لنقل معلومات مسافة ٢٠٠ كليو متر يستغرق ارسال المعلومة الواحدة حوالي ١٥ دقيقة. وفي عام ١٨٥٤م أجرى جون تايندل تجربة بسيطة بين فيها أن الضوء يمكن ثنية إذا وجد الوسط الملائم وفي عام ١٨٨٠م قام الكسندر جراهام 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 حدد من امكانية استخدامها. أدي اكتشاف الليزر عام ١٩٦٠ من قبل ثيودور ميمان الى تجدد الاهتمام بالاتصالات البصرية وفي عام ١٩٦٦م أقترح كل من تشارس كاو وجورج هوكام تصنيع الياف زجاجية قليلة الفقد وفي عام ١٩٧٠م تم تصنيع الياف بصرية مصنعة من مادة السليكا ويفقد ٢٠ ديسيبل لكل كليو مترا بدلا من ١٠٠٠ ديسيبل لكل كيلومتر قبل ذلك الوقت. وفي غضون عشر سنوات ، تم تصنيع الياف يفقد يصل إلى ٢٠ ديسيل لكل كيلومتر عند الطول الموجي ١٥٥٠ نانومتر.

وفي اغسطس ١٩٧٠ أطلق العالم دونالد كيك شعاع ليزر في عينة جديدة من الزجاج مسحوبة بشكل خيط رفيع طوله ٢٠٠ متر وبواسطة المجهر بدأ كيك يحاول ضبط مسار انطلاق شعاع ليزر (يفوق الهيليوم) مع لب الخيط الزجاجي اللامتناهي في الضوء فجأة لفت انتباهه ضربة نقطة الضوء المجهرية في عينه، كان الضوء قد انطلق عبر الخيط الزجاجي وارتد إليه من الطرف الآخر.

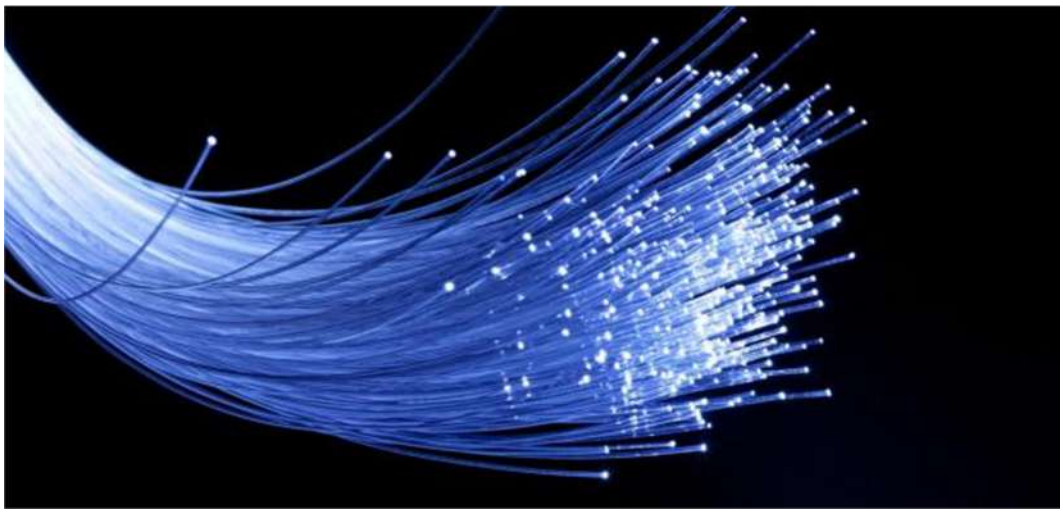
كما كشفت التجارب السابقة أن النبض الصوتي الذي يحمل المعلومات يصل إلى نهاية الخيط ثم يتحلل ويختفي، أما تلك اللحظة فقد كانت لحظة الانتصار المذهل، إذ بدا أن الاتصال عبر الألياف البصرية أصبح

ممكنا وبقي بعد ذلك مسألة التوصل إلى معادلة كيفية توليد ضوء بدرجة حرارة الغرفة، وفي أواخر أكتوبر ١٩٧٠ كانت مختبرات شركة بيل تليفون الأميركية توصلت إلى المعادلة المطلوبة. ونتيجة للتقدم الهائل في تقنية صناعة الزجاج، وإنتاج ثاني أكسيد السليكون النقي، تمكن العلماء عام ١٩٧٩ من إنتاج ألياف زجاجية بلغ حدها الأقصى من الشفافية والنقاء وأن الإشارة لا تفقد أكثر من نصف طاقتها بعد قطعها مسافة ٢٠ كيلومترا فيها وبذلك اتضح أن الألياف البصرية يمكن أن تتفوق على جميع قنوات الاتصال الأخرى. وفي ١٩٨٧ استعملت شركة بيل تليفون جهاز الليزر الدقيق والألياف الزجاجية لإجراء أول اتصال الكتروني ضوئي.

(١-٢) الالياف البصرية ومراحل تطورها

الليف البصري هو عبارة عن أسلاك زجاجية طويلة ورفيعة جد ا قُطرها تقريبا (1μm)، ويجمع العديد من هذه الأسلاك في حزم داخل ال كابلات الضوئية لغرض نقل الإشارات الضوئية لمسافات بعيدة جداً.

فالألياف الضوئية أو البصرية (Optical Fiber) هي ألياف شفافة مرنة مصنوعة من الزجاج النقي (السليكا) أو البلاستيك، بقطر أثخن قليلا من قطر شعرة الإنسان، وتستخدم في الاتصالات الضوئية البصرية، لما تتميز به من قدرة على البث لمسافات أبعد وبأمواج طولية أعلى (معدل نقل بيانات) من كبلات الأسلاك التقليدية.



الشكل رقم (١-٢)

وتستخدم الألياف عوضا عن الأسلاك المعدنية لأن الإشارات تسافر فيها بأقل قدر من خطر فقدانها، كما أن الألياف محصنة ضد التداخلات الإلكترومغناطيسية التي تعاني منها الأسلاك المعدنية بشكل كبير.

فمنذ أكثر من ٢٥ عاما بدأ استخدام وتطبيق الألياف 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.

وربما يعود تاريخ استخدام الألياف البصرية أول مرة لنقل الاتصالات الهاتفية إلى سنة ١٩٧٧، لكن فكرة هذه التقنية تعود إلى قرن قبل ذلك. ففي سنة ١٨٧٠ استخدم الفيزيائي الإيرلندي جون تيندال دفقا مائيا ينساب من وعاء إلى آخر ومصدرا ضوئيا، لاستعراض أن الضوء يستخدم الانعكاس الداخلي لتتبع مسار معين، ففي حين كان الماء ينسكب من خلال صنبور الوعاء الأول، وجّه تيندال شعاعا من أشعة الشمس على مجرى الماء، فلاحظ أن الضوء تتبع المسار المتعرج داخل المجرى المنحني للماء؛ وكانت هذه التجربة هي أول بحث عن "البث الموجّه للضوء".

وبعد ذلك بعشر سنوات، ابتكر العالم ويليام ويلنغ طريقة لبث الضوء أطلق عليها اسم "ضوء الأنابيب"، واعتقد ويلنغ أنه باستخدام أنابيب من المرايا التي تتفرع من مصدر ضوء واحد سيتمكن من إرسال الضوء إلى غرف مختلفة، بنفس طريقة توصيل الماء عبر المواسير في المباني حاليا، لكن بسبب عدم فعالية فكرة ويلنغ وتزامنها مع ابتكار أديسون الناجح للمصباح الكهربائي (اللمبة) فإن فكرته لم تتطور.

وفي النصف الثاني من القرن العشرين، شهدت تقنية الألياف الضوئية معدل تقدم هائلا، وجاء النجاح المبكر في خمسينيات ذلك القرن مع تطوير جهاز الفايبرسكوب لنقل الصور الذي استخدم أول ألياف زجاجية عملية، وتم تصميمه بالتزامن من قبل برايان أوبراين في شركة البصريات الأميركية ونارندر كاباني الذي كان أول من وضع مصطلح "الألياف البصرية" سنة ١٩٥٦ وزملاؤه في كلية الإمبراطورية للعلوم والتكنولوجيا في لندن. وقد شهدت التجارب الأولى للألياف البصرية الزجاجية فقدانا مفرطا للإشارة الضوئية أثناء انتقالها عبر الألياف، مما حدَّ من مسافات النقل.

وتطورت بعد ذلك الألياف البصرية على مرّ السنين في سلسلة من الأجيال، إلى أن تمكنت شركة "نيبون تلغراف وتلفون" اليابانية سنة ١٩٧٧ من تطوير تقنية الألياف الضوئية التي تقدم نظريا الحد الأدنى من فقدان الإشارة البصرية، استنادا إلى ألياف السليكا. وأخذ استخدام تلك الألياف في الاتصالات ينتشر خاصة لدى الجيش الأميركي الذي استخدمها في أنظمة اتصالات مُحسنة؛ ففي بداية السبعينيات ركبت البحرية الأميركية وصلة ألياف ضوئية هاتفية على متن البارجة "ليتل روك"، وتبعها في ذلك سلاح الجو الأميركي بتطوير تقنيته الخاصة للألياف الضوئية سنة ١٩٧٦، وبتشجيع من نجاح تلك التطبيقات تم تمويل برامج الدفاع والتطوير للجيش لتطوير ألياف أقوى وكبلات تكتيكية ذات أداء عال.

فلقد جاء تطوير وتصنيع الألياف البصرية على مراحل، حيث كانت في المرحلة الأولى تعمل علي الطول الموجيnm 850 والتي سميت النافذة الأولى (First Window) بمعدل توهين لغاية 3dB/Km والذي كان إنجازاً عظيماً في وقته. ثم انتقلت الشركات المصنعة إلي النافذة التالية (Second Window) حيث تم تصنيع ألياف بصرية تعمل على الطول الموجي nm 1300 بمعدل توهين إلى حوالي 0.5dB/Km. وفي نهاية العام 1977 قامت شركة (NTT) بالانتقال إلي النافذة الثالثة (Third Window) وذلك باستخدام الطول الموجي nm 1550 حيث أمكن الحصول على ألياف زجاجية بمعدل توهين حوالي Db/Km 0.2 والذي يعتبر نظريا أقل حد ممكن لقيمة الفقد في الليف زجاجية. وفي السنوات الحالية جميع الأطوال الموحية 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.

(١-٣) الالياف البصرية وثورة الاتصالات

أحدثت الألياف البصرية ثورة في عالم الاتصالات بعد دخوله مجال تقنية الاتصالات ببداية القرن الحادي والعشرين ، وعلى عكس أنواع الكابلات والأسلاك الأخرى التي تعتمد في نقل البيانات على الذبذبات الكهربائية فإن الكابلات المكونة من الألياف البصرية تنقل البيانات عبر نبضات ضوئية.

حيث 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. حيث تمتلك الألياف البصرية مزايا عديدة كقلة الفقد وخفة الوزن ولكن الميزة الهامة هي سعة نطاقها العالية جداً والتي تصل الى آلاف البلايين من البتات لكل ثانية .لقد احتلت الألياف البصرية مكاناً متميزاً في مجال الاتصالات إذ حلت محل الاسلاك النحاسية في العديد من الاستخدامات كالربط بين المقاسم الهاتفية والخطوط بعيدة المدى وعبر البحار تطورت تقنية البصريات الليفية Fiber Optics تطوراً سريعاً خلال العقود الماضية فاقت كل التوقعات مما جعلها تتربع موقعاً تنافس فيه وسائل الاتصالات الاخرى.

الشكل رقم (١-٣)

مرت هذه التقنية بمراحل عديدة يمكن تقسيمها الى خمسة أجيال صمم الجيل الأول ليقوم بنقل معلومات بمعدل بتات تتراوح بين ٢ و ١٤٠ ميجابت لكل ثانية استخدمت فيه منابع بصرية مصنعة من زرنيخ الجاليوم (Ga As) وكواشف سليكونية تعمل في أطوال موجبة تتراوح بين ٨١٠ و٩٠٠ نانومتر .في الجيل الثاني تم تطوير منابع وكواشف ضوئية تعمل عند طول الموجي ١٣٠٠ نانومتر حيث ينخفض الفقد في الليف الى ١ ديسبل لكل كيلومتر . أدي استخدام الألياف البصرية أحادية النمط في الجيل الثالث الى القضاء على التشتيت في الألياف البصرية متعددة النمط مما أدي الى الحصول على سعة نطاق عالية ، تم في هذا الجيل تشغيل وصلات بصرية تستخدم الالياف أحادية النمط وبوط موجي ١٣٠٠نانومتر للحصول على فقد يقل عن ١ ديسيبل لكل متر ومسافة بين المكررات تبلغ ٤٠ كيلو متر بمعدل خطابتات قدرة ١٠ نانومتر في الجيل

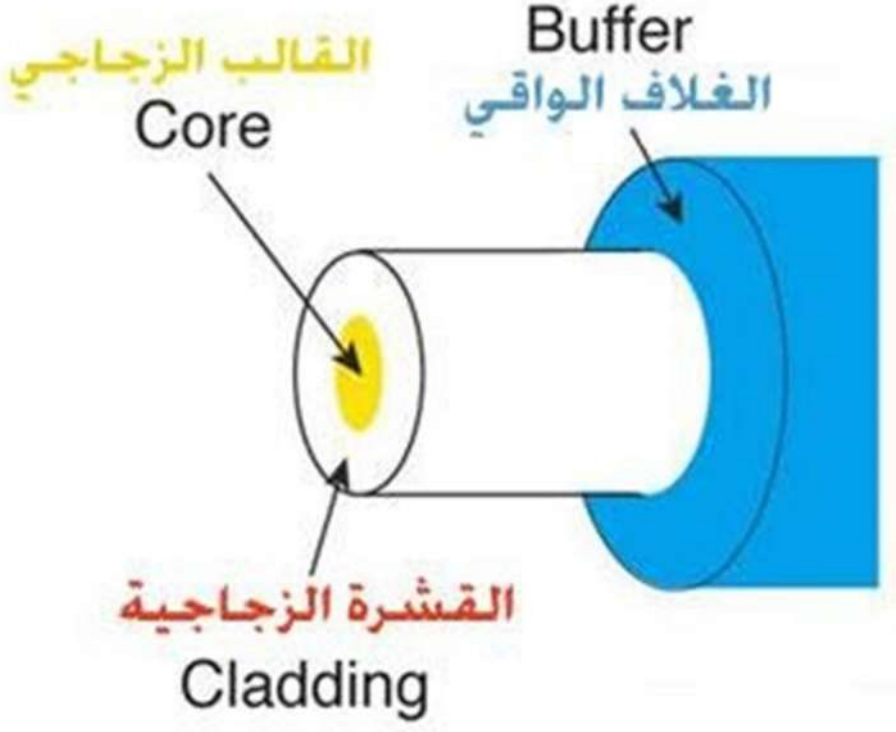
الرابع تم تشغيل هذه الانظمة عند الطول الموجي ١٥٥٠ نامتر حيث الفقد اقل مما هو عليه عند الطول الموجي ١٣٠٠ نانومتر . أدي تطوير العناصر المستخدمة في هذه الأنظمة كالمنابع والكواشف لبناء أنظمة تعمل بمعدل نقل معلومات قدرة ١٠ جيجابت لكل ثانية.

استمرت الأبحاث في تطوير عناصر نظم اتصالات الألياف البصرية للحصول على افضل الظروف التشغيلية مما مهد الى بروز الجيل الخامس والذي توفرت له عناصر عديدة فكانت البداية في تحسن حساسية أجهزة الاستقبال حيث استخدم الكشف التحقيقي (heterodyne) بدلا من الكشف المباشر . والذي مكن من وجود وسائل ذات كفاءة لاختيار القنوات في الأنظمة التي تستخدم تعدد الارسال بتقسيم الطول الموجي Wavelength D ivision Mul –(WDM) tiplexing تمكن الباحثون من تطعيم الألياف الزجاجية بمادة الاربيوم (Er) مما أعطى دفعة قوية لاستخدام أنظمة الالياف البصرية عند الطول الموجي ١٥٥٠ نانومتر أدي ذلك التطعيم للحصول على مضخمات ذات كسب مرتفع اطلق عليها مضخمات ذات كسب مرتفع اطلق عليها مضخمات الليف المطعم بالأربيوم (Er bium Doped Fiber Amplifiers (EDFA,s) والتي وجدت استخداما واسعاً في خطوط النقل ولم يقتصر استخدام الألياف المطعمة بمادة الربيوم 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 (Solitons) 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.

(١-٤) مكونات الليف البصري.

إن الألياف الضوئية هي خيوط طويلة ورفيعة من الزجاج النقي جدًا ويقارب قطرها قطر شعرة الإنسان، ويتم ترتيبها في حزم تسمى الكابلات الضوئية وتستخدم لنقل الإشارات الضوئية عبر مسافات طويلة، وتكون مكونات الألياف الضوئية على الشكل الآتي:

١. القلب :Core وهو مركز الليف الضوئي الذي يتكون من مجموعة كبيرة من الألياف الضوئية الرقيقة التي تنقل إشارات الضوء.
٢. العاكس :Cladding وهو المادة التي تحيط بالقلب وتعمل على عكس الضوء الى مركز الليف الضوئي ويصنع من السيليكا.
٣. الغطاء الواقي :Buffer coating وهو غطاء بلاستيكي يعمل على حماية الألياف الضوئية من التلف وعوامل الرطوبة. الغطاء الخارجي :jacket هو الغلاف الذي يعمل على حماية المئات من الألياف الضوئية التي تترتب بداخله على شكل حزم.



الشكل رقم (١-٤)

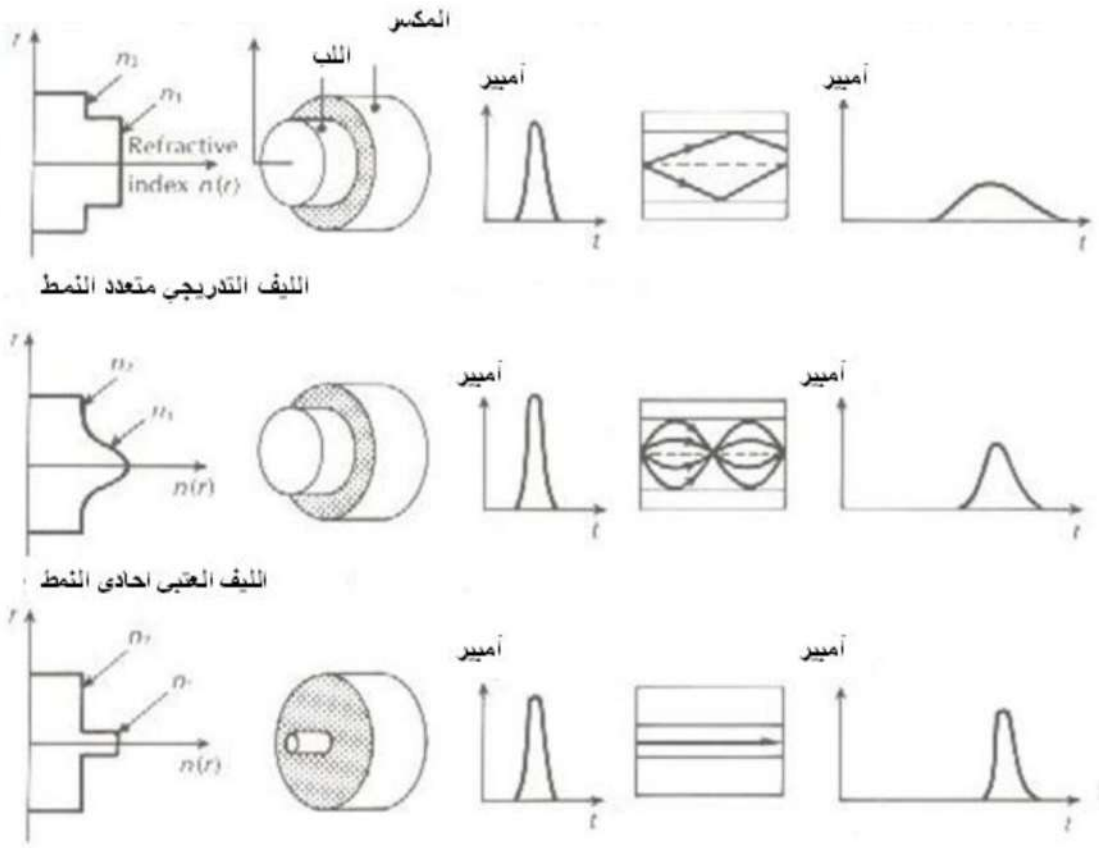
الفصل الثاني

الفصل الثاني

مميزات الليف البصري وكيفية الانتشار الضوئي

(٢-١) أنواع الألياف البصرية

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



الشكل رقم (٢-١)

٢-١-١ أليـاف متعـددة الـنمط وبمعامـل انكسـار عتبـي Multimode Step Index Fibers

يتـألف الليـف البصـري مـن جـزئين أساسـيين همـا لـب الليـف والـذي يشـغل مركـز الليـف يحـيط بـه كسـاء يضـاف لـذلك طبقـة واقيـة تسـمى الغـلاف . يصـنع هـذا النـوع مـن الأليـاف

البصرية من عناصر مختلفة من الزجاج ومركباته أو من السليكا المطعمة . تتميز هذه الألياف بكبر قطر اللب وكبر فتحة النفوذ العددية والتي تمكن من دخول كمية كبيرة من الضوء لليف البصري وتعتمد خواص هذه الألياف على نوع الليف والمواد المصنعة منها وطريقة التصنيع وتعتبر الألياف المصنعة من السليكا المطعمة أفضل الألياف البصرية وتستخدم لنقل المعلومات لمسافة قصيرة وعرض نطاق محدود ، غير أن تكلفتها قليلة .

٢-١-٢ 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 الزجاجية أو السليكا المطعمة .

حيث 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 .

٢-١-٣ 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 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 . ولو أن قطر اللب صغير جداً إلا

أن قطر الكساء يبلغ أضعاف قطر اللب وذلك للقليل من نسبة الفقد من الموجات المضمحلة evanescnt التي تمتد داخل الكساء ومع استخدام الغلاف الواقي يصبح القطر الاجمالي لليف أحادي النمط مساو الى قطر الليف متعدد النمط .

(٢-٢) مميزات الألياف البصرية

أصبحنا في عالم اليوم لا نستغني فيه عن الانترنت ، أو الاتصال والتواصل السريع لذلك وجدت تقنية الألياف الضوئية التي تساعد في نقل البيانات، والتي تتميز بمجموعة كبيرة من المميزات ومنها:

- **عرض النطاق الترددي والسرعة**

يمكن لكابل الألياف الضوئية أن يستوعب عرض نطاق وسرعة عاليين للغاية، و ربما تكون الكمية الضخمة من البيانات التي يمكن إرسالها لكل وحدة من كبل الألياف الضوئية هي الميزة الأكثر أهمية.

- **التكلفة المعقولة**

نظرًا للزيادة الهائلة في مجال الألياف الضوئية، زادت المنافسة في أنحاء العالم وبالتالي انخفضت أسعار النفقات الرأسمالية بشكل كبير حيث استمر عدد منتجي الألياف في الزيادة بسبب زيادة الحاجة إلى الألياف الضوئية.

- **قوة الإشارة**

فقدان الإشارة في كابلات الألياف الضوئية أقل بكثير من الكابلات النحاسية، وعلى عكس ما هو في التوصيلات النحاسية لا تحتوي الألياف الضوئية على تشويش أو تقاطع، ويمكن تقليل تبديد الطاقة وإطالة متوسط مسافة نقل البيانات.

- **خفة الوزن ورقة السماكة**

تعتبر الألياف الضوئية أخف وزناً من الكابلات النحاسية وقد يتم تطويرها لتقليل الأبعاد بشكل ملحوظ، وتعتبر أرق وأخف وزنًا من توصيلات الأسلاك النحاسية، مما يجعلها مكملاً أفضل للإعدادات التي تكون فيها المساحة مرتفعة، ونظرًا لقلة الوزن، تكون عملية التثبيت لها بسيطة إلى حد ما.

- **طول العمر**

عادةً ما يكون العمر الإنتاجي لكابل الألياف الضوئية حوالي ١٠٠ عام، مما يجعله عائدًا مناسبًا على الاستثمار.

- **نبضات الضوء**

على عكس الاتصالات الكهربائية المرسلة عبر الكابلات النحاسية، لا تتداخل الإشارات الضوئية من أحد الألياف مع تلك الواردة من الألياف الأخرى في نفس كابل الألياف، وهذا يعادل مكالمات هاتفية أكثر هشاشة أو تغطية تلفزيونية محسنة.

- **حماية البيانات**

لا تولد كابلات الألياف الضوئية إشعاعًا كهرومغناطيسيًا، لذلك من الصعب للغاية اعتراضها، عند نقل المعلومات أو إرسالها، فإنّ هذه الأسلاك غير قابلة للعبث.

- **تضاعف تعدد الاستخدامات**

تعتبر الألياف الضوئية أكثر مرونة وقدرة على التكيف من الأسلاك النحاسية ذات الأبعاد نفسها، ويعتبر كابل الألياف الضوئية قابل للتكوين للغاية، وينحني بسهولة، ويتحمل معظم المكونات الحمضية التي تتلامس مع الأسلاك النحاسية، ونظرًا لأن هذه

الألياف الضوئية رفيعة جدًا، فإنها لا تنكسر في الواقع عند لفها حول زوايا بحجم بضعة سنتيمترات فقط.

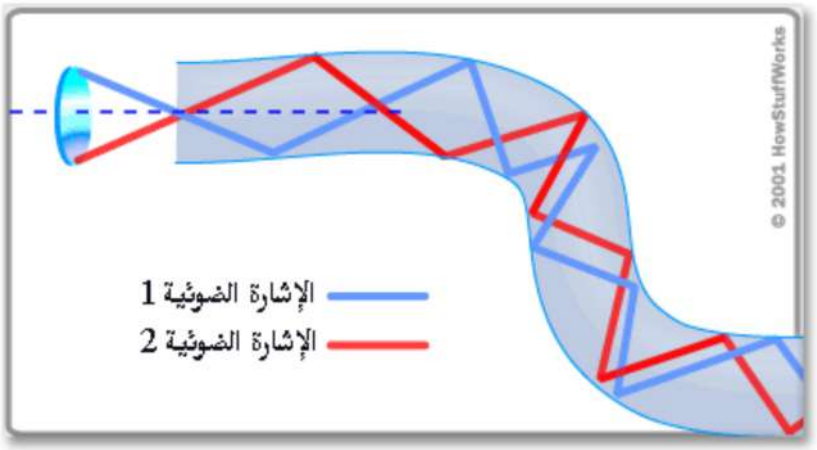
(٣-٢) كيفية انتقال الضوء في الالياف البصرية

عندما تقوم بتوجيه شعاع من الضوء الذي يصدر من مصباح يدوي إلى مكان ما داخل ممر طويل، ستنتقل أشعة الضوء بخط مستقيم من نقطة بدايتها إلى نقطة النهاية. ماذا لو كان الممر منحنياً؟ يمكن وضع مرآة في المنتصف لتعكس شعاع الضوء حول الزاوية المنحنية.

وهذا ما يحدث داخل الألياف الضوئية فكما ذكرنا، تعمل الجدران الداخلية للألياف الضوئية التي تحيط باللب عمل المرايا التي تعكس الأشعة الضوئية في منحنيات لتستطيع الوصول إلى وجهتها النهائية دون أن تصطدم بأي انحناء وتتوقف عنده. وينتقل الضوء الموجود في كابل الألياف الضوئية عبر اللب عن طريق الارتداد المستمر الذي تسببه الكِسوة، ويسمى هذا المبدأ الفيزيائي بالانعكاس الداخلي الكلي، ولأن الكِسوة تعكس جميع أشعة الضوء ولا تمتص أي جزء منها، ويمكن للأشعة الضوئية الانتقال إلى مسافات كبيرة للغاية.

حيث تعتبر ظاهرة الانعكاس الداخلي الكلي total internal reflection الأساس هي الفيزيائي لتكنولوجيا نقل الضوء عبر الألياف الزجاجية حيث معامل الانكسار مختلف. فعندما ينتقل الضوء من وسط أكبر كثافة ضوئية (أكبر معامل انكسار) إلى وسط أقل كثافة ضوئية (أقل معامل انكسار) فإن الشعاع المنكسر يبتعد عن العمود أي تكون زاوية الانكسار أكبر من زاوية السقوط . وكلما زادت زاوية السقوط زادت زاوية الانكسار وكلما زادت زاوية السقوط كلما قلت شدة الشعاع النافذ وازدادت شدة الشعاع المنعكس، وعند زاوية تقريباً (٤٨.٦) درجة تسمى الزاوية الحرجة تصبح زاوية الانكسار ٩٠ أي أن الشعاع المنكسر يخرج موازياً لسطح القلب اما اذا زادت

زاوية السقوط في الوسط الأكبر في معامل الانكسار عن الزاوية الحرجة فإن الضوء الساقط لا ينتقل إلى الوسط الآخر إنما ينعكس وبذلك فإن الضوء الذى يدخل من أحد طرفي الليفة الضوئية بحيث يسقط على السطح الفاصل بين قلب الليفة والغلاف بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة ينعكس انعكاسا كليا ويرتد إلى القلب مرة أخرى و يسقط على السطح الفاصل في نقطة أخرى بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة . وهكذا فإن الضوء يعانى انعكاسات كلية متعاقبة حتى يخرج من الطرف الآخر من الليفة الضوئية.

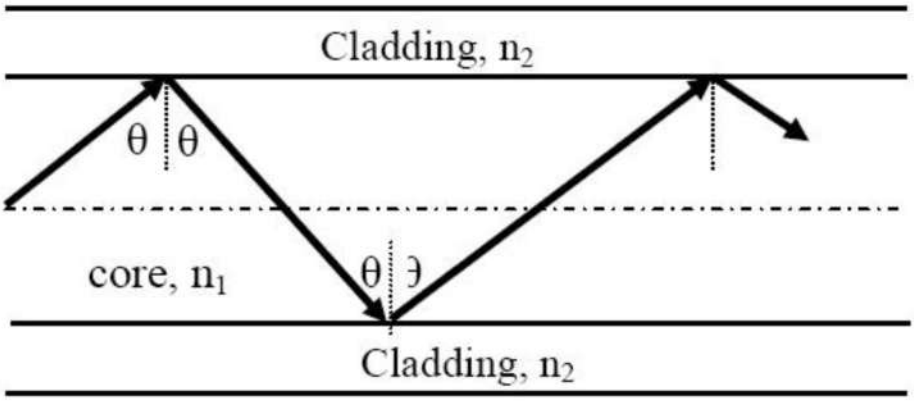


الشكل رقم (٢-٢)

(٢-٤) مراحل انتقال الضوء عبر الليف البصري

ينتقل الضوء الموجود في كابل الألياف الضوئية عبر القلب (المدخل) عن طريق الارتداد المستمر من الكسوة (الجدران المبطنة بالمرآة) ، وهو مبدأ يسمى الانعكاس الداخلي الكلي لأن الكسوة لا تمتص أي ضوء من القلب ، يمكن للموجة الضوئية أن تسافر لمسافات كبيرة . ومع ذلك ، فإن بعض الإشارات الضوئية تتحلل داخل الألياف، ويرجع ذلك في الغالب إلى الشوائب في الزجاج يعتمد مدى تدهور الإشارة على نقاء الزجاج والطول الموجي للضوء المرسل (على سبيل المثال ، ٨٥٠ نانومتر = ٦٠ إلى ٧٥ بالمائة / كم ؛ ١٣٠٠ نانومتر = ٥٠ إلى ٦٠ بالمائة / كم ؛ ١٥٥٠ نانومتر

أكبر من ٥٠ في المئة / كم) تُظهر بعض الألياف الضوئية المتميزة تدهورًا أقل للإشارة – أقل من ١٠ بالمائة / كم عند ١٥٥٠ نانومتر. وهنا سوف نوضح مراحل انتقال الضوء في الالياف البصرية.

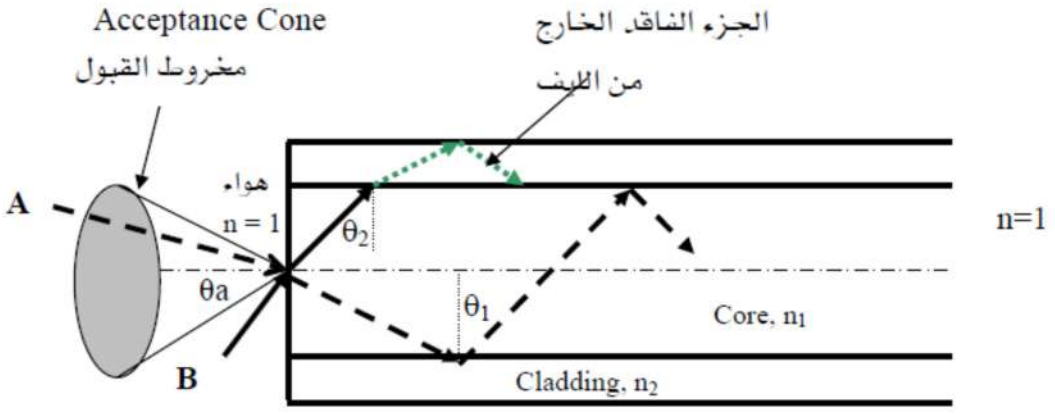


انتشار الشعاع الضوئي عبر الليف البصري

الشكل رقم (٢-٣)

١- زاوية القبول Acceptance angle :

تعبر زاوية القبول (θa) من القيم العددية التي يتوجب معرفتها ع الليف البصري كما في الشكل رقم (٨)



الشكل رقم (٢-٤)

كما يتضح من الشكل السابق فإن الشعاع A يدخل إلى الليف بزاوية أقل من الزاوية θa ويصل إلى الحد الفاصل بين اللب و المحيط بزاوية θ_1 تكون أكبر من الزاوية الحرجة θc وبذلك يتابع مساره عبر الليف بشكل صحيح (يحقق الانعكاس الكلي الداخلي) ويكون الفقد في هذه الحالة أقل ما يمكن يدخل الشعاع B إلى الليف البصري بزاوية أكبر من زاوية القبول θa حيث يصل إلى الحد الفاصل بين اللب و المحيط بزاوية أقل من θa و بذلك فإن جزءاً منه ينكسر باتجاه المحيط و يخرج خارج الليف مما يتسبب في فقد جزء من الضوء المنتشر و بذلك لا يمكن له أن يحقق الانعكاس الكلي الداخلي من هنا يتضح معنى ومفهوم زاوية القبول بأنها الزاوية التي يجب على الشعاع الداخل أن يدخل بزاوية تساويها وأقبل منها حتى يحقق الانعكاس الكلي الداخلي و بالتالي ينتشر عبر الليف بشكل صحيح وبأقل فقد ممكن، وفي نفس الوقت، فإن الشعاع الداخل لليف بزاوية أكبر من زاوية القبول فإن الانعكاس سيكون جزئياً.

لذلك حتى يتم إرسال الضوء لأطول مسافة ممكنة يجب مراعاة إدخال الضوء لليف بزاوية لا تتجاوز قيمة θa فراغياً وحسب قيمة θa فإنه يتشكل ما يشبه المخروط عند مقاومة الليف و الذي يسمى مخروط القبول (Acceptance Cone).

٢ـ فتحة النفوذ العددية

هنالك قيمة عددية أكثر شمولا من زاوية القبول θa والتي تمثل أو تعبر عن العلاقة ما بين إمكانية إدخال الضوء لليف بشكل صحيح و معامل الانكسار لكل من لب الليف n_1 ومحيطه n_2 . وتسمى هذه القيمة أو العلاقة فتحة النفوذ العددية (NA) والتي يمكن إيجادها من خلال العلاقة البسيطة التالية:

$$NA= n_0.\sin\theta a=\sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

حيث إن n_0 ترمز إلى معامل الانكسار للوسط الفاصل (عادة ما يكون الهواء $n_0= 1$) بين المصدر الضوئي و مقدمة الليف ومنها:

$$\theta a=\sin^{-1}(NA)$$

(٢-٥) أنماط الانتشار في الليف البصري

ينتشر الضوء عبر الليف البصرى على شكل عدد محدود من الحزم الضوئية(Beams) أو إشعاعات (Rays) وبزوايا معينة ذات قيم محددة. وتسمى هذه الإشعاعات أو الحزم الضوئية المختلفة بأنماط الانتشار (Propagation Modes)، حيث يرتبط آل شعاع بنمط انتشار معين. لذلك تستخدم الارقام الجانبية بجانب اسم النمط (Modes Index) لتميزها عن بعضها البعض. حتى نتمكن من الحصول على هذه الأنماط المنتشرة 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 ونظرية الكهرومغناطيسية لذلك سنتعرف وبشكل مبسط وسريع على الأنواع الاساسية للأنماط المنتشرة عبر الليف البصري و هي:

١. أنماط كهربائية عرضية(Transverse Electric Modes) ويرمز لها TE – modes
٢. أنماط مغناطيسية عرضية (Transverse Magnetic Modes) ويرمز لها TE – mode
٣. أنماط هجينة (Hybrid) تحتوى المجالين الكهربائي و المغناطيسي من نوع HE
٤. أنماط هجينة(Hybrid) تحتوى المجالين الكهربائي و المغناطيسي من نوع EH

الفصل

الثالث

الفصل الثالث

الجانب العملي

(٣- ١) مقدمة-:

في هذا الباب تعرضنا بطريقة عملية لدراسة توهين الضوء عند مروره خلال الليف البصري وهو يأخذ انحناءات على شكل دوائر بأقطار ومسافات مختلفة.

(٣-٢) الأجهزة والادوات-:

ليف بصري (بلاستيكي)حامل مصدر ليزر(مؤشر ليزر الهليوم نيون طوله الموجي 634 وطاقته لا تزيد عن 5 واط) مقاوم ضوئي – مليميتر - مسطرة مترية.

(٣-٣) الطريقة :

اخذت الخلفية الاشعاعية سلط ضوء الليزر على ليف بصري واستقبل الضوء الخارج من الليف البصري على الخلية الضوئية التي وصلت الخلية الضوئية مع الملتيميتر و تمت قراءة الجهد في كل حالة من الحالات الاتية:

- في حالة المسافة بين الخلية الضوئية والليف البصري ثابتة X=1cm والقطر متغير.
- في حالة المسافة بين الخلية الضوئية والليف البصري متغيرة والقطرR=10cm .
- في حالة المسافة بين الخلية الضوئية والليف البصري متغيرة والقطر ثابت. R=0.

وسجلت النتائج في الجدول ادناه- :

(٣-٤) النتائج

بعد اجراء التجربة ودراسة أثر انحناء الليف ادرجت النتائج التالية:

جدول (٣-١) يوضح العلاقة بين قطر الليف وشدة الاستضاءة عند المسافة X=1cm

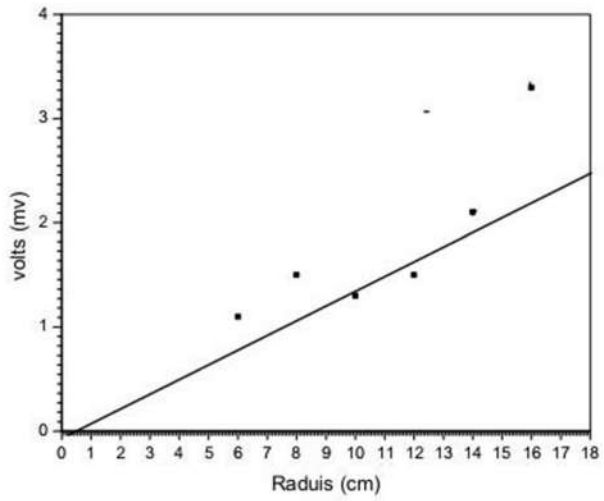
R/cm	6	8	10	12	14	16
V/m v	1.1	1.5	1.3	1.5	2.1	3.3

جدول (٣-٢) يوضح العلاقة بين المسافة وشدة الاستضاءة عند القطر R=10cm

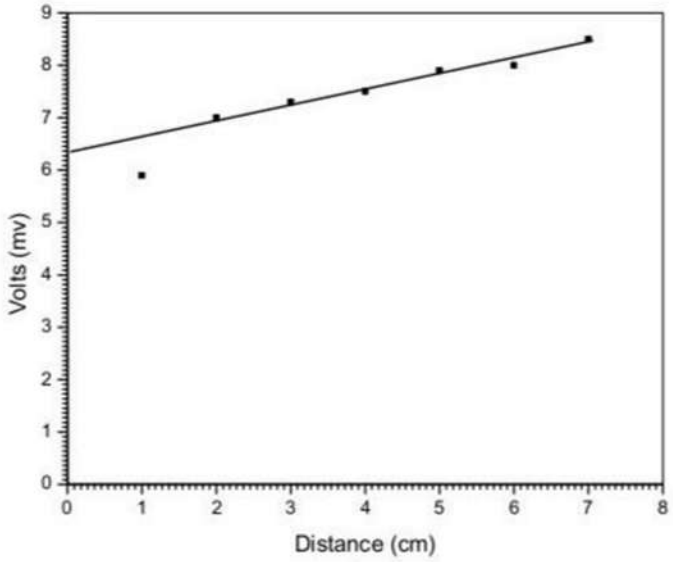
X/cm	1	2	3	4	5	6	7
V/m v	5.9	7	7.3	7.5	7.9	8	8.5

جدول (٣-٣) يوضح العلاقة بين المسافة وشدة الاستضاءة عند الليف في شكل مستقيم أي R=∞

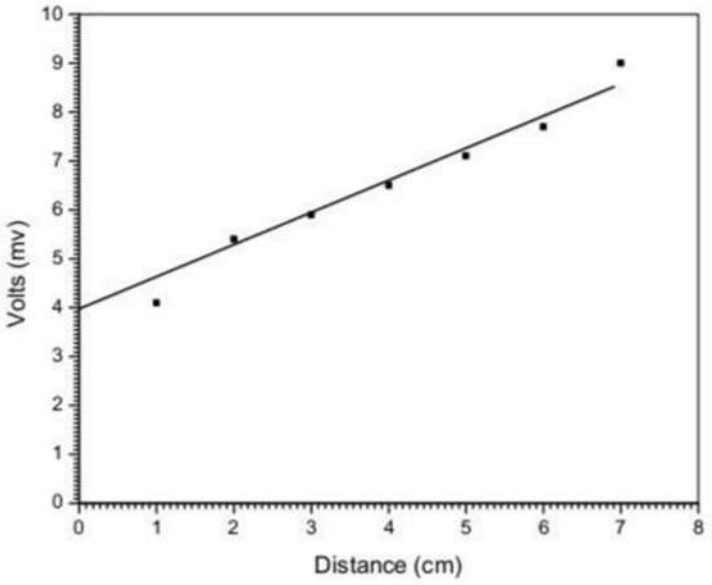
X/cm	1	2	3	4	5	6	7
V/m v	4.1	5.4	5.9	6.5	7.1	7.7	9



شكل رقم (٣-١) يوضح العلاقة بين قطر الليف البصري وشدة الاستضاءة



شكل رقم (٣-٢) يوضح العلاقة بين المسافة من الليف البصري وشدة الاستضاءة عند القطر 10 cm



شكل رقم (٣- ٣) يوضح العلاقة بين المسافة من الليف البصري وشدة الاستضاءة عند القطر =∞

(٣-٥) المناقشة

يعرض الجدول (٣-١) نتائج العلاقة بين القطر وشدة الاستضاءة عند ثبوت المسافة والذي يوضحه الرسم البياني (٣-١) ، والتي تبين ان العلاقة طردية مارة بنقطة الاصل اي كلما زاد القطر زاد التوهين .

اما الجدول (٣-٢) يعرض نتائج العلاقة بين المسافة وشد الاستضاءة عند ثبوت القطر والذي يوضح بالرسم البياني (٣-٢) ان العلاقة ايضا طردية يقطع جزء من المحور الصادي .

والجدول (٣-٣) يعرض نتائج العلاقة ايضا المسافة وشدة الاستضاءة في حالة الليف في خط مستقيم موضح بالرسم البياني (٣-٣) والعلاقة طردية وتقطع جزء من المحور الصادي .

(٣-٦) الخلاصة:-

تمت دراسة توهين الضوء عند انحناء الليف البصري والمرور عبره ووجد ان هنالك فقد في الطاقة بمعنى انه كلما ازداد كل من القطر والمسافة ازدادت شدة الاستضاءة .

التوصيات:-

نوصي لمن يدرس هذا البحث :

١- استخدام انواع مختلفة من الليزر .

٢- استخدام انواع مختلفة من الالياف البصرية.

المصادر

توماس وين،(١٩٩٤): انظمة الاتصالات الالكترونية المتقدمة ، ترجمة عمر شابح المركز العربي للتعريب والترجمة والنشر ، دمشق.

الجميلي ، عبدالستار احمد عيسى، (٢٠٠٤): تصميم ودراسة اداء مقياس الجريان الليزري ، رسالة ماجستير مقدمة الى مجلس كلية التربية جامعة تكريت.

قندلا ، سهام عفيف، (٢٠٠٠): فيزياء الالياف البصرية اسس وتطبيقاتها ، دار المسيرة للنشر والتوزيع ، عمان ، الاردن.