



UNIVERSIDAD  
DE  
CÓRDOBA



# **XV Jornadas de Introducción al Laboratorio de Física**

**Guía de Prácticas**

**Enero-Febrero de 2023**

**Facultad de Ciencias**

**Universidad de Córdoba**

## FLUIDOS

### 1. ¿Qué experimentos se realizan en un laboratorio didáctico?



Aquellos que permitan conocer una magnitud que no se pueda medir directamente.

### 2. Pero, ¿qué es una magnitud que no se puede medir directamente?

Una magnitud indirecta, o que no se puede medir directamente, es aquella que se obtiene, mediante cálculos usando leyes conocidas, a partir de otras mediciones directas.

Claro, para ello hay que saber muy bien qué magnitudes directas conocemos y qué otras necesitamos medir para llegar a calcular la magnitud indirecta deseada.

### 3. ¿Se nos ocurre alguna?



Sí. Nos gustaría saber por qué un cuerpo se mueve a distinta velocidad en el interior de diferentes fluidos. ¿Cuál es la magnitud en este caso? ¿Cómo se podría medir?

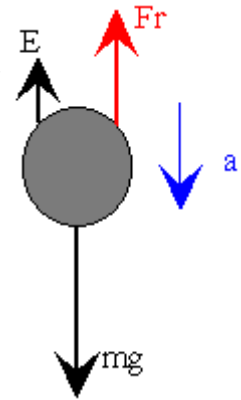
### Diseñamos experimental y metodología

Se tiene un recipiente suficientemente largo para observar un amplio tiempo de recorrido del cuerpo. Y se rellena con dos fluidos distintos, agua y aceite.

¿Qué ocurre?, ¿Cuál se queda arriba y cuál abajo?

En el paso siguiente, dejamos caer un cuerpo (perdigón) de masa y volumen conocido. Y observamos.....

¿En qué fluido va más rápido?, ¿por qué?, ¿qué magnitud puede explicar este comportamiento?



*En un cuerpo cayendo en el seno de un fluido aparecen las denominadas fuerzas de arrastre, las cuales se oponen al movimiento. Para bajas velocidades y formas del cuerpo que podemos considerar suaves, tales como esféricas, la fuerza de arrastre es proporcional a la velocidad del objeto. Esta fuerza es debida al rozamiento entre las capas de fluido próximas al cuerpo.*

$$F_r = 6\pi R\eta v \quad (1)$$

*Dónde  $\eta$  es la viscosidad del fluido,  $R$  es el radio del cuerpo (considerado esférico) y  $v$  es la velocidad.*

*La fuerza de arrastre no es la única fuerza que aparece en el movimiento de caída del cuerpo, existiendo también su Peso ( $P$ ) y su Empuje ( $E$ ). Tenemos así una ecuación dinámica de la siguiente manera:*

$$P - E - F_a = m \cdot a \quad (2)$$

*En este caso, la fuerza de arrastre irá creciendo conforme el cuerpo se acelere, aumenta su velocidad, hasta que las tres fuerzas se compensen entre sí, alcanzando una velocidad constante llamada velocidad límite. Sustituyendo cada fuerza por su expresión se llega a la ecuación de la velocidad límite:*

$$v_L = \frac{2(d-d_0)gR^2}{9\eta} \quad (3)$$

*Siendo  $d_0$  la densidad del fluido y  $d$  la densidad del cuerpo.*

### Resultados

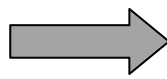
La magnitud de un fluido que hace que un cuerpo vaya más rápido o más lento, es la viscosidad, siendo ésta una magnitud indirecta.

¿Cuál sería el método operativo para medirla?

Se deja caer un cuerpo, con masa y radio dados, en el seno de un fluido desconocido. Se mide así, en dicha caída, el tiempo empleado por el cuerpo en desplazarse entre dos marcas (una vez que se ha alcanzado la velocidad límite, es decir una velocidad constante).

Se repite este proceso las veces que sea necesario y a continuación se mide la distancia entre las dos marcas. Con estos datos, la velocidad límite es fácil de obtener con su cociente.

Una vez calculada la velocidad, ya tenemos datos suficientes como para conocer la viscosidad del fluido y, por tanto, conocer de qué fluido se trata, expresión (3).



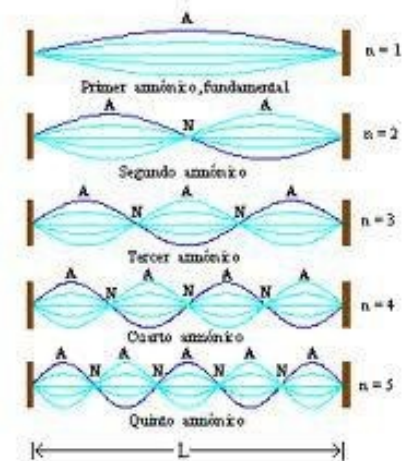
Viscosímetro de  
Stokes

**ONDAS**

En este experimento se tratará de determinar la velocidad de propagación de una onda en una cuerda.

Cuando las ondas están confinadas como ocurre en las cuerdas de un piano o de una guitarra, para determinadas frecuencias la combinación de las ondas que se propagan produce un patrón de ondas invariante en el tiempo que denominamos onda estacionaria.

Podemos representar matemáticamente la superposición de dos ondas que viajan en direcciones opuestas mediante la expresión:



$$(1) \quad \psi(x, t) = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx + \omega t)$$

$$\psi(x, t) = 2A \sin(kx) \cos(\omega t) = A_t(x) \cos(\omega t)$$

(2)

De esta expresión se observa que la onda presentará puntos donde la amplitud nula,

los llamados **nodos** en las posiciones que cumplan:

$$\sin(kx) = 0 \Rightarrow kx = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) x = m\pi \Rightarrow x = m \left(\frac{\lambda}{2}\right) \quad (3)$$

Y los valores de máximo en los llamados **vientres** que se encuentran en las posiciones:

$$\sin(kx) = \pm 1 \Rightarrow kx = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) x = (2m + 1) \frac{\pi}{2} \Rightarrow x = (2m + 1) \left(\frac{\lambda}{4}\right) \quad (4)$$

**Diseño experimental y metodología**

1. Seleccionamos una frecuencia en el generador y anotamos su valor.
2. Tensamos la cuerda hasta conseguir observar con nitidez la posición de máximos y mínimos. Anotamos el valor observado en el dinamómetro.
3. Medimos sobre la regla graduada las posiciones de los distintos nodos y calculamos la longitud de onda correspondiente.

4. Con los datos de la frecuencia (obtenida mediante el tacómetro) y de la longitud de onda calculamos la velocidad de propagación como el producto de ambas.

## ÓPTICA

En este experimento se trata de verificar las leyes de Snell que están relacionadas con el índice de refracción de un medio como el metacrilato y por tanto, con la velocidad de propagación en ese medio.

La luz es una onda electromagnética que se propaga a una velocidad  $c \sim 300\,000\text{ km/s}$  en el vacío. Esta es la máxima velocidad a la que puede propagarse cualquier partícula u onda en la naturaleza. Pero la velocidad de propagación de la luz depende del medio a través del cual se propaga cumpliéndose  $v_{\text{medio}} < c$ . Por ejemplo, en el agua, la luz se propaga a una velocidad distinta y por eso observamos lo que aparece en la fotografía de más abajo. Desde el punto de vista óptico, los medios se pueden clasificar por el llamado índice de refracción que viene dado por la ecuación:

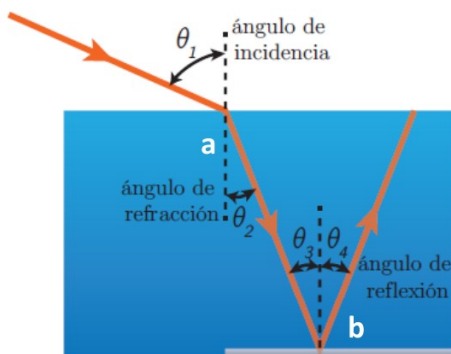
$$n_{\text{medio}} = \frac{c}{v_{\text{medio}}} \quad (1)$$

Esta diferencia entre la velocidad de propagación de la luz en distintos medios hace que cuando un rayo de luz atraviesa la interfase entre un medio y otro, por ejemplo, entre el aire y el agua, el rayo sufre una desviación en su dirección de propagación. La ley que relaciona las direcciones de propagación en los dos medios es la llamada ley de Snell:

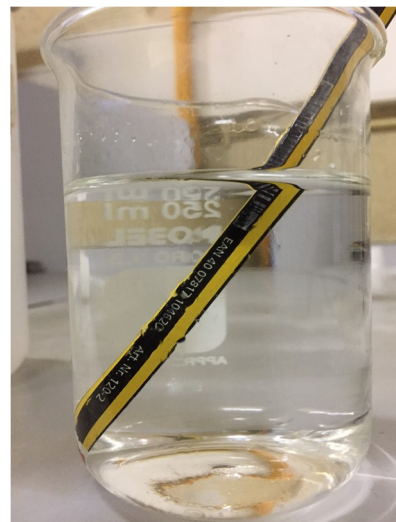
$$n_i \cdot \text{sen } \theta_i = n_r \cdot \text{sen } \theta_r \quad (2)$$

siendo  $n_i$ , el índice de refracción del medio donde se encuentra el rayo de luz incidente y  $\theta_i$  el ángulo del rayo de luz incidente; mientras que  $n_r$  es el índice de refracción del segundo medio y el ángulo refractado o transmitido  $\theta_r$ . Ambos ángulos son los que forman el ángulo en cada uno de los medios con la normal a la interfase entre ellos (ver Figura 1a).

Por otra parte, cuando un rayo de luz se refleja en un espejo (Figura 1b), los ángulos que forman el rayo incidente y reflejado con la normal al espejo tienen que ser iguales  $\theta_3 = \theta_4$ .



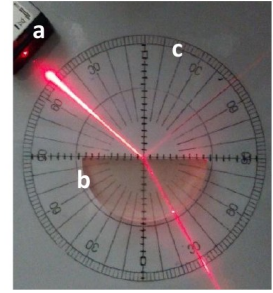
**Figura 1.** Fenómeno de (a) refracción al pasar de un medio a otro y de (b) reflexión de los rayos en un espejo



### Diseño experimental y metodología

Vamos a utilizar un láser, un vidrio semicircular y un transportador de ángulos para ver los rayos incidente, reflejado y refractado y verificar la ley de Snell. Para ello:

1. Situaremos el vidrio semicircular sobre el transportador de ángulos tal y como se muestra en la Figura 2.
2. Encenderemos el láser y haremos pasar el rayo por el centro del círculo graduado.
3. Anotaremos los ángulos del rayo incidente, del refractado así como del reflejado para verificar lo comentado al principio.



*Figura 2. Dispositivo experimental para el estudio de la reflexión y refracción*

### Resultados

¿Se verifican las leyes para el fenómeno de la reflexión y de la refracción?