

PARA QUE EXPERIMENTES LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

Fibras ópticas, los caminos de la luz que nos comunica

Te resultará una obviedad resaltar que vivimos en una sociedad hiperconectada gracias a internet y las comunicaciones móviles, ¿no? Pero lo sorprendente es que, para que esto ocurra, la circulación de información anual en la web es del orden de los zettabytes (10^{21} – ¡un 10 seguido de 21 ceros!)? ¡En 2021, fue de 79 ZB!*

Y todo eso es posible porque existen las fibras ópticas.

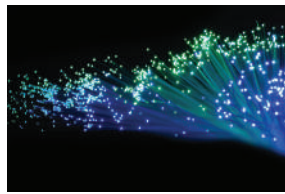


Imagen de Alhazen que figura en el libro Selenographia de Johannes Hevelius, realizado por Adolph Boÿ y Jeremias Falck (1647).

¿Pero sabías que los principios básicos sobre los que apoyan su funcionamiento las fibras ópticas ya se conocían hace más de mil años? Los fenómenos físicos a los que nos referimos son REFLEXIÓN y REFRACCIÓN. Y si bien hay registros de que la humanidad piensa en estos temas desde la antigüedad, el científico árabe, Ali al-Hasan ibn al-Hasan ibn al-Haytham, conocido como Alhazen y nacido en Basora en el año 965 d.C, describió claramente cómo ocurrían estos fenómenos. Además de muchos otros descubrimientos referidos a la luz. De hecho, hay quienes lo consideran la primera persona en aplicar un método científico para sus investigaciones.

REFRACCIÓN TRAS EL TRUCO DEL LÁPIZ



Si colocás un lápiz en un vaso con agua se observa que parece “quebrarse”, la parte seca tiene una dirección y la que está bajo la superficie del líquido aparenta tener otra. Este efecto se debe a que la luz cambia de dirección cuando entra o sale de un medio transparente, y a este fenómeno se lo denomina REFRACCIÓN.

¿Ocurre lo mismo si colocás otros objetos en el agua? ¿Y si ponés el lápiz en forma vertical (perpendicular a la superficie del agua)?

LOS CAMINOS DE LA LUZ

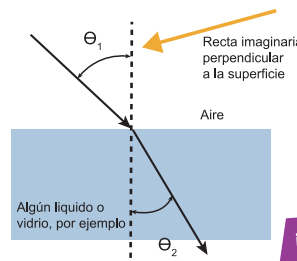
Otro dato importante para llegar al funcionamiento de una fibra óptica: como en cada medio la luz tiene diferentes velocidades, y esta es la razón por la que cambia de dirección al pasar de uno al otro, es decir se **refracta**, a cada uno de esos medios se les asigna un número particular que se llama **ÍNDICE DE REFRACCIÓN**.

Se lo representa con la letra “n” y proviene de la siguiente división:

$$n = \frac{\text{velocidad de la luz en vacío}}{\text{velocidad de la luz en determinado medio}}$$

Por ejemplo:

$$n_{\text{vacío}} = 1, n_{\text{aire}} = 1,03, n_{\text{agua}} = 1,333, n_{\text{vidrio común}} = 1,45$$



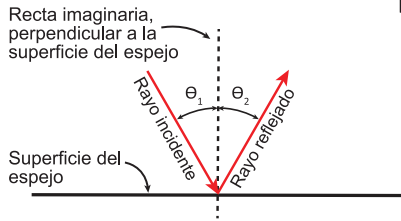
Cuanto más lento viaja la luz, más alto es el índice de refracción del medio (es fácil de verificar analizando la ecuación de n!).

¿Podría existir un medio cuyo n resulte menor a 1?!

Nos falta reflexión y ¡ya podemos descubrir qué ocurre dentro de las delgadísimas fibras ópticas!

SEGUÍ EN EL DORSO

REFLEXIÓN ESPECULAR

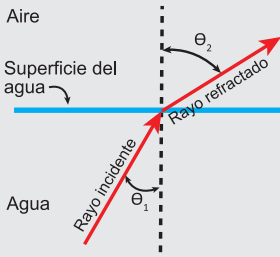


Si se proyecta la luz de una linterna en un espejo, es fácil observar que la luz “rebota”, es decir se **refleja**, sobre su superficie. Así, en general ocurre que un rayo incidente sobre una superficie pulida (como un espejo) se reflejará con respecto a una recta perpendicular a la superficie con un ángulo igual al ángulo de incidencia, es decir $\theta_1 = \theta_2$. Esto se conoce como reflexión especular (del latín, speculum “espejo”).

¿Qué pasa si la superficie no es pulida, sino áspera como un papel de lija?

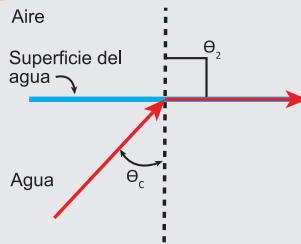
REFLEXIÓN TOTAL INTERNA

Con ustedes... ¡la protagonista de las fibras ópticas! la elegante:



Cuando se hace incidir un rayo de luz en un medio con un n mayor que el medio siguiente, según cuál sea el ángulo en el que incide, este rayo se refractará. Y lo hará con un ángulo mayor que el del haz incidente. Por ejemplo aquí:

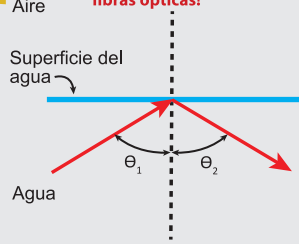
$$n_{\text{agua}} > n_{\text{aire}} \text{ y } \theta_1 < \theta_2$$



En la medida que el ángulo del rayo incidente aumenta, llega un punto en el que el rayo refractado “viaja” paralelo a la superficie. Es decir $\theta_2 = 90^\circ$ y al ángulo que forma el rayo incidente se lo denomina ángulo crítico (aquí θ_c).

Nota previa: el índice de refracción (n) de un medio, refiere a la velocidad de la luz en ese medio. Cuanto más lento viaja la luz, más grande es n .

¿Y aquí llega la protagonista de las fibras ópticas!

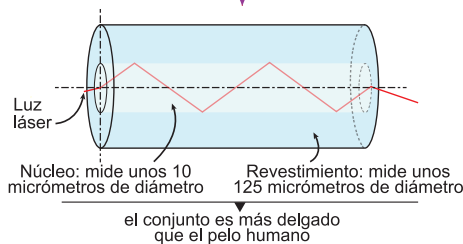


Y cuando el rayo incidente forma un ángulo mayor a θ_c , ¡se alcanza una condición, llamada “reflexión total interna”, donde la luz se refleja por completo dentro del medio de mayor n ! El rayo ya no se refracta. En nuestro ejemplo, como ocurre siempre con la reflexión de la luz:

$$\theta_1 = \theta_2$$

¿QUÉ OCURRE DENTRO DE LAS DELGADÍSIMAS FIBRAS ÓPTICAS?

Dentro de las fibras ópticas se aprovecha el fenómeno de **reflexión total interna** para que una luz láser pueda transportar información a través de ellas. ¿Cómo? ↓



El láser entra a la fibra con un ángulo mayor al crítico, comienza a reflejarse una y otra vez, y así viaja a lo largo de todo el recorrido de la fibra óptica de **cientos de kilómetros** de largo, llevando información a grandes velocidades.

(*) según se informa en: <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/que-pasa-en-un-minuto-en-internet-en-2021/>

¡CONTACTO!

Julio Benítez jcbenitez@ib.edu.ar

Alexis Sparapani alexis.sparapani@ib.edu.ar

Las fibras ópticas se fabrican con vidrio (óxido de silicio muy puro), al que se trata para obtener dos vidrios con diferente índice de refracción (n), uno mayor que el otro. Con ellos se fabrican dos cilindros concéntricos, denominados núcleo o *core* y revestimiento o *cladding*. Aquí, el $n_{\text{núcleo}}$ es levemente mayor que el $n_{\text{revestimiento}}$.

¿Ya te vas imaginando cómo sigue?

¡Claro!, ¡se hace incidir el láser en el núcleo con un ángulo mayor al crítico! De este modo, el rayo se refleja en el “techo” del núcleo, llega al “piso” del núcleo y se vuelve a reflejar en dirección al “techo” nuevamente, y así, **¡la información avanza a lo largo de las fibras ópticas!**

NOS PRESENTAMOS

Somos parte del Grupo de Comunicaciones Ópticas del Centro Atómico Bariloche-CNEA (Depto. de Ing. en Telecomunicaciones - Instituto Balseiro – CNEA-UNCUYO). Estudiamos la óptica no lineal - común denominador de todas nuestras líneas de trabajo - también óptica cuántica y fibras ópticas, entre otros.

Centro Atómico Bariloche (CNEA) - Instituto Balseiro (CNEA - UNCUIYO)

Av. Bustillo 9500 - Bariloche - Río Negro (8400) | República Argentina | Teléfono: +54 294 4445100 int. 5512
www.cab.cnea.gov.ar | www.ib.edu.ar | www.argentina.gov.ar/cnea/centros-atomicos/cab

balseiroextension@ib.edu.ar | culturacyt@cab.cnea.gov.ar

Instituto Balseiro Extensión

[ib.culturacyt](https://www.instagram.com/ib.culturacyt)