

Cancelation of the Total Internal Reflection condition Cancelación del condición de Reflexión Interna Total

Francisco Javier Salgado-Remacha*

Departamento de Física Aplicada; Facultad de Ciencias; Universidad de Zaragoza

^(*) E-mail: fjsalgado@unizar.es

Received / Recibido: 01/06/2015

Accepted / Aceptado: 17/06/2015

DOI: 10.7149/OPA.48.2.89

ABSTRACT:

An easy experiment about the cancelation of the total internal reflection condition is shown. Reducing the air gap between a curved surface and an acrylic-air interface it is possible to eliminate the interface allowing the cancelation of the total reflection condition at a small area. This fact becomes clear in the form of a beam light in the transmitted direction as well as a shadow line in the reflected beam.

Key words: Total Internal Reflection, Snell law.

RESUMEN:

Se muestra un sencillo experimento en el que se cancela la condición de reflexión total. Cuando se reduce el espacio entre una superficie curva y una interfaz metacrilato-aire es posible eliminar dicha interfaz y cancelar la condición de reflexión total en una pequeña región. Este hecho queda patente en la forma de un haz de luz transmitido así como una línea de sombra en el haz reflejado.

Palabras clave: Reflexión Interna Total, Ley de Snell.

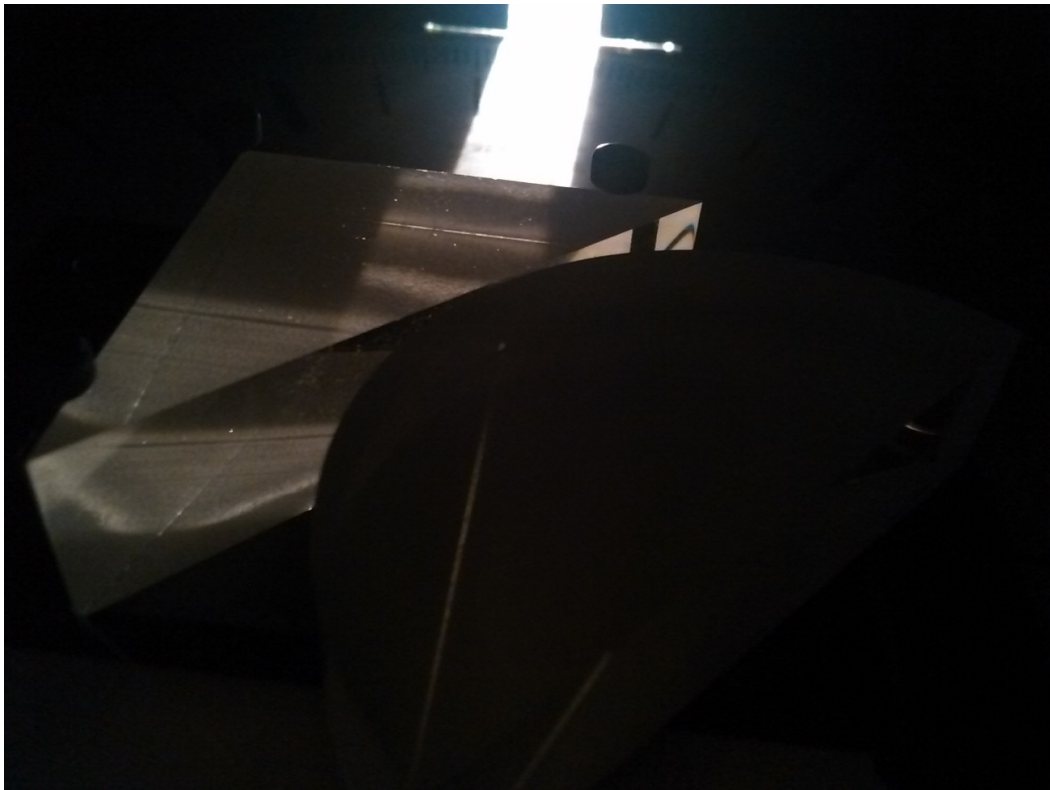


Fig 1: Cancelación de la condición de reflexión total utilizando un prisma y una lente semicilíndrica.

REFERENCES AND LINKS / REFERENCIAS Y ENLACES

- [1] M. Born, E. Wolf, *Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light*. Cambridge, Cambridge University Press (1999).
-

1. Introducción

Cuando un haz de luz que se propaga en una determinada dirección se encuentra con una superficie que separa dos medios con diferentes índices de refracción, dicho haz puede sufrir un cambio en su dirección, experimentando procesos de reflexión y refracción. Los ángulos con los que emergen los haces refractados vienen predichos por la conocida ley de Snell [1],

$$n_1 \text{sen}(\varepsilon_1) = n_2 \text{sen}(\varepsilon_2); \quad (1)$$

donde el subíndice 1 hace referencia al medio de incidencia, el subíndice 2 se refiere al medio en el que se refracta, n es el índice de refracción de cada medio y ε es el ángulo medido respecto a la normal a la superficie de separación. Para el caso de los haces reflejados, la reflexión se produce con un ángulo de igual magnitud que el ángulo de incidencia. Una importante consecuencia de la ecuación (1) es que si el segundo medio tiene un índice de refracción menor que el primero ($n_2 < n_1$) hay un cierto ángulo de incidencia para el cual el ángulo del haz refractado es de 90° . Dicho ángulo recibe el nombre de ángulo límite y puede calcularse mediante la expresión

$$\varepsilon_{\text{limite}} = \arcsen\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (\text{con } n_2 < n_1) \quad (2)$$

Para ángulos de incidencia mayores que $\varepsilon_{\text{limite}}$ toda la luz que incide en la interfaz se refleja, lo que se conoce como Reflexión Interna Total (RIT).

En el presente trabajo se pretende poner de manifiesto una sencilla forma de cancelar la condición de RIT. El experimento consiste en eliminar en una cierta región la interfaz que separa zonas de diferente índice, estableciendo un contacto cercano entre dos piezas del mismo material. Veremos, de una forma sencilla y muy visual, que es posible eliminar la condición de ángulo límite en la zona de contacto, de forma que la luz se propague sin variar su dirección al desaparecer la interfaz en esa región.

2. El experimento

Se ha preparado un montaje de forma que sea sencillo de reproducir. Como fuente de luz se utiliza una lámpara de luz blanca colimada mediante una lente. Sobre una plataforma se ha colocado un prisma de metacrilato ($n = 1.49$) con las superficies pulidas. Para este material, el ángulo límite según la expresión (2) es cercano a 42° . El prisma se coloca sobre tres puntos de apoyo formando un ángulo recto. En contacto con la superficie más larga, que hará de interfaz, se coloca un semicilindro también de metacrilato. Para mantener en contacto máximo ambas piezas se rodean con un hilo de nylon, del cual cuelgan dos pesas en sus extremos. De esta forma, la tensión es suficiente para que haya buen contacto entre las piezas. El radio de la pieza semicilíndrica es del orden de unos centímetros, así que la zona en la que podremos frustrar la RIT va a ser bastante estrecha. Para tomar todas las fotos se utilizó la cámara de un teléfono móvil.

En las Figuras 1 y 2 se muestra el montaje descrito. En esta imagen la lámpara se encuentra a la izquierda, de forma que el haz incidente entra normal a la superficie izquierda del prisma e incide en la interfaz plana metacrilato-aire aproximadamente a 45° , cumpliéndose la condición de reflexión total. El haz reflejado emerge por la cara inferior del prisma. La pieza semicilíndrica, sometida a la tensión que le ejerce el hilo, está en contacto con la superficie plana. Se observa un pincel de luz, que emerge en la misma dirección que el haz incidente desde la zona de máximo contacto. Debido precisamente a que en esta zona de máximo contacto el haz incidente es capaz de atravesar la interfaz, se observa en el haz reflejado una línea de sombra, que coincide también con la posición de máximo contacto. Para comprobar que efectivamente esta zona de sombra se debe a la transmisión de luz a través de la zona de máximo contacto, se muestra en la Figura 3 el mismo montaje (esta vez sin luz exterior) en dos ocasiones diferentes. Lo

único que se ha hecho es rotar el semicilindro de forma que el punto de máximo contacto cambie de posición. Se aprecia claramente que el haz transmitido y la sombra en la reflexión proceden del mismo punto en la interfaz.

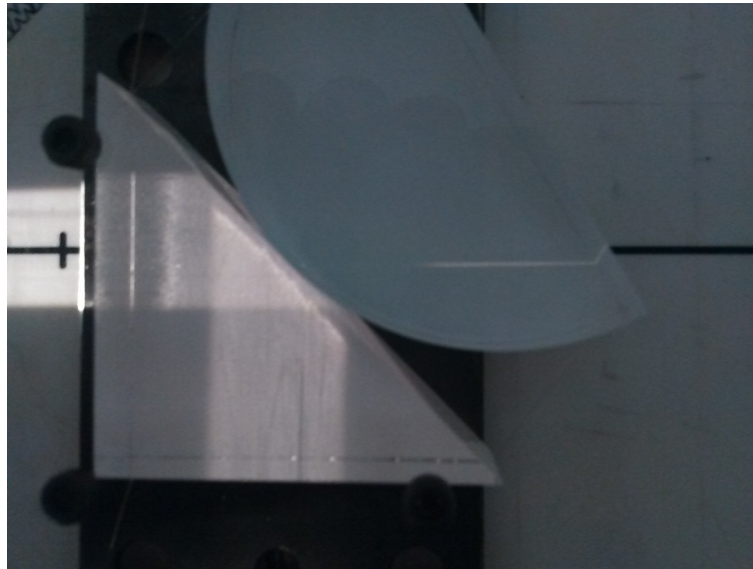


Fig.2. Montaje experimental. El haz incidente entra por la izquierda e incide sobre la interfaz plana en condiciones de reflexión total. Un hilo de nylon tensionado mantiene las dos piezas juntas. Se observa que en la zona de contacto hay luz transmitida, que se manifiesta en forma de un haz de luz en el interior del semicilindro. Coincidiendo con esta zona, hay una línea de sombra en el haz reflejado.

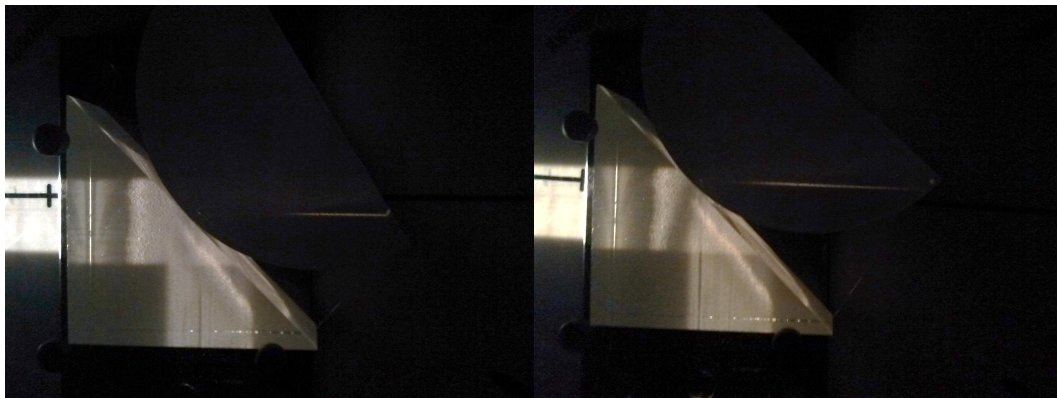


Fig.3. Mismo experimento, colocando el punto de contacto en diferentes posiciones. Se observa que el haz transmitido y la línea de sombra en el haz reflejado provienen en ambos casos del mismo punto.

Por último, podemos fijarnos precisamente en el punto de máximo contacto. En la Figura 4 se muestran dos fotos, una desde cada lado de la interfaz. Se puede apreciar que la zona de contacto se revela como un punto luminoso (estando todo el semicilindro a oscuras, ya que no le llega luz) del que emerge un haz de luz. Sin embargo, visto desde el otro lado el comportamiento es justo al contrario: el punto de contacto se ve como una zona oscura dentro del reflejo especular. En realidad, lo que sucede en este punto es que las piezas de metacrilato están en pleno contacto, eliminando cualquier interfaz en esta región. En este punto, por tanto, no hay reflexión (a diferencia de lo que ocurre en el resto de la superficie de la interfaz) y debido a ello no hay luz difundida reflejada por este punto. Es interesante recalcar que sería de esperar tener una línea vertical de contacto máximo, dada la geometría de las piezas. Sin embargo, hay que tener presente que el metacrilato es un material deformable fácilmente bajo presión, que la tensión aplicada no se reparte homogéneamente y que la superficie de estas piezas tienen muchas imperfecciones.

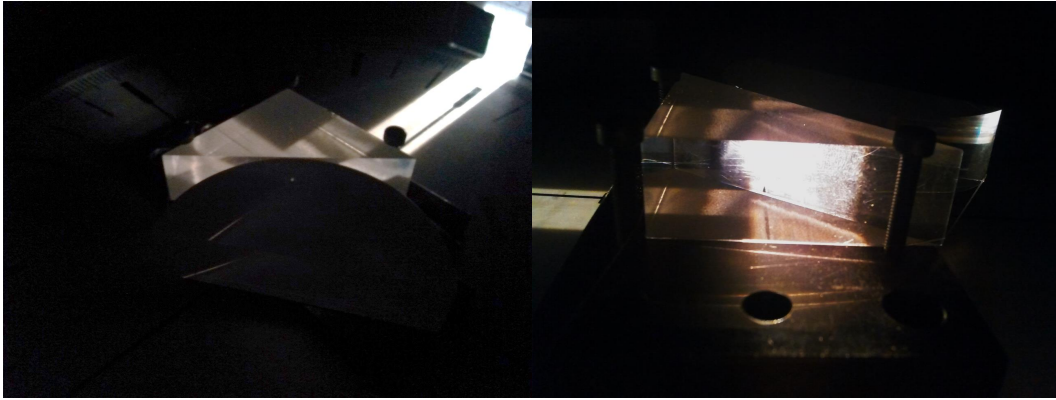


Fig.4. Zona de contacto, vista desde ambos lados de la interfaz. El punto luminoso del que emerge el haz transmitido se ve como un punto oscuro dentro del haz reflejado.

3. Conclusiones y otras consideraciones

Utilizando materiales y objetos muy baratos y comunes se ha puesto de manifiesto un resultado que tiene gran importancia desde el punto de vista de la docencia. Se ha demostrado que acercando dos piezas y ejerciendo una cierta presión, es posible eliminar la interfaz entre ambos medios. Lo más complicado será, quizás, aplicar la tensión de una forma homogénea sobre las piezas, para que el contacto sea el adecuado. Obviamente, el sistema descrito puede mejorarse de muchas maneras. En primer lugar, puede pensarse en usar prismas y lentes con una mejor calidad óptica en sus superficies (un buen pulido resulta aconsejable). El hecho de utilizar metacrilato, no obstante, puede resultar ventajoso, ya que se juega de alguna manera con la deformación plástica del material. Otra posible mejora que se puede tener en cuenta es un mejor método de sujeción de las piezas.