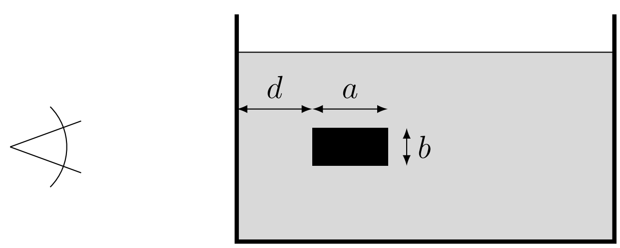
Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Física

FI1100-5 Introducción a la Física Moderna, 2022/02
Auxiliar 8 - Luz

Profesor: **Sebastián López**
Auxiliares: Rodrigo Cuellar
Camilo Núñez Barra
Ayudante: Clemente Miranda

24 de octubre de 2022

P1. [P4 Ex 2021-2] **Se tiene un acuario como el de la figura, donde hay un pez rectangular llamado Nemo que tiene las dimensiones indicadas en la figura. El pez se encuentra a una distancia d del borde. Considere que el agua tiene un índice de refracción n, el aire índice 1 y desprecie el efecto del vidrio del acuario. ¿De qué tamaño horizontal y vertical usted ve a Nemo?**



Recordemos la relación entre la distancias de objeto s y de imagen s' para una superficie refractiva plana,

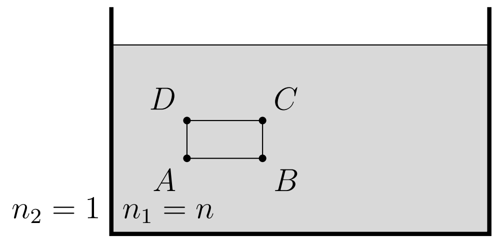
$$\frac{n_1}{s} + \frac{n_2}{s'} = 0 \tag{1}$$

donde n_1 es el índice de refracción del lado entrante y n_2 del lado saliente. La magnificación vertical es

$$m := \frac{y'}{y'} = -\frac{n_1 s'}{n_2 s} = 1 \tag{2}$$

donde en la última igualdad reemplazamos la primera ecuación.

El tamaño aparente se debe calcular con las posiciones de las imágenes de Nemo. Dibujamos los vértices A, B, C y D. Identificamos $n_1 = n$ y $n_2 = 1$ porque los rayos salen del acuario.

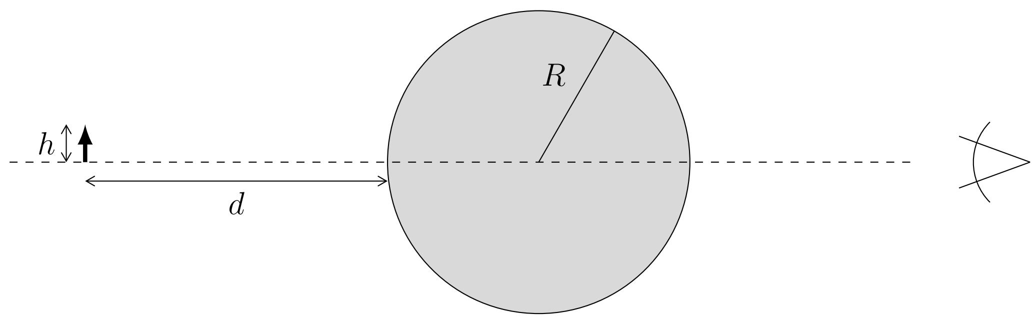


Tamaño aparente vertical b'. No cambia la altura porque en una interfase plana la magnificación vertical es 1. Directamente, $b' = b$.

Tamaño aparente horizontal a'. Utilizamos que $|s'| = sn_2/n_1 = s/n$. La imagen del punto A es $|s'_A| = d/n$. La imagen del punto B es $|s'_B| = (d+a)/n$. Luego, $a' = (d+a)/n - d/n = a/n$.

Nemo se ve de tamaño ab/n, achatado horizontalmente.

P3. [P3B C1 2021-1] **Un objeto de altura $h = 0.1\,\mathrm{cm}$ se coloca a una distancia $d = 10\,\mathrm{cm}$ de una esfera de índice de refracción $n = 3$ y radio $R = 2\,\mathrm{cm}$. Calcule dónde y de qué tamaño ve el objeto un observador al otro lado de la esfera. ¿El objeto se ve al derecho o al revés?**



Recordemos la relación entre las distancias de objeto s y de imagen s' para una superficie refractiva esférica de radio R,

$$\frac{n_a}{s} + \frac{n_b}{s'} = \frac{n_b - n_a}{R}, \tag{3}$$

donde n_a es el índice de refracción del lado entrante y n_b del lado saliente. La magnificación vertical vertical es

$$m \coloneqq \frac{h'}{h} = -\frac{n_a s'}{n_b s}. \tag{4}$$

Calculemos la imagen del objeto generada por la interfaz izquierda (1). Identificamos $n_a^{(1)} = 1$, $n_b^{(1)} = 3$ y $R^{(1)} = 2\,\mathrm{cm}$ (convención: $R > 0$ cuando el centro de curvatura está del lado saliente de la superficie), y una distancia de objeto $s^{(1)} = d = 10\,\mathrm{cm}$. Luego,

$$\frac{n_b^{(1)}}{s'^{(1)}} = \frac{n_b^{(1)} - n_a^{(1)}}{R^{(1)}} - \frac{n_a^{(1)}}{s^{(1)}} \implies \frac{3}{s'^{(1)}} = \frac{3-1}{2\,\mathrm{cm}} - \frac{1}{10\,\mathrm{cm}} = \frac{1}{1\,\mathrm{cm}} - \frac{1}{10\,\mathrm{cm}} = \frac{9\,\mathrm{cm}}{10\,\mathrm{cm}^2} \implies s'^{(1)} = \frac{10}{3}\,\mathrm{cm}, \tag{5}$$

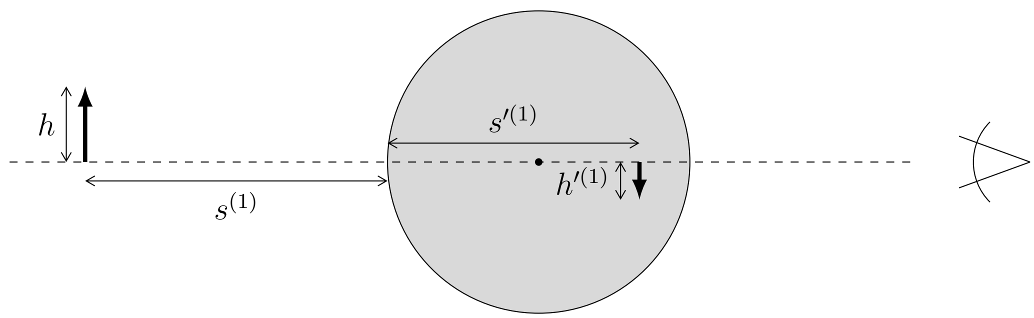
y como $s'^{(1)} > 0$, entonces la imagen está del lado saliente de la superficie (imagen real), es decir, dentro de la esfera, porque $0 < s'^{(1)} < 2R$. La magnificación en la interfaz izquierda es

$$m^{(1)} = -\frac{n_a^{(1)}}{n_b^{(1)}}\frac{s'^{(1)}}{s^{(1)}} = -\frac{1}{3} \cdot \frac{\frac{10}{3}\,\mathrm{cm}}{10\,\mathrm{cm}} = -\frac{1}{9}, \tag{6}$$

por lo que la altura de la imagen es

$$h'^{(1)} = m^{(1)}h = -\frac{1}{9} \cdot \frac{1}{10}\,\mathrm{cm} = -\frac{1}{90}\,\mathrm{cm}, \tag{7}$$

donde el signo negativo indica que la imagen es invertida.



La interfaz de la derecha (2) tiene como objeto la imagen de la interfaz de la izquierda, que está dentro de la esfera. Ahora identificamos $n_a^{(2)} = 3$, $n_b^{(2)} = 1$ y $R^{(2)} = -2\,\mathrm{cm}$ (convención: $R < 0$ cuando el centro de curvatura no está del lado saliente de la superficie), y una distancia de objeto $s^{(2)} = 2R - s'^{(1)} = 4\,\mathrm{cm} - \frac{10}{3}\,\mathrm{cm} = \frac{2}{3}\,\mathrm{cm}$. Luego,

$$\frac{n_b^{(2)}}{s'^{(2)}} = \frac{n_b^{(2)} - n_a^{(2)}}{R^{(2)}} - \frac{n_a^{(2)}}{s^{(2)}} \implies \frac{1}{s'^{(2)}} = \frac{1-3}{-2\,\mathrm{cm}} - \frac{3}{\frac{2}{3}\,\mathrm{cm}} = \frac{1}{1\,\mathrm{cm}} - \frac{9}{2\,\mathrm{cm}} = -\frac{7\,\mathrm{cm}}{2\,\mathrm{cm}^2} \implies s'^{(2)} = -\frac{2}{7}\,\mathrm{cm}, \tag{8}$$

y como $s'^{(2)} < 0$, entonces la imagen (de la imagen) está del lado entrante de la segunda interfaz, es decir, dentro de la esfera, porque $-2R < s'^{(2)} < 0$. La magnificación en la interfaz derecha es

$$m^{(2)} = -\frac{n_a^{(2)}}{n_b^{(2)}}\frac{s'^{(2)}}{s^{(2)}} = -\frac{3}{1} \cdot \frac{-\frac{2}{7}\,\mathrm{cm}}{\frac{2}{3}\,\mathrm{cm}} = \frac{9}{7} \tag{9}$$

por lo que la altura de la segunda imagen es

$$h'^{(2)} = m^{(2)}h'^{(1)} = \frac{9}{7} \cdot \frac{1}{90}\,\mathrm{cm} = -\frac{1}{70}\,\mathrm{cm}, \tag{10}$$

que equivale a encontrar la magnificación total $M = m^{(2)}m^{(1)} = \frac{9}{7} \cdot \frac{-1}{9} = -\frac{1}{7}$ y magnificar la altura original $h'^{(2)} = Mh = -\frac{1}{7} \cdot \frac{1}{10}\,\mathrm{cm} = -\frac{1}{70}\,\mathrm{cm}$.

Concluimos que la imagen final vista por el observador es una imagen invertida a $\frac{2}{7}$ cm a la izquierda de la interfaz derecha.