

INDICE:

- ELETTRONICA → FIBRE OTTICHE
- SISTEMI → IL LIVELLO FISICO

FIBRE OTTICHE

- COSA SONO ?
- ATTENUAZIONE
- DISPERSIONE
MODALE
- DISPERSIONE
CROMATICA
- STRUTTURA DI UN
SISTEMA A FIBRA
OTTICA
- RICHIAMI D'OTTICA



EXIT

COSA SONO ?

L'invenzione delle **fibre ottiche** è da inquadrarsi nel periodo intorno agli anni '70 a seguito di un'intensa ricerca scientifica che si svolse in particolare negli **USA** e nell'**URSS**.

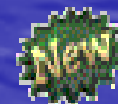
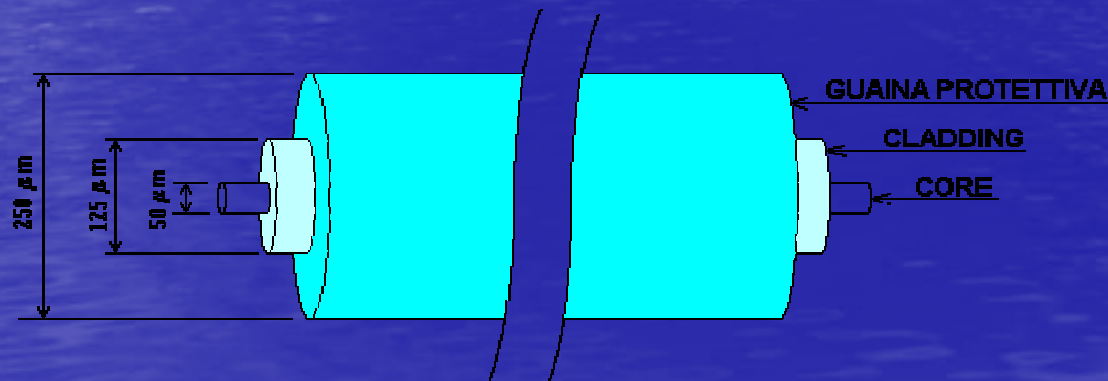
Le **fibre ottiche** sono dei sottilissimi fili di vetro, talora di plastica, ma comunque molto trasparenti alla luce, a sezione cilindrica, flessibili, con uno svariatissimo campo di applicazioni nei settori della **medicina**, dell'**astronomia**, delle **telecomunicazioni**, perfino dell'**arredamento**.

Nel campo delle **telecomunicazioni**, sono usate come canali di comunicazione privilegiati ad **alta velocità**, in quanto consentono velocità di trasmissione dei dati numerici, dell'ordine del **Gigabit/sec**, molto maggiori di quelle dei cavi coassiali loro corrispondenti predecessori, oltre ad innumerevoli ed indiscutibili vantaggi quali la insensibilità alle interferenze e alla diafonia, il basso costo, il volume ridottissimo e la bassissima attenuazione, per cui possono aversi tratte di più di **100 Km** senza necessità di amplificatori.

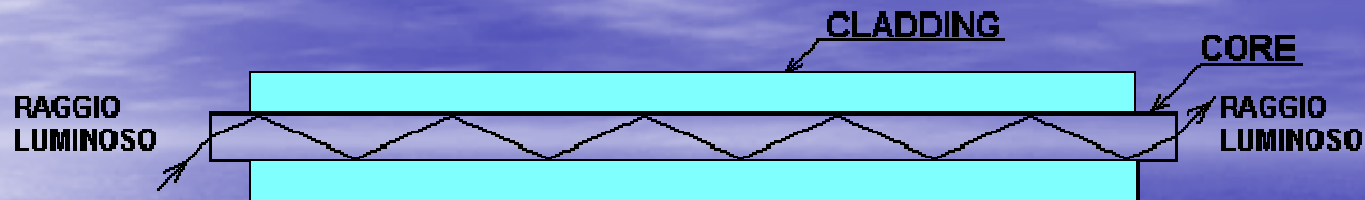
Quelle usate in **telecomunicazioni** vengono attraversate, da un'estremità fino all'altra, da **impulsi luminosi**, nel campo dell'**infrarosso**, e quindi invisibili all'occhio umano.

Le prestazioni delle fibre ottiche sono di gran lunga superiori a quelle dei **cavi coassiali** che le hanno precedute nello stesso impiego fino a venti anni fa, infatti sono in grado, ad esempio, di trasferire **12.000 telefonate contemporaneamente** in una sola fibra.

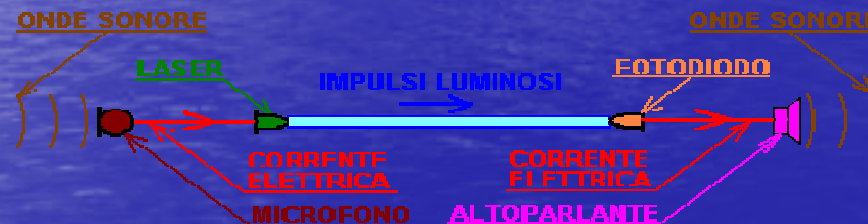
Sono costituite da una parte centrale detta **core (nucleo)** ed una parte esterna detta **cladding (mantello)** realizzate in **silice (SiO₂)**, che è il costituente principale del comune vetro, e da una guaina protettiva in **PVC** come indicato in figura.



- Le fibre ottiche sono dunque usate per effettuare collegamenti numerici e trasmettere informazioni tramite **impulsi luminosi** con una piccolissima attenuazione, oggi (anno 2003) soltanto circa di **0,16 dB/Km**. Questi impulsi vengono immessi nella fibra ottica ad una estremità e, attraverso **riflessioni successive**, arrivano all'altra estremità come indicato nella figura seguente.

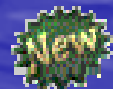


- Il principio di funzionamento della fibra ottica sta nel fatto che il **segnale luminoso**, una volta immesso nella fibra assialmente, vi rimane intrappolato se l'angolo con il quale il raggio è immesso in fibra è inferiore ad un valore detto **angolo di accettazione** che garantisce che all'interno vi sarà riflessione totale e mai rifrazione.
- Il principio di funzionamento della fibra ottica sta nel fatto che il **segnale luminoso**, una volta immesso nella fibra assialmente, vi rimane intrappolato se l'angolo con il quale il raggio è immesso in fibra è inferiore ad un valore detto **angolo di accettazione** che garantisce che all'interno vi sarà riflessione totale e mai rifrazione.



Come si può vedere dallo schema di sopra, estremamente semplificato di un collegamento telefonico che utilizza le fibre ottiche, le **onde sonore** vengono catturate dal **microfono** che è un **trasduttore acustico/elettrico** e le converte in **corrente elettrica** che attraversa il **doppino telefonico**, cioè il filo di rame che costituisce il nostro collegamento elettrico con la centrale telefonica urbana più vicina.

Lì, il **segnale elettrico**, dopo opportuna codifica, viene convertito in **segnale luminoso** da un **laser** o da un **led** e viene immesso in **fibra ottica** attraversando centinaia di chilometri fino a destinazione dove, nella nuova centrale telefonica viene riconvertito in **corrente elettrica**, decodificato, e inviato attraverso il **doppino telefonico** fino a casa del secondo utente dove il ricevitore telefonico, l'**altoparlante** del disegno, nuovo **trasduttore elettro/acustico**, la ritrasforma il **suono** udibile dal destinatario



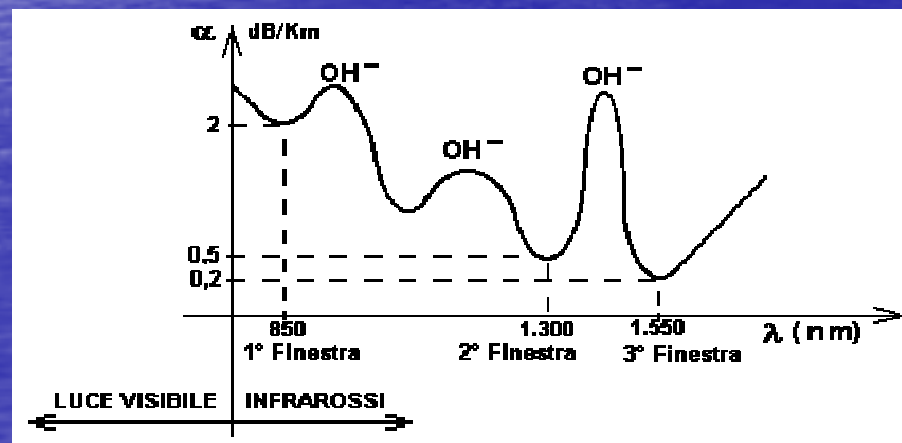
- *La trasmissione in fibra ottica ha sostituito in moltissimi posti i cavi coassiali ed i fili elettrici per la trasmissione delle informazioni ad alta velocità.*
- *Esistono però dei limiti che le fibre ottiche hanno e che devono essere affrontati e risolti:*
- **Attenuazione**
- **Dispersione modale**
- **Dispersione cromatica**
- *Per un studio più approfondimento sulla propagazione dei raggi luminosi all'interno delle fibre ottiche, si può vedere di seguito:*
- **Richiami di ottica**



ATTENUAZIONE

*Inizialmente per la trasmissione in fibra si usava la luce visibile, anche perché veniva più semplice lavorare con raggi visibili piuttosto che con raggi invisibili, ma successivamente, nel tentativo continuo della tecnica di migliorare le prestazioni dei sistemi di telecomunicazioni, si effettuarono esperimenti con raggi ultravioletti ed infrarossi, e si osservò che l'attenuazione degli **infrarossi** era minore di quella della luce visibile all'interno delle fibre ottiche.*

*Si passò così all'utilizzo degli infrarossi in **prima**, poi in **seconda**, ed infine in terza **finestra**, secondo quanto indicato schematicamente in figura, aumentando la lunghezza d'onda λ della luce usata e riducendo l'attenuazione del segnale, raggiungendo così distanze maggiori.*

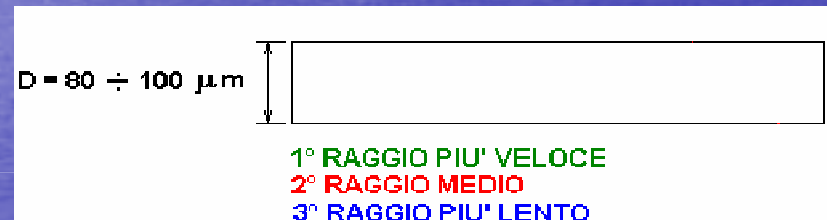


DISPERSIONE MODALE

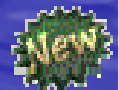
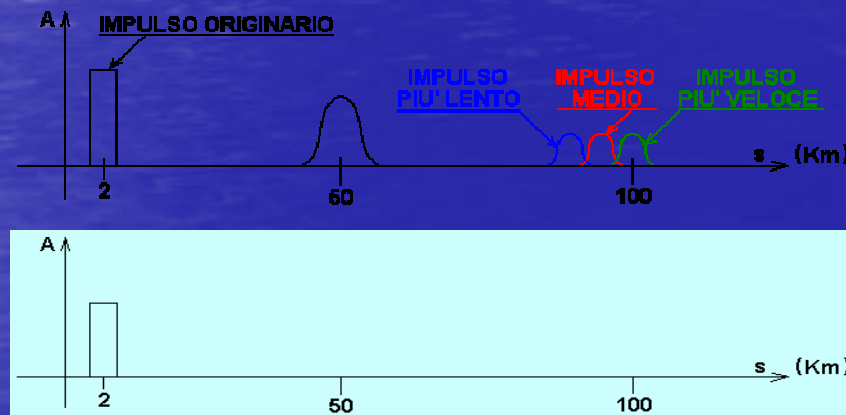
Anche la dispersione modale è un problema che determina un limite alla massima velocità di trasmissione delle informazioni nella fibra ottica.

Per spiegarne il motivo ricordiamo che la luce nell'attraversare la fibra ottica si propaga per riflessioni successive e pertanto da luogo a vari **modi di propagazione** all'interno della fibra, ai quali, però corrispondono differenti lunghezze di tragitti, come indicato schematicamente nell'animazione seguente.

FIBRA MULTIMODO



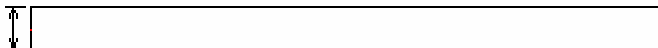
Un impulso luminoso, pertanto, immesso in fibra, si scompone in vari raggi ognuno dei quali segue un percorso diverso all'interno della fibra, giungendo a destinazione in tempi leggermente diversi, leggermente deformato, a breve distanza, e scomposto in vari impulsi più piccoli a grande distanza, secondo quanto descritto dal disegno e dall'animazione seguenti.



E' evidente dunque che, superata una certa distanza, il segnale luminoso, in fibra, si va degradando sempre più fino a divenire irriconoscibile.

*Per risolvere questo problema si sono inventate le fibre **monomodo**, di sezione molto più piccola delle **multimodo**, che consentono il passaggio degli impulsi luminosi seguendo solo un tragitto.*

FIBRA MONOMODO

$D = 5 \div 8 \mu\text{m}$ 

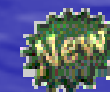
RAGGIO UNICO

*Le fibre **monomodo**, quindi, non hanno il difetto della **dispersione modale**, consentendo di aumentare la portata, però hanno il difetto di una sezione molto minore che comporta il trasporto di una potenza luminosa altrettanto minore che limita un ulteriore aumento della portata.*

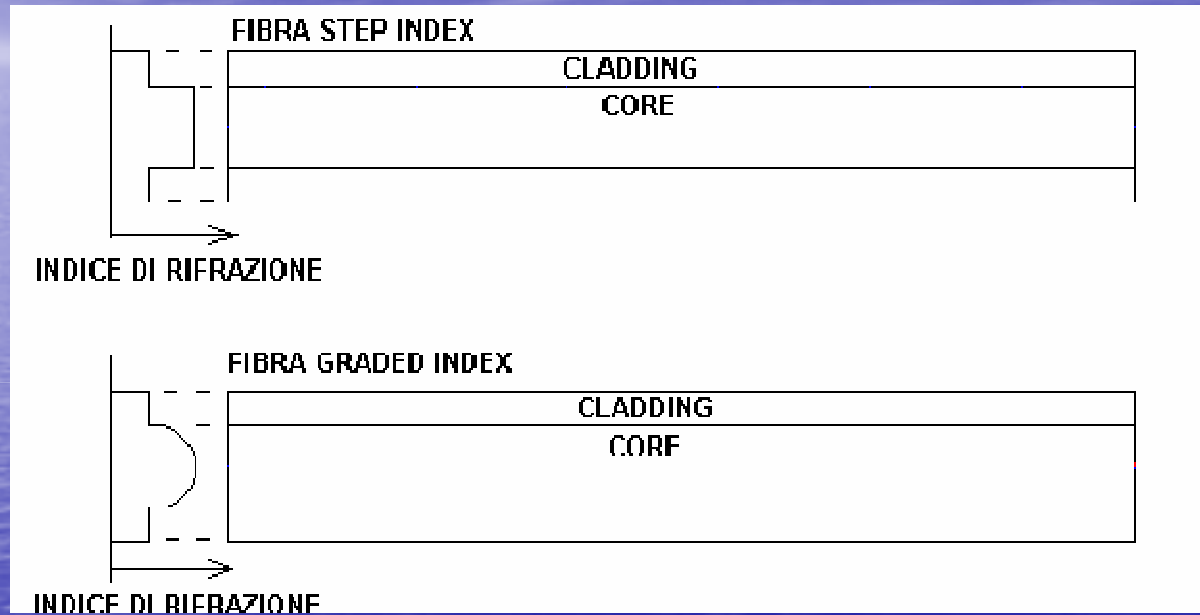
*Un'altra soluzione alternativa alla **dispersione modale** è costituita dalle fibre **multimodo** del tipo **graded - index**, invece che **step - index**.*

Infatti le comuni e più antiche fibre multimodo erano costituite da un core con indice di rifrazione costante ovunque e di un cladding con indice di rifrazione costante ma inferiore a quello del core.

*Il **core** con indice di rifrazione costante determina, come si è visto, il fenomeno della **dispersione modale**, ma se si sagoma l'indice di rifrazione all'interno del core in modo che i raggi che scelgono un percorso più lungo lo facciano in una zona ad indice di rifrazione minore e quindi risultino più veloci, mentre quelli che scelgono un percorso minore lo facciano in una zona con indice di rifrazione maggiore e vengono quindi risultino più lenti, si otterrà, come conseguenza, che tutti arriveranno contemporaneamente, o quasi, eliminando, o fortemente riducendo la **dispersione modale**.*



- D'altronde, essendo grande la **sezione** della fibra, continua ad essere garantita una **potenza ottica** sufficiente con conseguente grande portata chilometrica.



DISPERSIONE CROMATICA

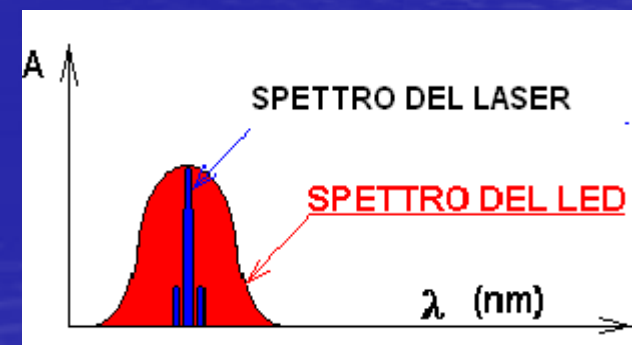
La velocità della luce nello spazio vuoto è una costante universale, ma nel vetro **varia**, sia pure di poco, al **variare della frequenza**, come scoprì Newton con l'esperimento del prisma di vetro che disperde la luce bianca nei colori dell'iride, come avviene naturalmente nell'arcobaleno.



La luce bianca contiene, invero, i sette colori dell'iride, corrispondenti a frequenze diverse, che vengono separate da un **prisma di vetro**, perché, attraversando il vetro, vengono rallentate in modo diverso e quindi deviate in modo diverso. Tutto ciò perché, quindi, la velocità della luce all'interno del vetro è leggermente diversa al variare della frequenza. Anche l'impulso luminoso immesso nella fibra ottica è formato, in genere, da una banda di frequenze, che pertanto è soggetta a sia pur piccole differenze di velocità nell'attraversare il vetro della fibra.

Arrivando a destinazione queste diverse frequenze si separano, come già avviene per la dispersione modale costituendo un altro limite alla massima portata della fibra ottica.

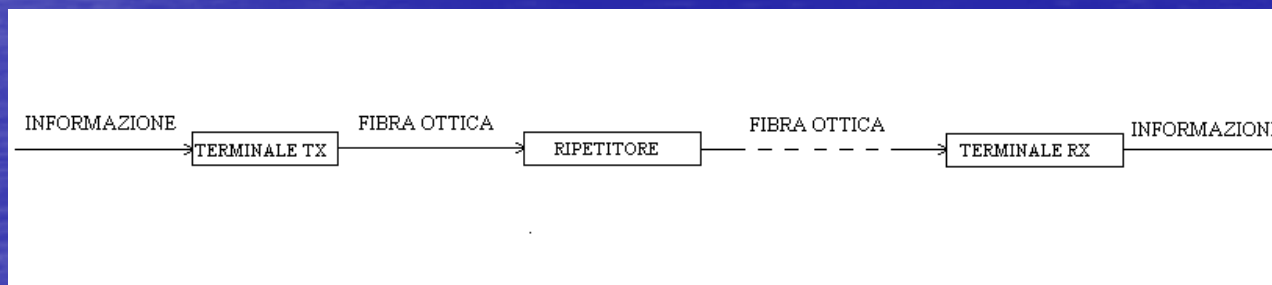
Il problema si risolve, sia pure parzialmente, con l'uso del **LASER** invece che del LED, come generatore luminoso, perché il diodo LASER ha, come si vede dal disegno accanto, uno spettro di frequenze molto più stretto di quello del LED, e determina, quindi, una dispersione cromatica inferiore e di conseguenza comporta una portata della fibra molto maggiore



BACK

STRUTTURA DI UN SISTEMA DI COMUNICAZIONE A FIBRA OTTICA

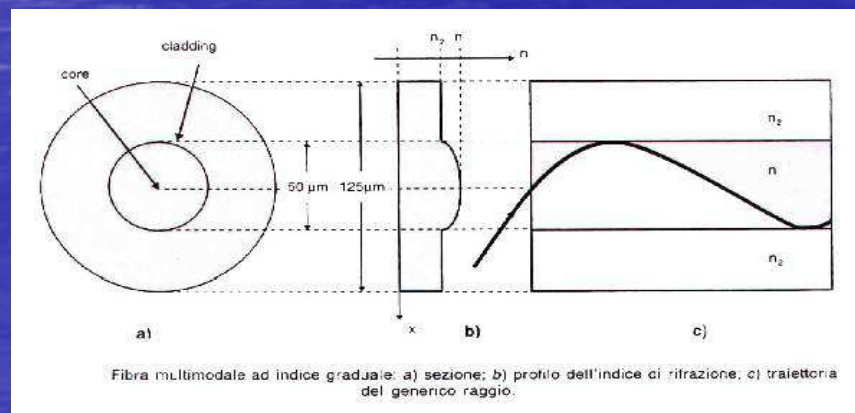
- Con le f. ottiche sono possibili sia la trasmissione analogica di segnali continuamente variabili, sia la trasmissione digitale (un segnale discreto ottenuto trasformando un segnale analogico in un treno di impulsi di luce). Peraltro, data la forte non linearità dei sistemi optoelettronici (laser, diodi emettitori di luce, ecc.), la trasmissione digitale è preferita nella pratica, mentre quella analogica è limitata a modeste distanze e a frequenze di trasmissione più basse. Lo sviluppo delle f. ottiche è stato rapidissimo. Al principio degli anni Settanta si sono realizzati i primi vetri ad altissima trasparenza con attenuazioni abbastanza basse da permettere spezzoni di fibra di alcuni chilometri. Nel 1988 è stato posato il primo cavo transoceanico a f. ottiche di oltre seimila chilometri con solo un centinaio di ripetitori. Quattro fibre, due per direzione, gestiscono 40.000 telefonate in contemporanea. Il cavo di rame posato in precedenza (1983) ha oltre seicento ripetitori e un quarto della portata. Le f. ottiche stanno entrando nelle reti di comunicazione a partire dalle cosiddette reti di giunzione, ossia reti urbane di grande distribuzione fra le connessioni a lunga distanza, e le reti di distribuzione capillare fino alla terminazione d'utente.
- Un esempio di struttura di un sistema di comunicazione in fibra ottica è riportato in figura.



- Il sistema è molto simile a quello convenzionale in cavo: si compone infatti di un trasmettitore Tx, a cui vengono inviate le informazioni da trasmettere (analogiche o digitali).
- I segnali analogici, ad esempio segnali audio/video, sono multiplexati e successivamente convertiti in segnali digitali i quali modulano una sorgente di luce, costituita da un laser o da un LED. Il segnale ottico così generato è inviato alla linea in fibra ottica.
- Il ripetitore consta di un ricevitore ottico che demodula il segnale luminoso e permette di riottenere il segnale modulante: questo è amplificato, rigenerato e successivamente modula la sorgente di luce; si ottiene così ancora un segnale luminoso che è applicato alla linea in fibra ottica della tratta successiva.
- Al terminale di arrivo si trova un ricevitore Rx, costituito da un ricevitore ottico che consente di ottenere il segnale digitale dal segnale luminoso, un amplificatore, un circuito di decodifica, un demultiplexer, che permette di avere in uscita il segnale trasmesso.
- I sensori a f. ottiche sono potenzialmente più sensibili e flessibili dei sensori tradizionali. Con dispositivi optoelettronici è possibile rilevare quasi tutte le grandezze fisiche: temperatura, pressione, spostamento, campi elettrici o magnetici, ecc. È possibile, inoltre, costruire sistemi per ispezioni mediche non intrusive e, di fatto, l'endoscopio è stato una delle prime applicazioni delle f. ottiche. Infine vi sono notevoli aspettative per l'elaboratore ottico, basato sulla luce invece che sull'elettricità (o, in altri termini, dove il fotone invece dell'elettrone è il portatore base dell'informazione).

FIBRE MULTIMODO GRADED-INDEX

- Il problema della dispersione modale è stato in parte risolto cercando di controllare la velocità dei raggi luminosi in modo da ottenere lo stesso ritardo per tutti i raggi e farli giungere all'uscita nello stesso istante. Per questo scopo allora è stato realizzato un profilo con indice di rifrazione del core variabile. In particolare l'indice di rifrazione diminuisce gradualmente dal centro del core fino alla superficie di separazione e rimane costante nel cladding. L'effetto che si ottiene con l'indice del core decrescente è di ottenere per tutti i modi di propagazione percorsi non più rettilinei ma elicoidali: i raggi si riflettono allontanandosi dall'asse del core perchè passano da un mezzo più denso ad uno meno denso. In questo modo i raggi che si allontanano maggiormente dall'asse, cioè quelli che compiono percorsi più lunghi viaggiano in un mezzo con indice di rifrazione minore e quindi con velocità più alta; quelli invece che si avvicinano maggiormente all'asse viaggiano in un mezzo con indice di rifrazione maggiore e quindi velocità più bassa. Pertanto i percorsi più lunghi vengono compensati da una velocità di propagazione maggiore, i percorsi più brevi vengono compensati da una velocità di propagazione minore. All'uscita della fibra la dispersione modale risulta ridotta e i modi arrivano quasi contemporaneamente.



FIBRE MONOMODO STEP-INDEX

Le fibre monomodali con profilo d'indice a gradino presentano un profilo costante nel *core*, il cui diametro è molto ridotto (circa 4 – 10 μm), e decrescente bruscamente con un gradino (*step*) nel mantello dove ancora rimane costante. Il salto dell'indice è dovuto al passaggio dal valore n_1 a valore n_2 . Il diametro del *cladding* è di 125 μm . Il raggio si propaga in un unico modo perché è costretto, dal diametro molto piccolo del *core*, a propagarsi quasi parallelamente all'asse della fibra.

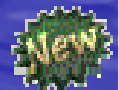
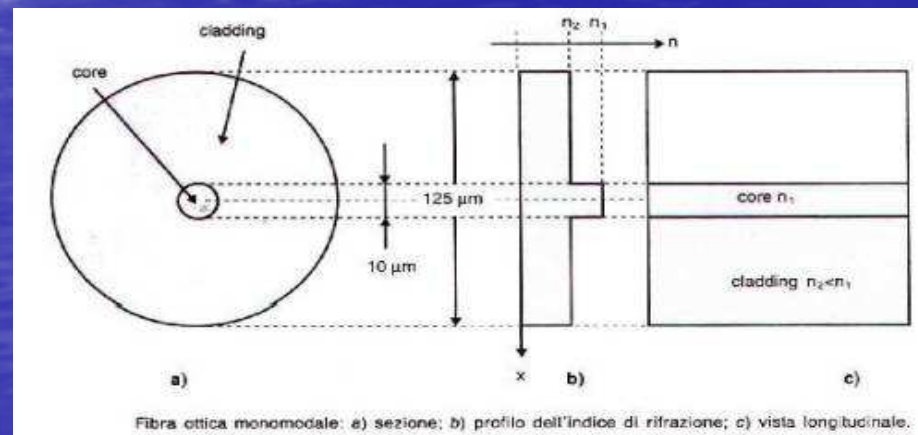
I vantaggi di questo tipo di fibra sono:

- elevato tempo di vita (circa 20 anni);
- assenza di dispersione;
- minima perdita della potenza ottica;
- attenuazione $< 0,45 \text{ dB/Km}$ (a $\lambda = 1300 \text{ nm}$);
- larghezza di banda $> 10 \text{ GHz/Km}$ (a $\lambda = 1300 \text{ nm}$).

Gli svantaggi si limitano fondamentalmente in due punti :

- problemi di connessione a causa del piccolissimo diametro del *core* (perdite per disallineamento assiale);
- elevata potenza ottica richiesta.

I numerosi vantaggi permettono attualmente di utilizzare ampiamente questo tipo di fibra nel campo delle telecomunicazioni. La realizzazione di queste fibre si ottiene rendendo molto prossimi gli indici del *core* e del *cladding*, con conseguente diminuzione dell' N . A ,riducendo il diametro della fibra, secondo la formula



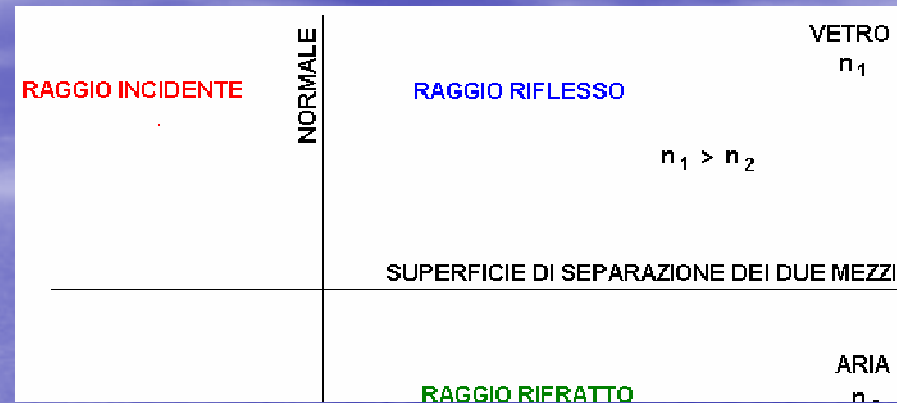
FIBRE MULTIMODO STEP-INDEX

- Il profilo dell'indice di rifrazione è come quello già visto per le fibre monomodo l'unica differenza è che in questo caso il diametro del *core* è di 50-60 mm, mentre il diametro del *cladding* può assumere dimensioni tra 125-750 mm.
La propagazione dei raggi di luce nel *core* avviene per ripetute riflessioni (a zig-zag) e siccome hanno la stessa velocità e l'indice di rifrazione è costante, arrivano all'estremità più lontana in tempi diversi (alta dispersione modale).
Il materiale di base per la realizzazione di questo tipo di fibre è la silice che presenta buone caratteristiche meccaniche, adatte per la lavorazione, buon comportamento nello spettro visibile ed infrarosso e bassa attenuazione. Per aumentare il suo indice di rifrazione, quello relativo al *core*, si aggiungono delle impurità (drogaggio) quali ossido di fosforo o di boro. Per quello del *cladding* invece si aggiunge ossido di fluoro.
Le fibre multimodali step-index non trovano applicazione a causa dell'alta dispersione modale ($B_t = B_m$) e delle perdite di potenza.
L'attenuazione per questo tipo di fibra si aggira intorno ai 5 dB/Km con una lunghezza di banda di 50 MHz/Km. Questi dati si riferiscono ad una lunghezza d'onda di $\lambda = 820\text{nm}$.
L'allargamento temporale dovuto alla dispersione modale assume i seguenti valori tipici:
 - per fibre multimodo $D_{tm} = 10\text{-}20\text{ ns/km}$;
 - per fibre monomodo $D_{tm} = 0$.

RICHIAMI DI OTTICA

- *Per comprendere come un segnale luminoso possa venire trasmesso attraverso una fibra ottica è necessario ricordare alcune essenziali nozioni di **Fisica** sulla propagazione della luce ed, in particolare, le leggi di **Snell**. La luce si propaga nel **vuoto** alla velocità costante di:*
- **$c = 3 \times 10^8 \text{ m/sec}$**
- *In qualunque altro mezzo trasparente, la velocità della luce è sempre di poco inferiore a questo valore.*
- *Nell'**acqua** è di circa:*
- **$v = 2,25 \times 10^8 \text{ m/sec}$**
- *nel **vetro**, invece, è di circa:*
- **$v = 2 \times 10^8 \text{ m/sec}$**
- *La parola "**circa**" è dovuta al fatto che questa velocità varia, anche se di poco, al variare dei componenti chimici costitutivi del vetro che, come è noto, è un miscuglio amorfo di **silice (SiO₂) = biossido di silicio**) e di altri additivi.*
- *Si definisce **indice di rifrazione n** il rapporto fra la velocità della luce nel vuoto **c** e la velocità della luce **v** in un altro mezzo.*
- *Esistono quindi tanti indici di rifrazione **n** quanti sono i mezzi trasparenti.*

- Un raggio luminoso, che si propaga in un mezzo trasparente, ad esempio il **vetro**, con indice di rifrazione **n_1** ed incontra un altro mezzo pure trasparente, con indice di rifrazione **n_2** diverso, ad esempio minore, come l'**aria**, viene in parte **riflesso** ed in parte **rifratto** come indicato in figura.



La prima legge di **Snell** riguarda la riflessione e dice che **il raggio incidente ed il raggio riflesso formano lo stesso angolo con la normale** cioè, in formula, con riferimento alla figura di sopra:

$$\Phi_1 = \Phi_3$$

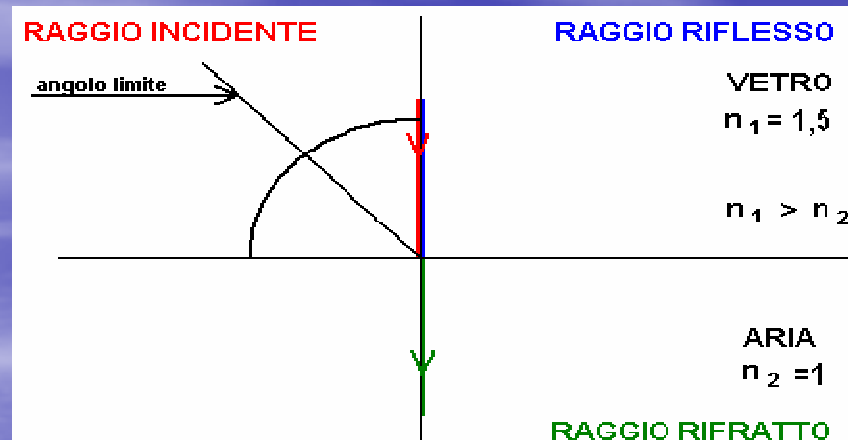
La seconda legge di **Snell** invece riguarda il fenomeno della rifrazione e **lega gli angoli incidente e riflesso con gli indici di rifrazione, secondo la formula:**

$$\frac{\text{sen}\Phi_1}{\text{sen}\Phi_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Poiché $n_1 > n_2$, di conseguenza, $\Phi_2 > \Phi_1$, ma $\text{sen}\Phi_2$, può assumere al massimo il valore di **1**, cui corrisponde un angolo di rifrazione di **90°**, cioè praticamente l'assenza di rifrazione.

Si deduce, come conseguenza che, al crescere dell'angolo di incidenza, anche l'angolo di rifrazione cresce, ma più rapidamente, fino a che, quando il primo raggiunge il valore detto **angolo limite**, il secondo raggiunge il valore di 90°, non dando più luogo a rifrazione, come indicato dalla seguente animazione.





SU QUESTO PRINCIPIO SI BASA IL FUNZIONAMENTO DELLE FIBRE OTTICHE

*Un raggio luminoso, dunque, viene immesso ad un estremo della fibra ottica, facendo in modo che l'angolo di incidenza fra il **core** ed il **cladding** sia superiore al **valore limite**, pertanto non vi sarà mai rifrazione, ma solo riflessione ed il segnale si propaga per riflessioni successive sino all'altro estremo.*

*L'angolo limite si ha dunque in corrispondenza di **sen Φ_L = 1** e quindi il suo valore è dato da:*

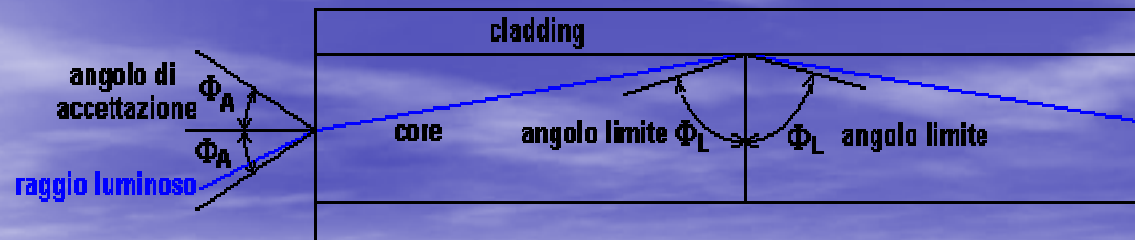
$$\text{sen } \Phi_L = \frac{n_2}{n_1}$$

*se, ad esempio si scelgono due fibre ottiche con indici: **n1=1,46** e **n2=1,47**, si ricava:*

$$\Phi_L = \arcsen \frac{n_2}{n_1} = \arcsen \frac{1,46}{1,47} = 83,3^\circ$$

*Si definisce dunque **angolo di accettazione** l'angolo massimo entro cui deve essere immesso il raggio ottico all'interno della fibra in modo che sia garantita la propagazione per riflessioni interne senza rifrazione esterna verso il cladding.*

FIBRA OTTICA



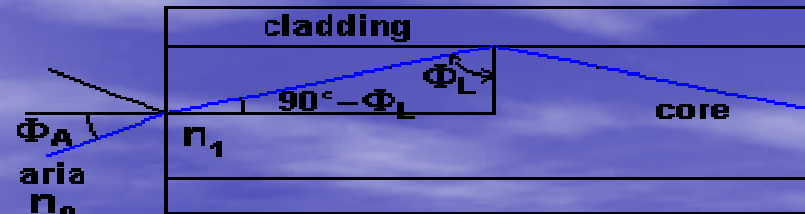
Anche l'angolo di accettazione può essere espresso in funzione degli indici di rifrazione del **core** e del **cladding**. Applicando la 2° legge di Snell alla immissione del raggio luminoso dall'aria, con indice $n_0 = 1$, al core con indice n_1 si ha:

$$\text{sen}\Phi_A = \frac{n_1}{n_0} \text{sen}(90^\circ - \Phi_L) \quad \text{ovvero:} \quad \text{sen}\Phi_A = \frac{n_1}{n_0} \text{sen}(90^\circ - \Phi_L)$$

Anche l'angolo di accettazione può essere espresso in funzione degli indici di rifrazione del **core** e del **cladding**. Applicando la 2° legge di Snell alla immissione del raggio luminoso dall'aria, con indice $n_0 = 1$, al core con indice n_1 si ha:

$$\frac{\text{sen}\Phi_A}{\text{sen}(90^\circ - \Phi_L)} = \frac{n_1}{n_0} \quad \text{ovvero:} \quad \frac{\text{sen}\Phi_A}{\text{sen}(90^\circ - \Phi_L)} = \frac{n_1}{n_0}$$

FIBRA OTTICA



Φ_L = angolo limite

Φ_A = angolo di accettazione

Ma poiché è:

$$\text{sen}(90^\circ - \Phi_L) = \cos \Phi_L = \sqrt{1 - \text{sen}^2 \Phi_L} = \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \sqrt{\frac{n_1^2 - n_2^2}{n_1^2}} = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_1}$$

ovvero:

$$n_0 = 1$$

ed anche:

si ricava, semplificando:

$$\text{sen} \Phi_A = \frac{n_1}{n_0} \text{sen}(90^\circ - \Phi_L) = \frac{n_1}{n_0} \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_1} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

ovvero:

$$\Phi_A = \arcsen \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Nel caso pratico dell'esempio di sopra si ottiene:

$$\Phi_A = \arcsen \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \arcsen \sqrt{1,47^2 - 1,46^2} = 9,8^\circ$$

SISTEMI

- IL LIVELLO FISICO
- IL MODELLO ISO/OSI

IL LIVELLO FISICO

- CHE COSA E'?
- TRASMISSIONE DEI SEGNALI
- DISTORSIONE
- MEZZI TRASMISSIVI ELETTRICI

CHE COSA E'?

- Per realizzare le tipologie di rete (LAN, MAN e WAN), è necessario collegare fisicamente gli elaboratori e le apparecchiature di rete mediante opportuni mezzi trasmissivi.
- Oggi è disponibile una notevole varietà di mezzi trasmissivi e la scelta determina diverse possibili tipologie di impiego (punto-punto, punto-multipunto o broadcast) nonché un'ampia gamma di velocità di trasmissione: da poche centinaia di bit al secondo (b/s) a miliardi di bit al secondo (Gb/s).

TRASMISSIONE DEI SEGNALI

La trasmissione delle informazioni in forma digitale, cioè la cosiddetta trasmissione dati, richiede innanzitutto la codifica di tali informazioni in termini di bit.

I mezzi trasmissivi utilizzati nelle reti di calcolatori si suddividono attualmente in tre categorie, in base al tipo di fenomeno fisico utilizzato per la trasmissione dei bit:

- **Mezzi elettrici:** sono i mezzi trasmissivi classici, che sfruttano la proprietà dei metalli di condurre l'energia elettrica. Per trasmettere i dati si associano ai bit particolari valori di tensione o di corrente, o determinate variazioni di tali grandezze. (Es.: doppino telefonico, cavo seriale ecc.)
- **Onde radio (detti mezzi "wireless o cordless"):** sono stati introdotti successivamente ai mezzi elettrici, e le applicazioni spaziano dalle reti locali (in grande espansione negli ultimi anni) ai collegamenti via ponte radio o satellite per reti geografiche. In essi, il fenomeno fisico utilizzato è l'onda elettromagnetica, che ha la proprietà di propagarsi nello spazio e di riprodurre a distanza una corrente elettrica in un dispositivo ricevente (antenna). (Es.: satellite, telefono cordless ecc.)
- **Mezzi ottici:** laser e fibre ottiche, in cui il fenomeno fisico utilizzato è la luce. Si tratta dei mezzi trasmissivi più recenti, che hanno rivoluzionato il settore delle telecomunicazioni.

DISTORSIONE

- Tutti i fenomeni fisici utilizzati si basano sul trasporto di una qualche forma di energia che codifica l'informazione (segnale), a cui però si oppone il sistema fisico attraversato, determinando un'**attenuazione** dell'energia trasmessa.
- Tale attenuazione è inoltre diversa a seconda della frequenza, e questo determina la necessità di considerare, per ogni mezzo trasmissivo, la sua banda passante, cioè l'insieme delle frequenze che possono essere trasmesse senza attenuazione eccessiva.
- A seconda delle applicazioni, la banda passante può essere definita semplicemente come valori di frequenza minimo e massimo ai quali l'attenuazione raggiunge valori standard oppure tramite tabelle che forniscono i valori di attenuazione a diverse frequenze.
- Il diverso comportamento del mezzo trasmissivo in funzione della frequenza genera anche **distorsione**, cioè l'alterazione dell'andamento nel tempo del segnale.
- Ad alterare il segnale concorre anche il **rumore**, cioè la sovrapposizione al segnale di energia proveniente da elementi esterni al sistema trasmissivo (ad esempio disturbi elettromagnetici dovuti a linee di alimentazione elettrica) o interni (ad esempio il rumore generato dai dispositivi elettronici di amplificazione).
- Un tipo particolare di rumore, frequente nei sistemi trasmissivi adottati per le LAN, è rappresentato dalla **diafonia**: l'energia che si somma a quella del segnale sul mezzo trasmissivo in esame proviene dalla trasmissione di un altro segnale su un altro mezzo trasmissivo analogo in prossimità del primo.
- Per tutti i fenomeni appena descritti non è importante quantificarne l'effetto in termini assoluti, bensì in termini relativi, Per questo si usa come unità di misura il decibel (dB), grandezza che esprime il rapporto, in termini logaritmici, di due grandezze fisiche.

MEZZI TRASMISSIVI ELETTRICI

- I mezzi trasmissivi elettrici rappresentano ancora oggi il mezzo più diffuso, e nell'ambito delle reti locali assumono fondamentale importanza soprattutto per la realizzazione di infrastrutture per la trasmissione di segnali all'interno degli edifici.
- Dovendo trasportare il segnale in forma di energia elettrica, è necessario che le caratteristiche elettriche del mezzo siano tali da rendere massima la trasmissione dell'energia da un estremo all'altro e minima la dissipazione in altre forme (calore, irradiazione elettromagnetica) attraverso apposite schermature, e la forma d'onda resti il più possibile inalterata.
- Purtroppo, per ottenere ciò, non è possibile avere una certa flessibilità, sicurezza, ininfiammabilità, ecc. Ciononostante, con l'attuale tecnologia è possibile realizzare mezzi trasmissivi elettrici di caratteristiche sufficientemente elevate da permettere la trasmissione dei dati a velocità superiori a 100 Mb/s.

IL MODELLO ISO/OSI

- CHE COSA E'?
- LA STRATIFICAZIONE
- I COMPITI BASE DEI 7 LIVELLI



EXIT

CHE COSA E'?

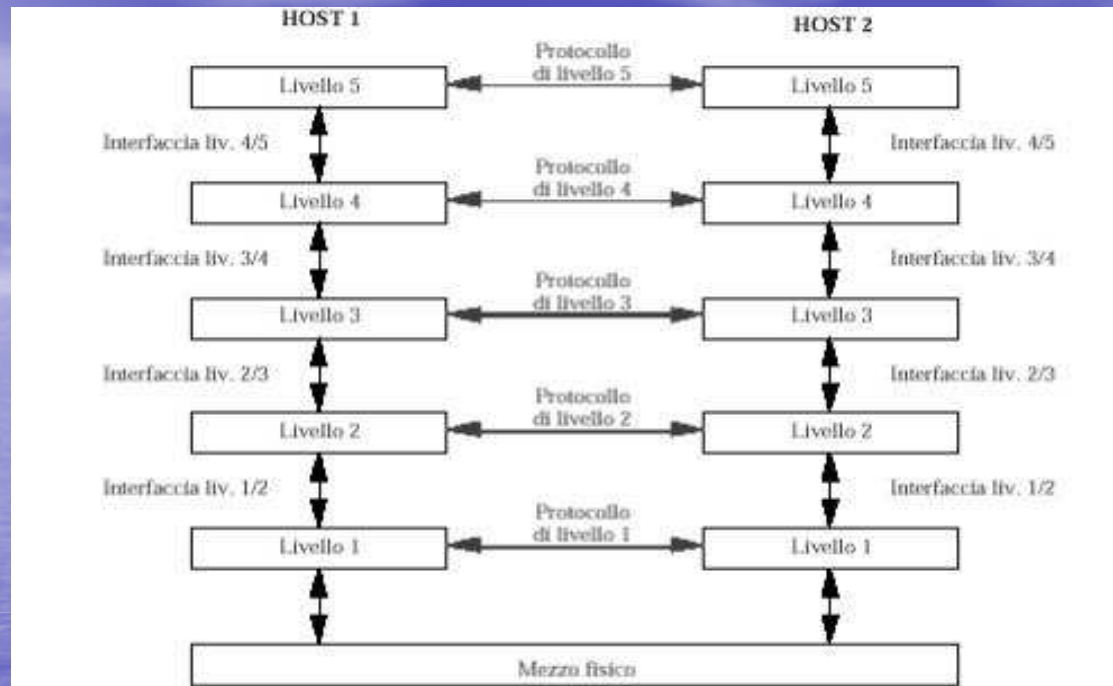
- Il collegamento e la cooperazione tra sistemi informatici che utilizzano sistemi operativi incompatibili tra loro è una delle principali esigenze del mercato attuale. I sistemi capaci di interagire tra loro sono detti **aperti** quando permettono le comunicazioni in accordo con gli standard specificati nel modello generale **OSI (Open System Interconnection)**.
- Tali standard sono definiti dall' **ISO (International Standard Organization)**, ossia l'agenzia dell'ONU responsabile degli standard internazionali.
- Il problema consiste nella comunicazione tra due o più sistemi informativi, applicazioni o terminali, che usano internamente regole e tecniche diverse.
- Vengono quindi definite dal comitato ISO le strutture le regole, i comandi ed i meccanismi di controllo definendo un **modello di riferimento**.
- Un *modello di riferimento* si distingue da *un'architettura di rete*:
- Un **modello di riferimento** definisce il numero, le relazioni e le caratteristiche funzionali dei livelli, ma non definisce i protocolli effettivi;
- Una **architettura di rete** definisce, livello per livello, i protocolli effettivi
- Il modello ISO/OSI suddivide le necessarie funzioni logiche in 7 diversi *strati funzionali*, detti "**layer**" (livelli) come mostrato in figura.

LA STRATIFICAZIONE

UTENTE A		UTENTE B	
APPLICAZIONE	LIVELLO 7	APPLICAZIONE	PROTOCOLLI DI ELABORAZIONE DI ALTO LIVELLO
PRESENTAZIONE	LIVELLO 6	PRESENTAZIONE	
SESSIONE	LIVELLO 5	SESSIONE	
TRASPORTO	LIVELLO 4	TRASPORTO	PROTOCOLLI DI COMUNICAZIONE DI BASSO LIVELLO
RETE	LIVELLO 3	RETE	
LINEA	LIVELLO 2	LINEA	
INTERFACCIA FISICA	LIVELLO 1	INTERFACCIA FISICA	

- L'insieme dei 7 layer garantisce tutte le funzioni necessarie alla rete comunicativa tra sistemi, nonché una gamma molto ampia di funzioni opzionali (compressione e cifratura): si è suddiviso un compito complesso in un insieme di compiti più semplici.
- I principi del modello OSI sono i seguenti:
- Ogni livello deve avere una funzione ben definita;
- La scelta dei livelli deve: minimizzare il passaggio delle informazioni tra livelli;
- Evitare troppe funzioni in un livello o troppi livelli.
- Il modello ha tre capisaldi:
- **Simmetria:** i due utenti devono utilizzare le stesse funzioni logiche, quindi facilmente interpretate dall'altro utente;
- **Struttura gerarchica:** i vari livelli devono essere organizzati in una rigida gerarchia;
- **Modularità:** ogni livello deve avere definite le stesse funzioni interne e le stesse interfacce, in modo che ogni livello possa essere sostituito con uno diverso, ma avendo queste caratteristiche, sia compatibile con gli altri.
- Tra un tipo di rete ed un'altra, possono essere diversi:
- il numero di livelli;
- i nomi dei livelli;
- il contenuto dei livelli;
- le funzioni dei livelli.
- C'è però il principio generale sempre rispettato (fig. ridotta a 5 livelli).





Fra ogni coppia di livelli adiacenti è definita una **interfaccia**, che caratterizza:
 le operazioni primitive che possono essere richieste al livello sottostante;
 i servizi che possono essere offerti dal livello sottostante.

I COMPITI DI BASE DEI 7 LIVELLI

- **livello applicativo:** il processo elaborativo elabora i dati in accordo sia alle richieste dell'utente, sia alle norme applicative prestabilite e si occupa di preparare sia i dati da trasmettere sia i motivi della trasmissione.
- **livello presentazione:** i dati vengono strutturati in modo che il processo remoto possa comprenderli ed elaborarli.
- **livello sessione:** il sistema esamina se esiste una connessione con l'altro utente e ne controlla le regole della comunicazione o le stabilisce.
- **livello trasporto:** vengono definiti dei dettagli tecnici in accordo con le regole di dialogo.
- **livello di rete:** viene scelto il percorso effettivo dei dati nella rete.
- **protocollo di linea:** il messaggio viene strutturato nel formato previsto.
- **livello di interfaccia fisica:** il messaggio viene passato all'adattatore di linea, il quale invia i singoli bit a seconda del mezzo fisico utilizzato.



A blue-tinted photograph of a vast ocean under a cloudy sky. The text "THE END" is centered in white.

THE END