

75



Simple+
física



¡Qué ojos!

(6 - 10 junio 2005)

En una campaña publicitaria aparece la imagen adjunta, en la que la modelo sostiene un vaso con agua entre su cara y la del observador. Como cualquier excusa es buena para hablar de física, hago la siguiente pregunta. ¿Cómo tiene la modelo el ojo derecho (¡el que está a su derecha, no la nuestra!)?:

- (a) abierto.
- (b) cerrado.
- (c) no se sabe.
- (d) con un parche.



AVISO: El objeto de *Simple+mente física* no va más allá del placer que proporciona plantearse y resolver sencillas cuestiones razonando (y experimentando) de acuerdo con principios básicos de la física. No hay ningún tipo de compensación, excepto la satisfacción personal y no van dirigidas a ningún grupo de personas en particular (es decir, están abiertas a todo el mundo).

El primer día hábil de cada semana se presentará una nueva cuestión y la respuesta a la cuestión de la semana anterior.

Rafael Garcia Molina - Departamento de Física, Universidad de Murcia (rgm@um.es)

<http://bohr.fcu.um.es/miembros/rgm/s+mf/>

<http://www.fisimur.org>

*** La ilustración de la cabecera fue realizada por Clàudia Garcia Abril a la edad de 6 años ***

RESPUESTA

Núm. 75: ¡Qué ojos!

(6 - 10 junio 2005)

En una campaña publicitaria aparece la imagen adjunta, en la que la modelo sostiene un vaso con agua entre su cara y la del observador. Como cualquier excusa es buena para hablar de física, hago la siguiente pregunta. ¿Cómo tiene la modelo el ojo derecho (i el que está a su derecha, no la nuestra !)?:



- (a) abierto.
- (b) cerrado.
- (c) no se sabe.
- (d) con un parche.

Resp.: Entre el ojo derecho de la modelo y la cámara donde se forma la imagen se encuentra el vaso lleno de agua. Éste actúa como una lente convergente en el plano horizontal (aquél que determina la periferia curvada del vaso), por lo tanto, sólo se producirá una modificación del objeto (el ojo derecho de la modelo) en la dirección horizontal, sin que haya alteración alguna en el eje vertical.

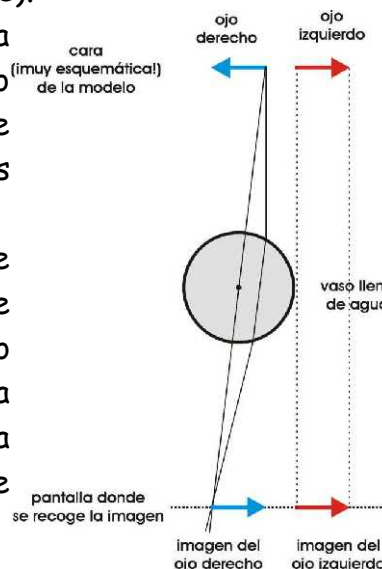
Cuando el objeto (el ojo derecho) está más alejado de la lente que el foco, se obtiene una imagen real (puede recogerse en una pantalla) e invertida (la parte derecha del objeto aparece a la izquierda en la imagen). Ésta es la situación correspondiente a la figura de la modelo con el vaso.

Puede llegarse a esta conclusión aplicando los métodos para la obtención de imágenes por refracción en superficies esféricas (la del vaso con agua, con índice de refracción 1.3 y radio 5 cm, aproximadamente).

Método gráfico.- La figura adjunta ilustra de forma esquemática la obtención de la imagen del ojo derecho mediante el trazado de rayos, pero dado que se requiere mucha precisión en el dibujo, es más conveniente recurrir a un procedimiento numérico.

Método numérico.- Una superficie de radio de curvatura R separa dos medios, de índices de refracción n_1 y n_2 , respectivamente. Un objeto situado en el primer medio a una distancia s de la superficie produce una imagen en el segundo medio a una distancia s' de la superficie. La siguiente expresión relaciona las magnitudes anteriores:¹

$$\frac{n_1}{s} + \frac{n_2}{s'} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$



¹ Esta expresión es válida en la aproximación paraxial (para rayos muy próximos al eje óptico), pero la aplicaremos en este caso para obtener una estimación numérica.

La imagen que produce la refracción aire-agua (a través de la superficie del vaso más próximo a la modelo) sirve como objeto para la refracción agua-aire (a través de la superficie del vaso más alejado de la modelo). Empleando unos valores razonables para las magnitudes que intervienen en la fórmula anterior ($s=15$ cm, $R=5$ cm, $n_{\text{aire}}=1$, $n_{\text{agua}}=1.3$) se obtiene que la imagen final es invertida y está aproximadamente a 16 cm de la superficie del vaso más próxima a la cámara. El aumento lateral, definido como el cociente entre la distancia imagen (cambiada de signo) y la distancia objeto, vale prácticamente -1 ; es decir, no cambia el tamaño entre objeto e imagen, pero se invierte el sentido. Este resultado está de acuerdo con la relación entre los tamaños de los ojos, vistos a simple vista y a través del vaso.

Un tercer método para averiguar qué es lo que se está viendo a través del vaso consiste en realizar una réplica de la situación, empleando lo que se tenga más a mano. En mi caso, he empleado un busto de una muñeca y una botella de gaseosa llena de agua.



En la imagen izquierda se aprecia claramente la flecha que hay sobre el ojo derecho de la muñeca, con la punta dirigida hacia la parte exterior de su mejilla.

La fotografía de la derecha, realizada interponiendo la botella entre el ojo derecho y la cámara, muestra cómo se invierte de izquierda a derecha la imagen de la flecha (sin apenas cambio de tamaño), y la mejilla que se ve a través de la botella es la mejilla derecha de la muñeca.

Así, pues, el vaso (o la botella de gaseosa) actúa como una lente convergente, produciendo una imagen real e invertida del objeto que tienen detrás, que es el ojo de la modelo (o de la muñeca). Por lo tanto, la respuesta correcta es la (a).