المحاضرة الخامسة

الألياف البصرية

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

العوامل التي تؤثر على أداء أنظمة الإتصالات البصرية

- تعرف العوامل المؤثرة على أداء أنظمة الإتصالات البصرية بخصائص الإرسال عبر الألياف البصرية.
- والتي تؤثر سلباً على تحديد(تقليل) سرعة نقل المعلومات وبالتالي سعة النظام ككل وتحديد مسافة وجودة الإرسال.

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

العوامل التي تؤثر على أداء أنظمة الإتصالات البصرية

- في هذه الخصائص سوف ندرس عاملين مهمين جدا يؤثران على أداء أنظمة الإتصالات البصرية هما:

i. الأول **التوهين Attenuation**

ii. والثاني هو **التشتت Dispersion** .

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين: Attenuation

- يمكن تعريف التوهين في الألياف البصرية بأنه قياس الفاقد في (**القدرة البصرية**) بين المدخل والمخرج.
- يعتبر التوهين مشكلة أساسية في أنظمة الإتصالات على اختلاف أشكالها، لكن في حالة الألياف البصرية فإن التوهين وما يصاحبه من فقد (LOSS) للقدرة البصرية (Optical Power) يعتبر من العناصر الأساسية في التصميم والذي يؤدي بدورة إلى تقليل مسافة الإرسال بين محطات التقوية وإعادة البث (Repeaters).

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين: Attenuation

- يكون الفقد في مواقع مختلفة على طول الليف من المدخل Input إلى المخرج Output وأيضا في مواقع الربط Connectors ومواقع اللحام Splices وكذلك داخل الليف نفسه من حيث مادة الصناعة.
- سوف نقوم في هذا الجزء بدراسة الفقد داخل الليف، أسبابه وكيفية حسابه وطرق تعويضه

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين: Attenuation

- لحساب التوهين في الليف البصري عملياً تستخدم الوحدات اللوغاريثمية

$$dB = 10\log\left[\frac{P_{in}}{P_{out}}\right]$$

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين: Attenuation

- حيث:

P_{in}: ترمز إلى القدرة البصرية على مدخل الليف

P_{out}: ترمز إلى القدرة البصرية على مخرج الليف

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين: Attenuation

- ويمكن إيجاد القيمة العددية P_{in}/P_{out} بالعلاقة العكسية التالية:

$$P_{in}/P_{out} = 10^{0.1(Attenuation)}$$

- يرمز للتوهين في أنظمة الاتصالات البصرية α

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين: Attenuation

- في أنظمة الإتصالات البصرية عادة ما يتم احتساب التوهين للكيلومتر الواحد من طول الخط وفقاً للعلاقة التالية:

$$\alpha\left[dB/km\right]=\frac{1}{L}\left[10\log\frac{P_{in}}{P_{out}}\right]$$

- حيث ترمز L الى طول الخط (الليف) بالكيلومترات(km)

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين الناتج عن إمتصاص الضوء: Light Absorption

- هنالك العديد من الأسباب المسؤلة عن حدوث التوهين في الألياف البصرية والتي تعتمد في الغالب على:-

i. بنية الزجاج
ii. وتصنيعه
iii. وكيفية تركيبة الليف ولحامه

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين الناتج عن إمتصاص الضوء: Light Absorption

- كما هو معروف فإن غالبية الألياف البصرية تصنَع من مادة السيليكا (Silica) (ثاني أكسيد السليكون SiO2).
- وهي المادة التي يصنع منها الزجاج حيث تتم إضافة مواد معينة وبنسب معينة إلى الزجاج للحصول على معاملات انكسار مختلفة

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين الناتج عن إمتصاص الضوء: Light Absorption

- عادة ما ما يمتص الزجاج الضوء الساقط عليه وتسمى هذه العملية بالامتصاص الضمني أو الداخلي(Intrinsic Absorption)
- بالتالي يتسبب في زيادة الفقد على أطوال موجية معينة، ولحسن الحظ فإن قيمة الامتصاص في منطقة الموجات المرئية(0.8µm ~ 1.6 µm) التي تعمل عليها الألياف البصرية قليلة جداً.

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين الناتج عن إمتصاص الضوء: Light Absorption

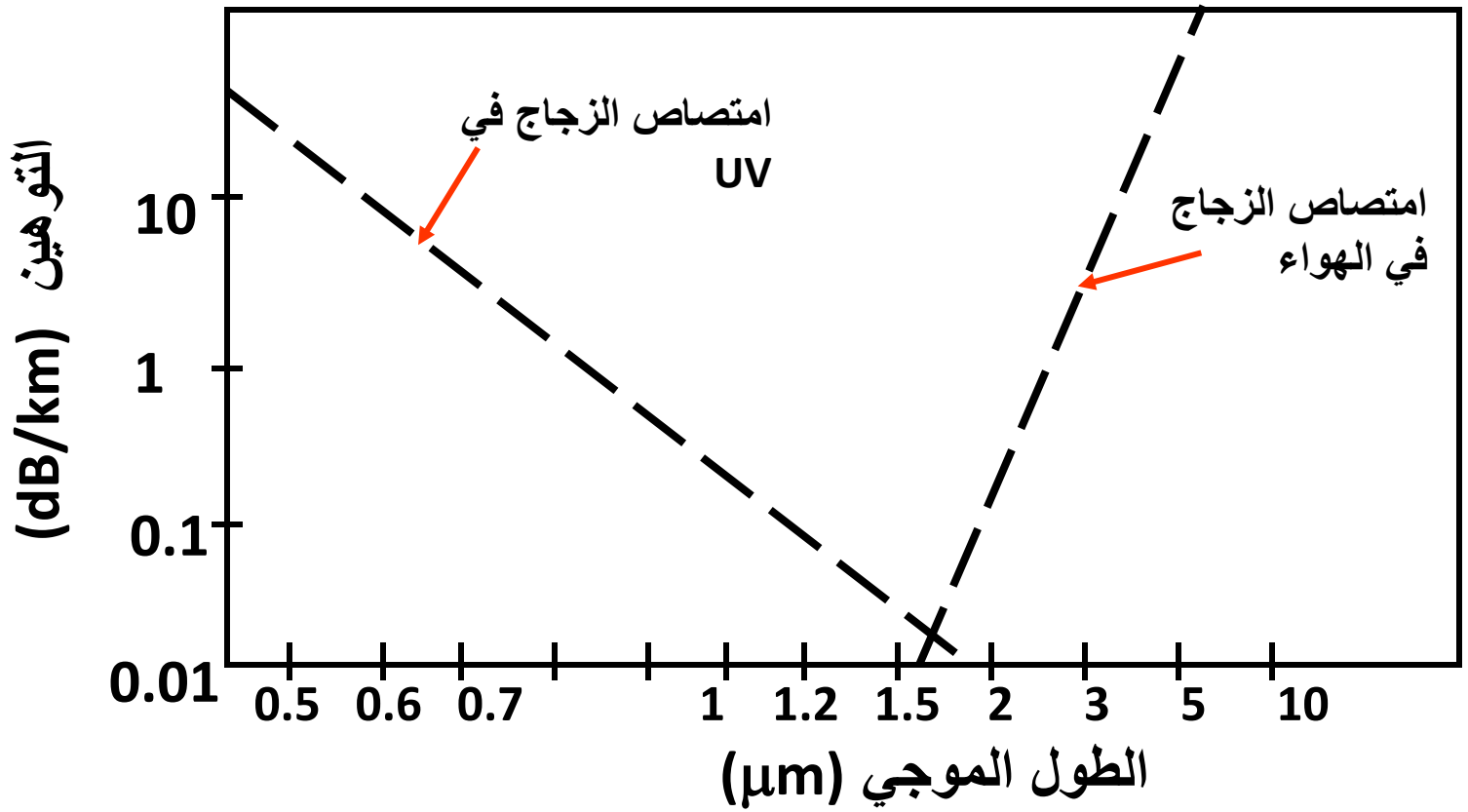
- علاوة على ما سبق ولسوء الحظ توجد بعض الشوائب مثل(**أيونات الهيدروكسيل OH ions**) في مادة السيليكا
- هذه المادة تمتص الضوء عند أطوال الموجات التي تعمل عليها الألياف البصرية مما يؤدي إلى زيادة الفقد.

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين الناتج عن إمتصاص الضوء: Light Absorption

- من الشكل أدناهـ نجد أن أعلى مستويات الفقد الناتج عن الامتصاص على الأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء.
- وأقلها في مدى موجات الألياف البصرية.

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري



امتصاص زجاج السيليكا في الليف البصري

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين الناتج عن التناثر : (Rayleigh Scattering)

- بعد عملية تصنيع الليف البصري يطرأ تغير طفيف على كثافة الزجاج فتصبح غير متجانسة
- يعود ذلك إلى تركيبة الزجاج ويؤدي ذلك إلى عدم ثبات قيمة معامل انكسار الزجاج
- وهذا هو السبب في تناثر الضوء المار خلاله وعادة ما يكون عشوائياً

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

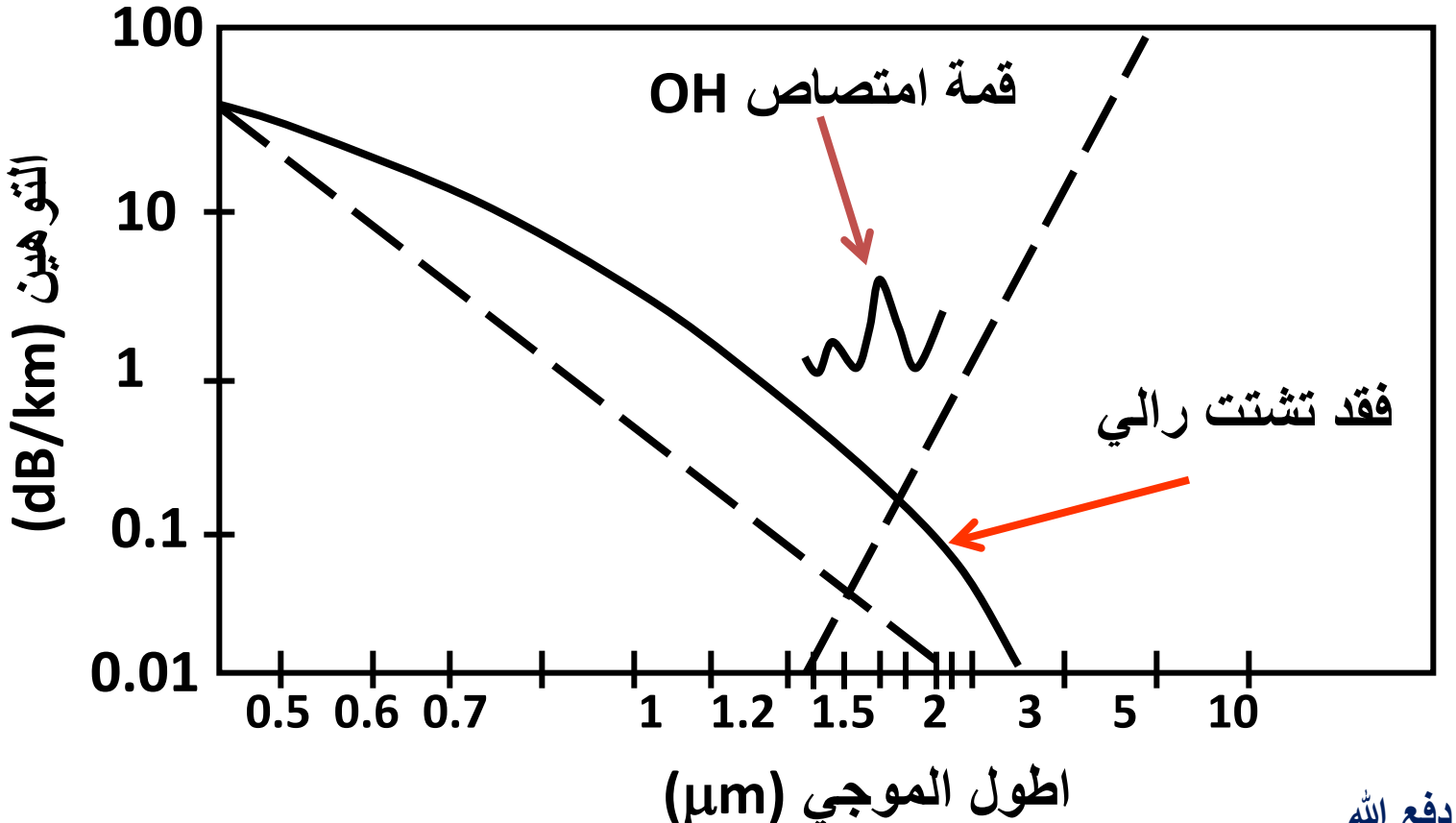
التوهين الناتج عن التناثر : (Rayleigh Scattering)

- يسمى هذا التناثر بتناثر رالي Rayliegh Scattering حيث يتناسب عكسياً مع λ^4 ، لذلك فإن تأثيره يزداد على الأطوال الموجية القصيرة

$$\alpha \propto \frac{1}{\lambda^4}$$

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

الشكل أدناهـ يوضح علاقة التوهين الناتج عن الإمتصاص والتناثر مقارنة مع الطول الموجي في الليف البصري المصنوع من السيليكا:



د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين الناتج عن المشاكل الهندسية: Geometric Problems

- يوجد هنالك الكثير من أنواع التأثيرات الهندسية التي تؤثر على خصائص الليف البصري منها ما ينتج عن -:

i. الانحناءات الكبيرة Macro bending

ii. ما ينتج عن الانحناءات الدقيقة Micro bending

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين الناتج عن المشاكل الهندسية: Geometric Problems

- عادة ما تحدث الانحناءات الكبيرة عند لف الليف على بكرات أو اثناء التركيب Installation.
- يجب الانتباه إلى نصف قطر الانحناء المسموح به Minimum Bend Radius والذي غالباً ما يعطى مع ضمن مواصفات وخصائص الكيبل

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين الناتج عن المشاكل الهندسية: Geometric Problems

- تحدث الانحناءات الدقيقة نتيجة لأخطاء مصنعيه أو ضغوط على الأغلفة المحيطة بالليف حيث تؤدي إلى:-

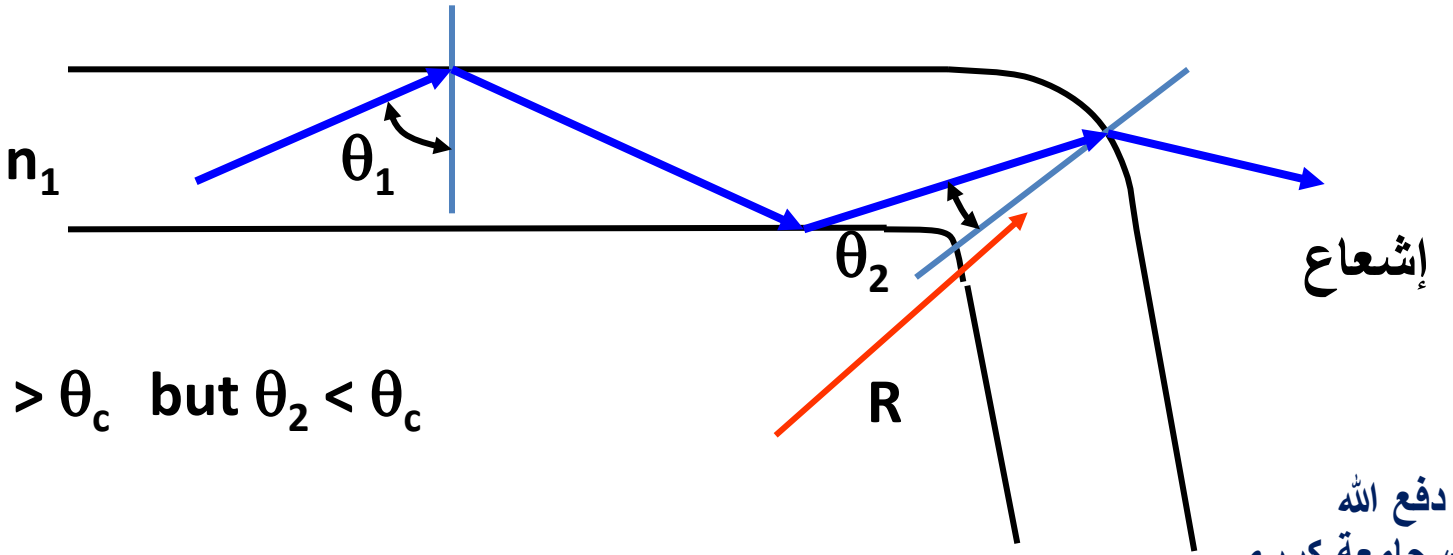
i. خلل في زوايا سقوط الضوء

ii. تداخل الضوء بين الأنماط مما ينتج عنه زيادة في الضوء المفقود

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين الناتج عن المشاكل الهندسية: Geometric Problems

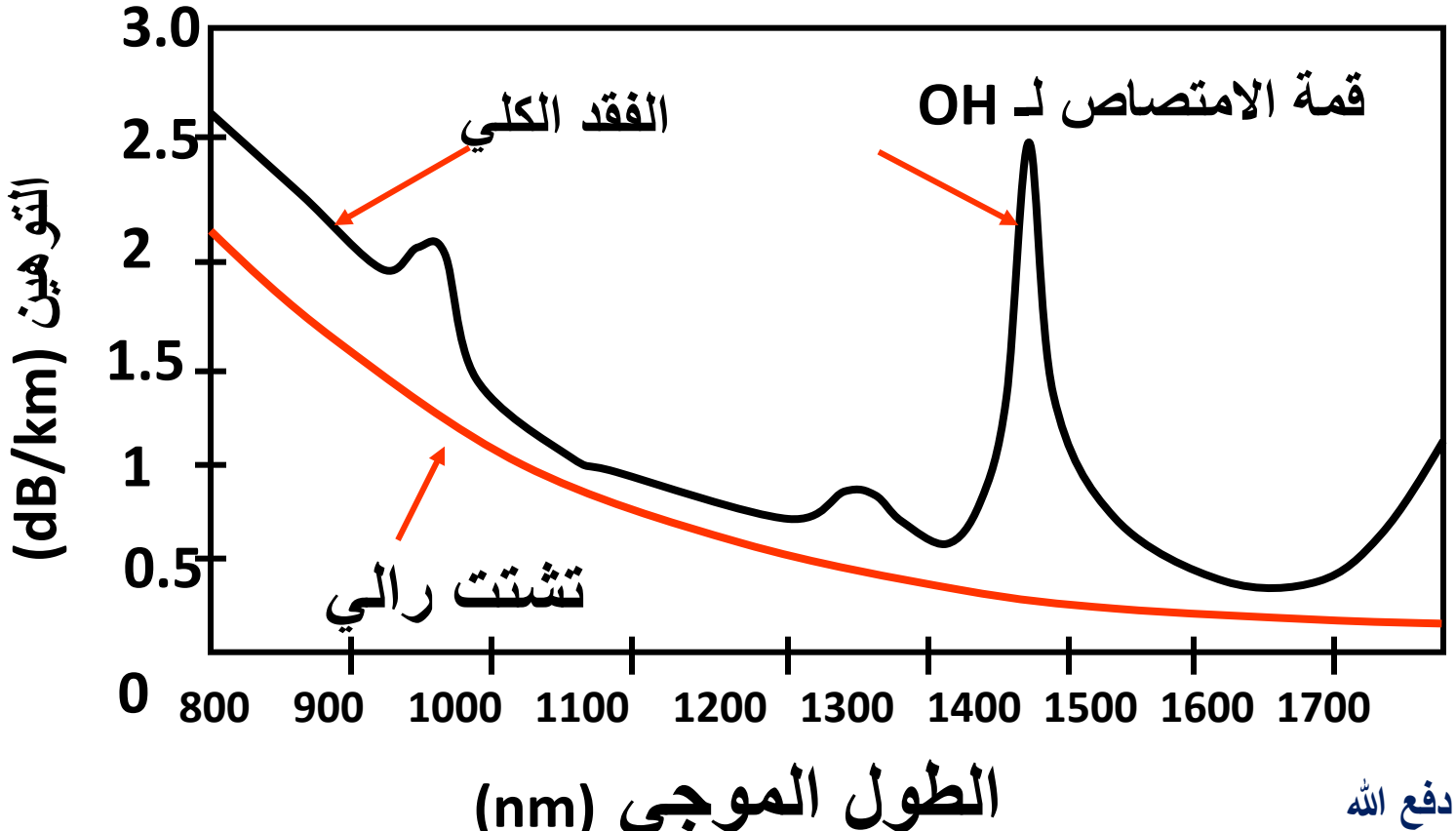
- الشكل أدناهـ يوضح الفقد الناتج عن تأثير الانحناء في الليف البصري وذلك نتيجة لتغير في زوايا سقوط الضوء خلال انتشاره داخل الليف:



د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين الكلي

توهين زجاج السليكا



د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

الفقد الكلي	
ليف زجاجي	
الطول الموجي	الفقد
0.8 µm	**3 dB/km**
1.3 µm	**0.5 dB/km**
1.55 µm	**0.2 dB/km**

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

الفقد الكلي	
ليف بلاستك	
الطول الموجي	الفقد
570 nm	**100 dB/km**
670 nm	**160 dB/km**

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين

- مما سبق يتضح لنا أن قيمة الضوء المفقود خلال الليف تعتمد على عدة أشياء اهمها:

✓نوع الليف (أحادي أم متعدد النمط).

✓طريقة تصنيع الليف.

✓نوع المادة المصنوع منها الليف.

✓ظروف التشغيل.

✓الطول الموجي

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين

- ✓حيث وجد أن أقل فقد يكون على الأطوال الموجية التالية:

λ=850 nm والتي تسمى بالنافذة الاولى First Window

λ=1300 nm والتي تسمى بالنافذة الثانية Second Window

λ=1550 nm والتي تسمى بالنافذة الثالثةThird Window

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

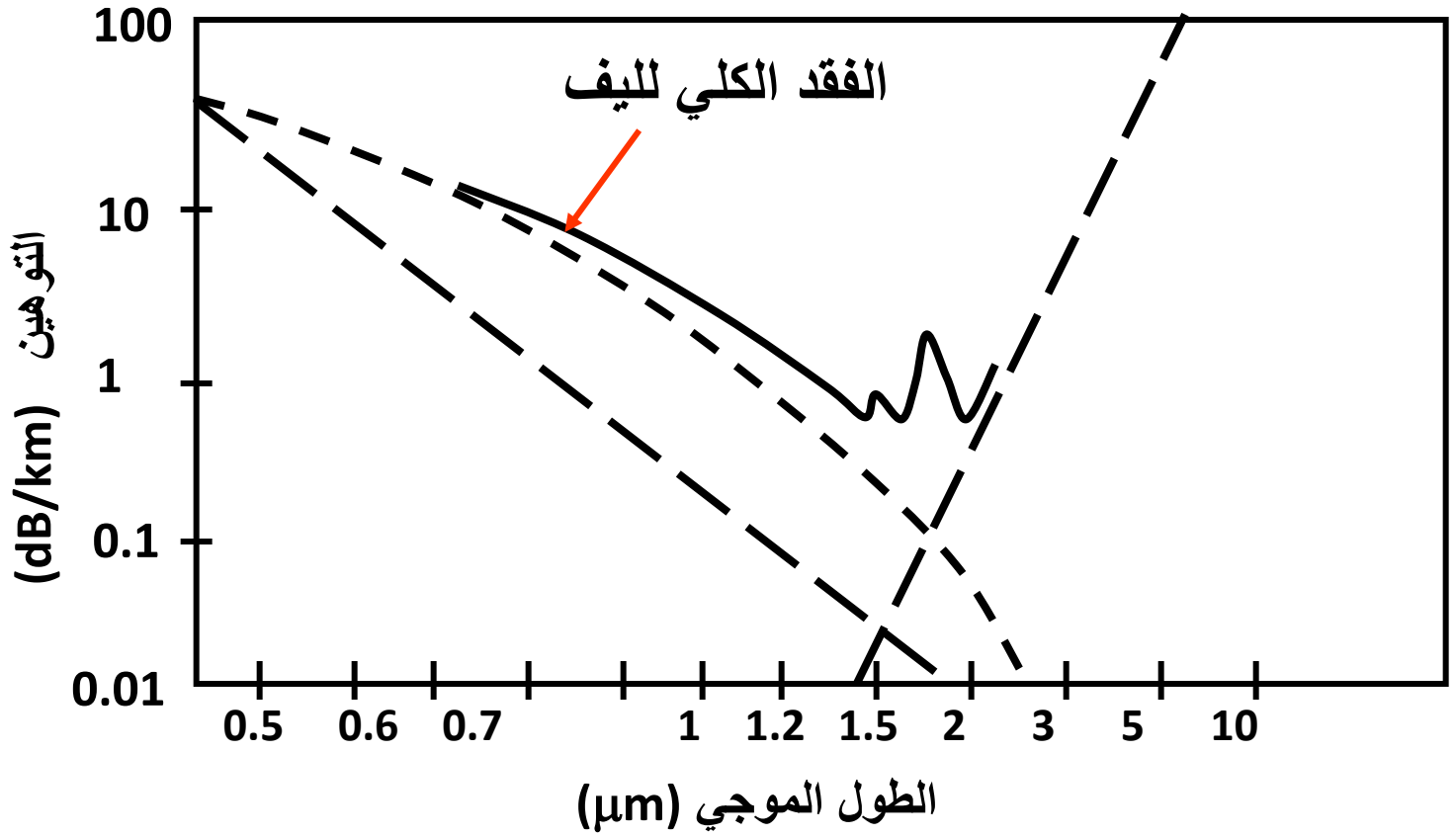
التوهين

- تستخدم النافذة الأولى للمسافات القصيرة وعلى سرعات بث قليلة، أما النافذة الثانية والثالثة فتستخدم للمسافات البعيدة وعلى سرعات البث العالية.
- إن أفضل طول موجي من ناحية أقل توهين ممكن هو: $\lambda=1550$ nm والذي له توهين بمقدار 0.2 dB/km

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري

التوهين

التوهين لزجاج السيليكا



واضح من الشكل أن الفقد يكون أقل كلما كان الطول الموجي كبير

د عثمان محمد دفع الله
أستاذ مشارك جامعة كرري