



**PROPRIETÀ
OTTICHE DEI
MATERIALI**

**ATTIVITÀ PER GLI
STUDENTI**

VERSIONE ORIGINALE

MATERIALS SCIENCE PROJECT

UNIVERSITY-SCHOOL
PARTNERSHIPS FOR THE DESIGN
AND IMPLEMENTATION OF
RESEARCH-BASED ICT-ENHANCED
MODULES ON MATERIAL
PROPERTIES

SPECIFIC SUPPORT ACTIONS

FP6: SCIENCE AND SOCIETY: SCIENCE
AND EDUCATION



PROJECT COORDINATOR
CONSTANTINOS P. CONSTANTINOU,
LEARNING IN SCIENCE GROUP,
UNIVERSITY OF CYPRUS

PROJECT PARTNERS



ACKNOWLEDGMENT



RESEARCH FUNDING FOR THE
MATERIALS SCIENCE PROJECT
WAS PROVIDED BY THE EUROPEAN
COMMUNITY UNDER THE SIXTH
FRAMEWORK SCIENCE AND
SOCIETY PROGRAMME (CONTRACT SAS6-CT-2006-
042942).

THIS PUBLICATION REFLECTS ONLY THE VIEWS OF
THE AUTHORS AND THE EUROPEAN COMMUNITY IS
NOT LIABLE FOR ANY USE THAT MAY BE MADE OF
THE INFORMATION CONTAINED HEREIN.

© DESIGN:
n.eleana@cytanet.com.cy
2010, NICOSIA - CYPRUS

PROPRIETÀ OTTICHE DEI MATERIALI

Progettazione e sviluppo

Personale Universitario

Gabriella Monroy
Sara Lombardi
Ester Piegari
Elena Sassi
Italo Testa

Insegnanti di scuola

Berlangieri Gerardo
Cascini Emanuela
D'Ajello Caracciolo Gabriele
Di Benedetto Maria
Gallo Susetta
Montalto Giorgio
Santaniello Aurelia
Tuzi Tiziana

Altri contributi

*Trasferimento, implementazione
e feedback*

Personale Universitario

Dimitris Psillos
Hatzikraniotis Euripides
Molohidis Anastasios
Soulis Ioannis

Insegnanti di scuola

Axarlis Stelios
Bisdikian Garabet
Lefkos Ioannis

Esperto esterno

Martine Meheut

INDICE

UNITÀ 0: VISIONE	09
0.1. Come vediamo?	10
0.1.1. Esperimento: Luce in una scatola	10
0.1.2. Esperimento: Spada laser	10
0.1.3. Attività: Un tuffo nell'acqua	11
<hr/>	
UNITÀ 1: GUIDE DI LUCE	13
1.1. Fibre Ottiche	14
1.1.1. Esperimento: La lampada a fibre ottiche	14
1.1.2. Esperimento: Pieghiamo una fibra	14
1.1.3. Esperimento: Inviare segnali	14
1.1.4. Attività: A cosa servono le fibre ottiche?	15
<hr/>	
1.2. Possiamo realizzare una guida di luce?	16
1.2.1. Esperimento: Il getto colorato	16
<hr/>	
1.3. Osserviamo il percorso della luce	18
1.3.1. Esperimento: La vaschetta d'acqua	18
<hr/>	
1.4. Come e quando devia la luce? Rifrazione	20
1.4.1. Attività al calcolatore: Misura dell'indice di rifrazione	20
1.4.2. Attività al calcolatore: L'indice di rifrazione come proprietà di un materiale	20
1.4.3. Attività al calcolatore: Legge di Snell della rifrazione	21
<hr/>	
1.5. Come e quando devia la luce? Riflessione	22
1.5.1. Attività al calcolatore: Rifrazione e riflessione	22
1.5.2. Attività al calcolatore: Legge della riflessione	22
1.5.3. Attività al calcolatore: Misura dell'angolo critico	23
<hr/>	
1.6. Come è fatta una guida di luce? Primi indizi	24
1.6.1. Attività: Core e cladding di una guida di luce	24

UNITÀ 2: DALLE GUIDE DI LUCE ALLE FIBRE OTTICHE 27

- 2.1. Vogliamo vedere il percorso della luce nella fibra ottica?** 28
 - 2.1.1. Attività: Materiali trasparenti 28
 - 2.1.2. Esperimento: Influenza della materia sulla trasparenza 28
 - 2.1.3. Esperimento: Grattiamo la superficie 28
 - 2.1.4. Attività: Identificare un buon cladding 29
-

- 2.2. Caratteristiche delle fibre ottiche** 30
 - 2.2.1. Esperimento: Angolo di accettazione di una fibra 30
 - 2.2.2. Esperimento: Influenza del cladding sull'angolo di accettazione 30
 - 2.2.3. Attività al calcolatore: Calcolo dell'angolo di accettazione di una fibra 30
-

UNITÀ 3: USO DELLE FIBRE OTTICHE COME CAVI DI TRASMISSIONE 33

- 3.1. Ricostruiamo l'informazione** 34
 - 3.1.1. Attività: Percorso dei segnali 34
 - 3.1.2. Attività: Quale segnale viaggia più veloce? 34
 - 3.1.3. Attività al calcolatore: La dispersione modale 35
 - 3.1.4. Attività al calcolatore: Valutare la dispersione modale 35
-

- 3.2. La fibra ottica graded index** 36
 - 3.2.1. Attività al calcolatore: Come risolvere il problema della dispersione modale 36
 - 3.2.2. Esperimento: Traiettoria della luce nei mezzi ad indice di rifrazione variabile 36
 - 3.2.3. Attività al calcolatore: Fibre ottiche step e graded index 37



**UNITÀ 0:
VISIONE**

0.1.1. ESPERIMENTO: Luce in una scatola

Guarda la penna che hai posto sul banco. Poni la penna nella scatola a tua disposizione. Osserva attraverso il foro che è stato praticato sulla superficie superiore della scatola.

Continui a vedere la penna? Descrivi

Illumina con una lampadina utilizzando il foro praticato sulla faccia laterale della scatola.

Continui a vedere la penna? Punta la lampadina in un'altra direzione: continui a vederla?

0.1.2. ESPERIMENTO: Spada laser

Punta il laser verso il muro.

Descrivi cosa osservi

Puoi "sporcare" l'aria spargendo polvere di gesso o fumo.

Descrivi cosa osservi

Quali conclusioni puoi trarre?



0.1.3. ATTIVITÀ: Un tuffo nell'acqua

Nelle attività precedenti sia tu che tutti gli oggetti che hai osservato sono immersi in aria. Immagina, ora, di immergerti con la penna in una piscina piena d'acqua.

Descrivi come pensi di vedere la penna.

Immagina, ora, che al posto dell'acqua nella piscina ci sia coca cola.

Continui a vedere la penna? Spiega

Quali conclusioni puoi trarre?



**UNITÀ 1:
GUIDE DI LUCE**

Con questa attività cercheremo di capire cosa sono le fibre ottiche e perché reti di fibre ottiche possono connettere tutto il mondo attraverso internet..., telefono ecc...

1.1.1. ESPERIMENTO: La lampada a fibre ottiche

Cerchiamo di costruire una lampada a fibra ottica. Crea un mazzetto di fibre ottiche legandole tra loro e fai in modo che un'estremità del mazzetto sia in contatto o molto vicino alla lampadina accesa.

Quali sono le somiglianze/differenze più evidenti che osservi fra l'illuminazione prodotta da una lampada "normale" e la lampada a fibra ottica che hai costruito?

1.1.2. ESPERIMENTO: Pieghiamo una fibra

Disponi, sul piano del tavolo, una fibra ottica dritta, uno schermo (ad esempio, un pezzetto di cartoncino nero) ed una lampadina (ad esempio, una di quelle utilizzate nelle torce elettriche). Quindi disponi ad un'estremità della fibra la lampadina e all'altra estremità lo schermo.

Dopo aver acceso la lampadina collegandola ad una pila (attenzione ad utilizzare il voltaggio più adatto), descrivi cosa osservi sullo schermo

Lasciando fissi schermo e lampadina, incurva la fibra.

Descrivi cosa osservi sullo schermo

1.1.3. ESPERIMENTO: Inviare segnali

Esperimento da fare in coppia: uno di voi mantiene l'estremità della fibra e il laser e l'altro si pone dietro la lavagna osservando l'altra estremità della fibra.



COLUI CHE HA IN MANO IL LASER INVIA UNA SERIE DI SEGNALI, VARIANDONE IN MANIERA CASUALE LA DURATA (LUNGA O BREVE)



(Per il compagno che è dietro la lavagna) Osserva solo l'estremità della fibra: dici ad alta voce al tuo compagno quanti segnali luminosi ti ha inviato e la loro durata (lunga o breve).

Ripetete l'esperimento utilizzando questa volta i tubicini a vostra disposizione. Descrivete le differenze/somiglianze con il caso precedente

1.1.4. ATTIVITÀ: A cosa servono le fibre ottiche?

Dalle osservazioni emerse da questi esperimenti, a cosa ti sembra possa servire una fibra ottica?

Come descriveresti una fibra ottica? Quali ti sembrano le sue caratteristiche più evidenti?

Vediamo se ci sono altri modi per guidare la luce che ci permettano di osservare tutto il percorso che fa la luce.

1.2.1. ESPERIMENTO: Il getto colorato

Si punta un laser su una vaschetta riempita con acqua in modo tale che il fascetto sia parallelo alla base della vaschetta e nella direzione del foro praticato nella vaschetta all'estremità opposta.

Si osserva il getto di acqua che fuoriesce dal foro

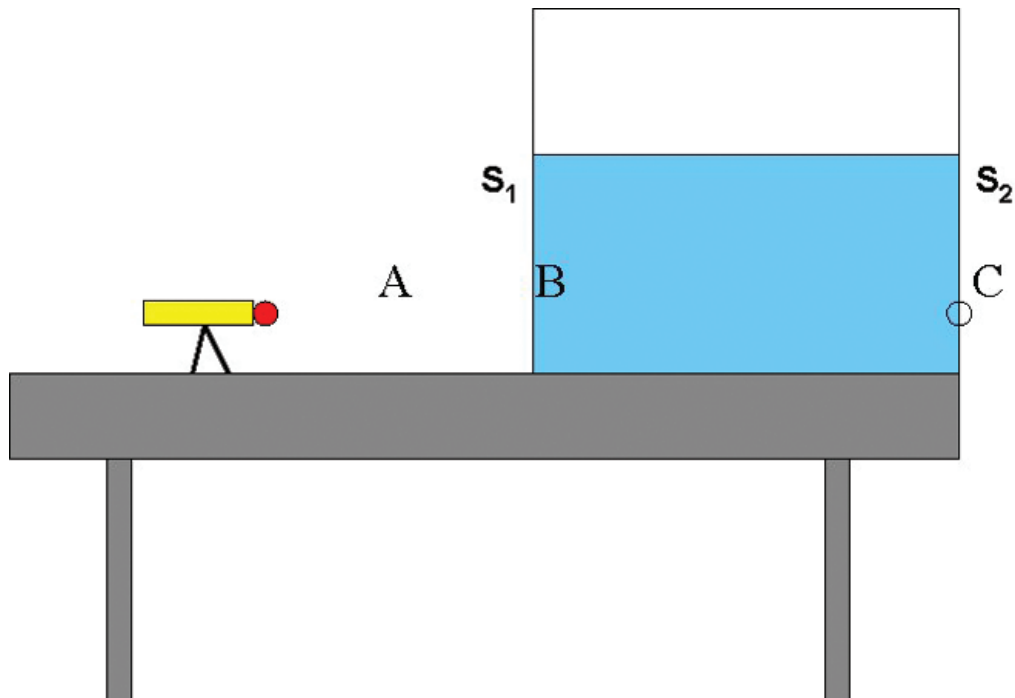


FIGURA W-1

- I. La figura di seguito rappresenta uno schema dell'apparato sperimentale. Schizza sulla figura la traiettoria del fascetto di luce dalla sorgente alla bacinella in cui cade il getto d'acqua.



FIGURA W-2



Scrivi qui sotto le tue osservazioni



II. Focalizza ora la tua attenzione sul percorso della luce nei tratti AB e BC e descrivi attentamente cosa osservi

Che tipo di percorso ha seguito la luce in aria (tratto AB)?¹

Che tipo di percorso ha seguito la luce nell'acqua (tratto BC)?

Quali conclusioni puoi trarre?

III. Focalizza adesso la tua attenzione sul percorso della luce nello zampillo di acqua. Descrivi in dettaglio cosa osservi

Quali conclusioni puoi trarre?

1. Per mettere in evidenza il fascetto di luce in aria puoi "sporcare" l'aria in modo che la luce del laser illumini le particelle e tu possa vedere il "raggio"

1.3.1. ESPERIMENTO: La vaschetta d'acqua

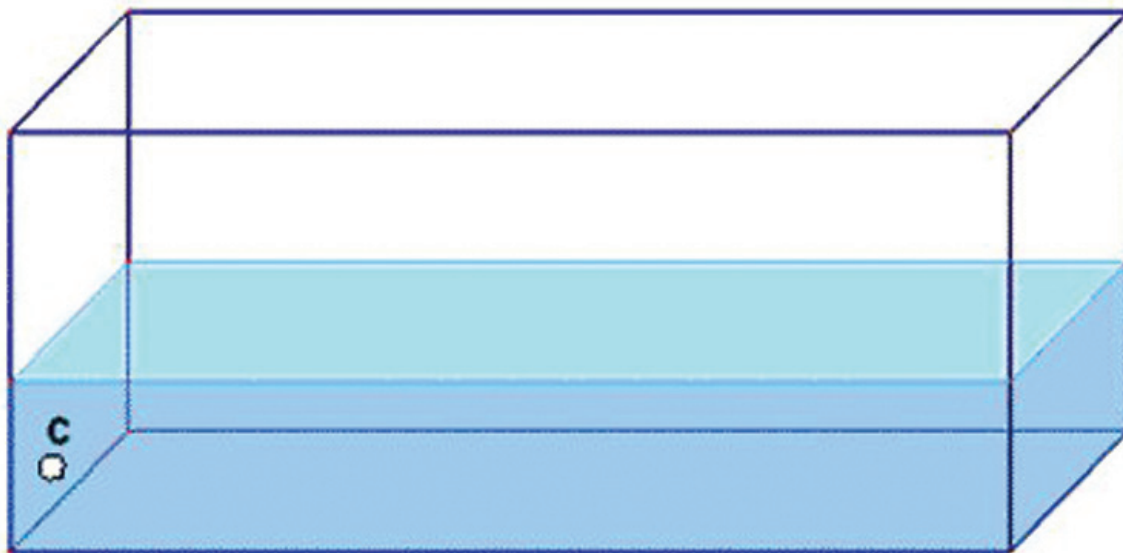
Si riempia la vaschetta con acqua fino a circa metà altezza e si diffonda del fumo nell'aria sovrastante l'acqua. Infine si ponga un coperchio trasparente sulla vaschetta.

Osserva in quanti modi si può colpire con il fascetto laser il punto C con percorsi della luce non paralleli alla base della vaschetta. Prova e descrivi in dettaglio in quali condizioni sei riuscito ad illuminare il foro.

Schizza sulla figura, utilizzando colori diversi, almeno due percorsi del fascetto di luce in acqua e in aria in corrispondenza di una fissata angolazione del puntatore laser dall'alto e dal basso. Riporta nello schizzo anche la posizione del laser.



FIGURA W-3





Descrivi a parole i tuoi schizzi.

Come cambia la visibilità del fascetto in acqua e aria? Descrivi nei vari casi.

1.4.1. ATTIVITÀ AL CALCOLATORE: Misura dell'indice di rifrazione

Apri il file “refraction_image.fig”

Utilizzando le opzioni del software procedi secondo le indicazioni seguenti

- sovrapponi una retta r alla superficie dell'acqua;
- sovrapponi un segmento al fascetto laser che osservi in aria; chiama A il punto di intersezione di questo segmento con la retta r e B l'altro estremo del segmento.
- sovrapponi un segmento al fascetto laser che osservi in acqua; chiama C il punto di intersezione di questo segmento con la retta r e D l'altro estremo del segmento.
- traccia le rette perpendicolari n ed m alla superficie dell'acqua e passanti per i punti A e C ; fai in modo che i punti A e C coincidano e quindi anche n ed m coincidano
- Individua e misura gli angoli α e β che i segmenti AB e CD formano con le perpendicolari $n \equiv m$;
- Calcola i seni degli angoli α e β

sen α = _____; sen β = _____

- Determina il rapporto $\frac{\text{sen } \alpha}{\text{sen } \beta} =$

Salva il file con il nome “indicedirifrazione_gruppo...”.

1.4.2. ATTIVITÀ AL CALCOLATORE: L'indice di rifrazione come proprietà di un materiale

Apri il file “refraction_index.fig”

Assegna il valore 1 all'indice di rifrazione del materiale 1 ($n_1 = 1$) e 1,33 all'indice di rifrazione del materiale 2 ($n_2 = 1,33$). Fissa un valore dell'angolo α e riporta i dati in tabella

GRANDEZZE	VALORI
sen β	
sen α	
$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} \equiv \frac{n_2}{n_1}$	

Modifica l'angolo d'inclinazione del laser (α) e riporta i valori in tabella.

ANGOLO D'INCLINAZIONE α	$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{n_2}{n_1}$

Lascia fisso l'angolo d'inclinazione α , modifica l'altezza dell'acqua (h) selezionando il punto H e riporta i valori in tabella.

ALTEZZA DELL'ACQUA h	$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{n_2}{n_1}$

1.4.3. ATTIVITÀ AL CALCOLATORE: Legge di Snell della rifrazione

Modifica il materiale contenuto nella vaschetta modificando l'indice di rifrazione del materiale 2 con i valori riportati nella prima colonna della tabella e riporta il valore dell'angolo di rifrazione β nella tabella seguente

MATERIALE 2	(β)
Olio d'oliva (n=1,46)	
Benzina (n =1,49)	
Olio di girasole (n=1,65)	

Osserva cosa succede all'angolo β all'aumentare dell'indice di rifrazione del materiale 2. Quali conclusioni puoi trarre?

.....

.....

.....

1.5.1. ATTIVITÀ AL CALCOLATORE: Rifrazione e riflessione

Apri il file “reflection_refraction.fig”

Individua e traccia con colori diversi i fascetti laser che viaggiano in aria e acqua, misura gli angoli che essi formano con le normali alla superficie dell’acqua nei punti d’intersezione.

Gli angoli che i fascetti laser in acqua formano con le normali sono uguali? Diversi? Spiega

Gli angoli che i fascetti laser in aria formano con le normali sono uguali o diversi da quelli che i fascetti in acqua formano con le normali?

Spiega

Confronta la foto proposta con le situazioni da te osservate nell’esperimento 1.3.1 e descrivi le condizioni sperimentali in cui si è realizzata la foto: la luce laser è stata inviata dal basso? Dall’alto?

1.5.2. ATTIVITÀ AL CALCOLATORE: Legge della riflessione

Apri il file “multiple_reflection.fig”

Traccia i fascetti laser che individui nella foto. Traccia e misura gli angoli formati dai fascetti laser riflessi con le rette perpendicolari. Focalizza la tua attenzione su ciascuna coppia di angoli adiacenti.

I valori appena misurati di questi angoli ti sembrano simili? Diversi? Commenta brevemente



1.5.3. ATTIVITÀ AL CALCOLATORE: Misura dell'angolo critico

Apri il file “critical_angle.fig”

Assegna valore 1 all'indice di rifrazione del materiale 1 e valore 1,33 all'indice di rifrazione del materiale 2. Posiziona sulla normale n' la semiretta a , che rappresenta il raggio in ingresso. Ruota la semiretta a fino a quando non ci sono più raggi rifratti in aria.

Utilizzando le opzioni del software misura gli angoli di incidenza θ_i e riflessione θ_r del fascetto laser sull'interfaccia acqua – aria. Focalizza la tua attenzione su ciascuna coppia di angoli θ_i e θ_r adiacenti.

Riporta i valori qui sotto.

Chiamata $\theta_i = \theta_L$ il più piccolo angolo per cui non si hanno più raggi rifratti

$\theta_L = \dots\dots\dots$

1.6.1. ATTIVITÀ: Core e cladding di una guida di luce

Osserva attentamente la foto dell' Esperimento 1.3.1 (la vaschetta d'acqua). La luce devia sia nella parte "superiore" (interfaccia π) che nella parte "inferiore" (interfaccia σ) della vaschetta.

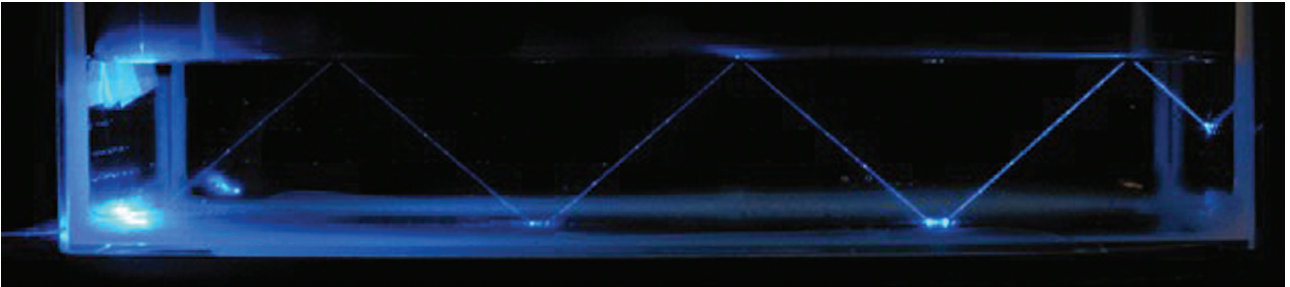


FIGURA W-4

1. Individua le coppie di materiali all'interfaccia π e σ

Noti differenze nel comportamento della luce sulle due interfacce?

Osserva attentamente la foto dell' Esperimento 1.2.1 (il getto colorato). Nel getto la luce subisce riflessione totale

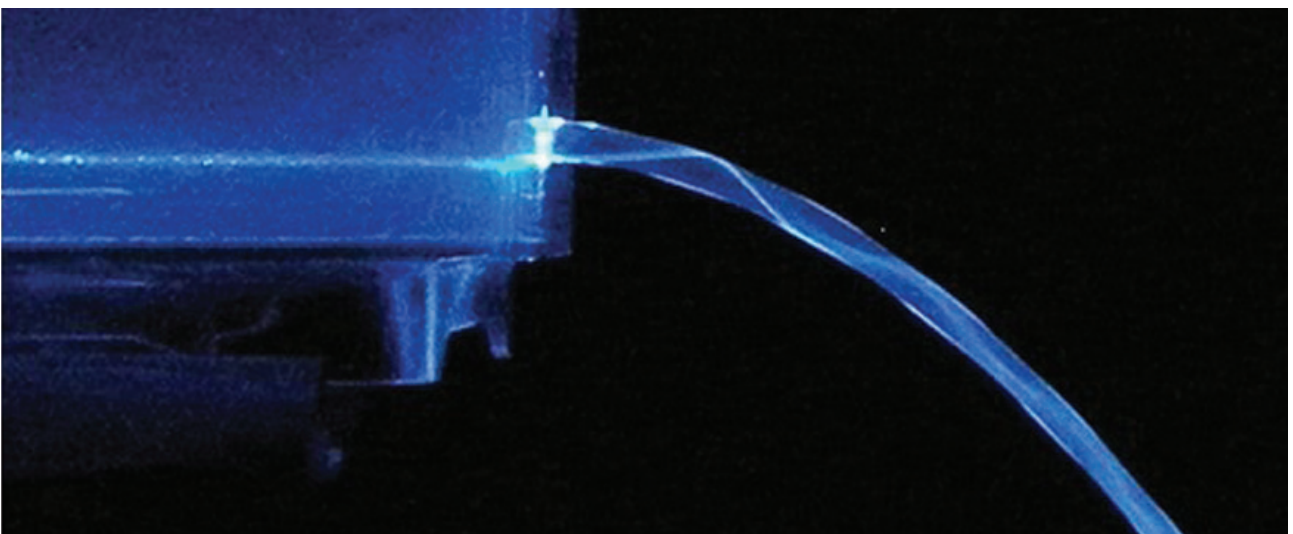
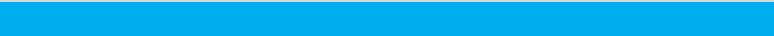


FIGURA W-5



II. Individua le coppie di materiali fra cui avviene la riflessione totale.

Quali oggetti di uso comune potresti usare per costruire una guida di luce? Identifica per ognuno di essi i materiali del core e del cladding.



**UNITÀ 2:
DALLE GUIDE DI
LUCE ALLE FIBRE
OTTICHE**

2.1.1. ATTIVITÀ: Materiali trasparenti

- I. Per quali applicazioni potrebbe essere usato lo zampillo? Potrebbe essere adatto per la trasmissione dei segnali? Quali sono i possibili inconvenienti?

E' realmente importante vedere il percorso della luce in una guida di luce?

- II. Fai degli esempi di materiali trasparenti

2.1.2. ESPERIMENTO: Influenza della materia sulla trasparenza

Punta il fascetto laser sul muro. Interponi un fazzoletto di carta aperto tra il puntatore laser e il muro. Togli uno alla volta i fogli di carta che compongono il fazzoletto.

Descrivi quello che osservi e prova a giustificare

2.1.3. ESPERIMENTO: Grattiamo la superficie

Osserva l'insegnante che realizza il seguente esperimento: ha raschiato una parte della fibra ed ha inviato il fascetto laser nella fibra.

Descrivi quello che osservi e prova a giustificare



2.1.4. ATTIVITÀ: **Identificare un buon cladding**

Finora l'aria è stata il cladding di molte delle guide di luce che hai incontrato.

Pensi che sia un buon candidato anche per costruire fibre ottiche?

Riassumi alcune proprietà che devono avere i materiali che compongono una fibra ottica.

2.2.1. ESPERIMENTO: Angolo di accettazione di una fibra

Invia il fascetto laser sulla punta della bacchetta di vetro e osserva l'estremità opposta. Ruota il laser e osserva cosa succede al variare dell'angolo con cui fai entrare la luce nella bacchetta.

L'estremità opposta della bacchetta è sempre illuminata?

2.2.2. ESPERIMENTO: Influenza del cladding sull'angolo di ac-

Effettua il seguente esperimento: punta il laser all'estremità della bacchetta di vetro e osserva cosa varia quando la bacchetta è in aria o in acqua

L'angolo massimo per cui vedi la parte opposta della bacchetta illuminata è maggiore o minore quando la bacchetta di vetro è in acqua o quando è in aria?

2.2.3. ATTIVITÀ AL CALCOLATORE: Calcolo dell'angolo di accettazione di una fibra

Apri il file "optical_fibre.fig"

- I. **Riporta il valore massimo dell'angolo θ_a per il quale osservi riflessione totale della luce nel core.**

θ_{amax} = angolo di accettazione =

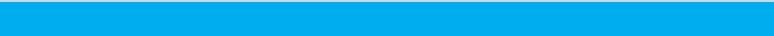
Riporta il valore di $2\theta_{amax}$ = apertura angolare =

Cosa puoi dire sui fascetti di luce che incidono sulla fibra con angoli compresi entro $2\theta_{amax}$?

- ii. Vediamo, ora, come varia θ_{amax} al variare degli indici di rifrazione del core e del cladding. Fissa l'indice di rifrazione del core n_n pari a 1,50. Fissa inizialmente l'indice di rifrazione del cladding n_m pari a 1,10 e completa la seguente tabella (θ_l è l'angolo limite tra core e cladding):

θ_{amax} (°)	n_n	n_m	$n_n - n_m$
90	1,50	1,10	
	1,50	1,20	
	1,50	1,30	
	1,50	1,40	
	1,50	1,47	

Come cambia θ_{amax} se la differenza $n_n - n_m$ diminuisce?



**UNITÀ 3:
USO DELLE FIBRE
OTTICHE COME CAVI
DI TRASMISSIONE**

3.1.1. ATTIVITÀ: Percorso dei segnali

Quando due segnali entrano in una fibra e si propagano attraverso di essa grazie alla riflessione totale tra core e cladding, può accadere la situazione rappresentata nello schema di seguito, dove due raggi di luce sono rappresentati rispettivamente da due segmenti, L_1 e L_2

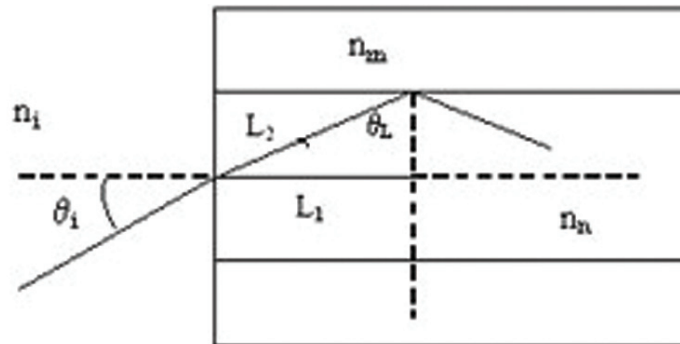


FIGURA W-6

Quale dei due raggi attraversa il core della fibra seguendo il percorso più breve?

Quale dei due raggi attraversa il core della fibra seguendo il percorso più lungo?

3.1.2. ATTIVITÀ: Quale segnale viaggia più veloce?

La velocità della luce nel vuoto è una costante pari a $c=300000\text{Km/s}$. Quando la luce si propaga in un mezzo diverso dal vuoto la sua velocità diminuisce in relazione all'indice di rifrazione del mezzo considerato, ed è $v = c/n$. Ad esempio, nel nucleo di una fibra di vetro, materiale che ha $n = 1,5$, la velocità della luce è $v = c/1,5$.

Quale raggio impiega il minor tempo per attraversare la fibra ?

Quale raggio impiega il maggior tempo per attraversare la fibra ?



3.1.3. ATTIVITÀ AL CALCOLATORE: La dispersione modale

Apri il file “modal dispersion..ppt”

Osserva la simulazione e prova a spiegare per quale motivo le tre immagini che compongono la foto non arrivano contemporaneamente.

3.1.4. ATTIVITÀ AL CALCOLATORE: Valutare la dispersione modale

Apri il file “times.fig”

Seleziona un valore per l'indice di rifrazione del core $n_n = 1,50$ e un valore per l'indice di rifrazione del cladding $n_m = 1,47$. Osserva i due raggi a e b posizionati rispettivamente a $\theta_a=0^\circ$ e $\theta_a=17,3^\circ$. Δt è la differenza tra i tempi necessari affinché i due raggi a e b raggiungano i punti Q and P

Scrivi sotto il valore di Δt riportato dal software

$\Delta t = \dots\dots\dots$

Spiega brevemente come fare per ridurre il valore di Δt ?

Inferisci una relazione d'ordine tra il valore di Δt e i parametri fisici del sistema

Inferisci una relazione quantitative tra il valore di Δt e i parametri fisici del sistema

3.2.1. ATTIVITÀ AL CALCOLATORE: Come risolvere il problema della dispersione modale

Apri il file “graded_index.ppt”

Osserva la simulazione e spiega cosa pensi sia differente rispetto alle precedenti simulazioni

3.2.2. ESPERIMENTO: Traiettoria della luce nei mezzi ad indice di rifrazione variabile

Osserva l'insegnante che effettua l'esperimento. Ha posizionato il puntatore laser parallelamente alla base della vaschetta in modo che sia a circa metà del livello dell'acqua.

Osserva e descrivi il percorso del fascetto laser.

Quale caratteristica del materiale può influenzare la traiettoria del fascetto laser?

*Potresti sovrapporre un segmento o una retta alla traiettoria del fascetto laser che osservi in acqua?
Potresti sovrapporci una curva?
Spiega brevemente*



3.2.3. ATTIVITÀ AL CALCOLATORE: Fibre ottiche step e graded index

Apri Internet explorer e vai alla url:

http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/gtulloue/optiqueGeo/dioptres/fibre_optique.html

Seleziona “saut d’indice”, e seleziona 1,5 per l’indice di rifrazione del core e 1,47 per l’indice di rifrazione del cladding, clicca su “impulsion” e osserva come si propagano i fascetti nel core.

Descrivi e prova a giustificare ciò che osservi

Lasciando invariati gli indici di rifrazione del core e del cladding seleziona “gradient costant” e clicca su “impulsion”.

Descrivi e prova a giustificare il risultato della simulazione

**MATERIALS
SCIENCE PROJECT**

UNIVERSITY-SCHOOL PARTNERSHIPS
FOR THE DESIGN AND IMPLEMENTATION
OF RESEARCH-BASED ICT-ENHANCED
MODULES ON MATERIAL PROPERTIES

ISBN 978-9963-689-40-8
2009