

# -10-

## TENSIÓN SUPERFICIAL DE UN LÍQUIDO

### OBJETIVO

Determinación del coeficiente de tensión superficial del agua destilada y del alcohol etílico.

### MATERIAL

- Balanza de Searle.
- Caja de pesas de masas conocidas.
- Alcohol etílico.
- Agua destilada
- Vidrio de reloj.
- Anillo metálico de dimensiones conocidas.

### FUNDAMENTO TEÓRICO.

Se denomina tensión superficial a la propiedad física por la cual la superficie de un líquido tiende a comportarse como si fuera una película elástica muy delgada.

A nivel microscópico, las moléculas que están en la superficie de un líquido poseen un exceso de energía en comparación con las que están en el interior. El estado de mínima energía del líquido corresponde a aquél en que el número de moléculas en la superficie es mínimo, lo que implica que el líquido tiende a reducir al mínimo su superficie.

En efecto, en el seno del líquido, cada molécula está rodeada por moléculas vecinas próximas que ejercen sobre ella fuerzas intermoleculares de cohesión. El radio de acción de las fuerzas moleculares es relativamente pequeño. Por simetría, estas fuerzas se ejercen en todos sentidos y direcciones por lo que la resultante es nula. Sin embargo, las moléculas de líquido en la superficie se encuentran rodeadas por arriba por otro tipo de moléculas. Cuando en el exterior existe un gas (por ejemplo, aire), la interacción entre las moléculas de éste y las del líquido es despreciable por ser muy pequeña la concentración de moléculas en un gas, y existe una fuerza neta dirigida hacia el interior del líquido que se opone a que las moléculas superficiales del líquido escapen de su superficie.

Si consideramos el conjunto de todas las moléculas superficiales existe una diferencia de energía entre esta situación y la que tendrían si estuvieran dentro del líquido. Esta energía  $U$ , es proporcional al área  $S$  de la superficie libre del líquido

$$U = \sigma \cdot S \quad (10.1)$$

donde  $\sigma$  es el coeficiente de tensión superficial del líquido, que depende de la naturaleza de los medios en contacto y de su estado.

Si producimos un aumento infinitesimal en la superficie del líquido la energía superficial variará en:

$$dU = \sigma \cdot dS \quad (10.2)$$

Ahora bien, la superficie del líquido tiende a la menor energía posible, por lo que se opone a este aumento. Si la superficie ha aumentado en la dirección  $x$ , aparecerá una fuerza que valdrá:

$$F = -\frac{dU}{dx} = -\sigma \frac{dS}{dx} \quad (10.3)$$

Si las dimensiones lineales de la superficie del líquido son  $l$  y  $x$  se tiene que, en módulo:

$$F = \sigma \cdot l \quad (10.4)$$

y por tanto el coeficiente de tensión superficial  $\sigma$  es:

$$\sigma = \frac{F}{l} \quad (10.5)$$

Si situamos un sólido sobre la superficie de un líquido, la tendencia del líquido a disminuir su superficie lleva a que en el límite entre la película superficial y el sólido surjan fuerzas de tensión superficial, dadas por las expresiones anteriores. Estas fuerzas son tangentes a la superficie y dirigidas hacia el interior del líquido.

## MÉTODO EXPERIMENTAL

La expresión (10.5) nos proporciona un procedimiento para medir el coeficiente de tensión superficial de un líquido, sin más que colocar un anillo o una lámina de algún material sobre la superficie y medir la fuerza que ésta ejerce cuando intentamos separarla.

Esta fuerza la mediremos por medio de la balanza de Searle. Se trata de una balanza de brazos desiguales cuyo modo de operación está basado en el momento recuperador que se origina en un alambre fino cuando se provoca en él una deformación por torsión. Este alambre está situado en la parte superior de la balanza sujeto por dos tornillos y a la vista. La balanza tiene también un platillo y una plataforma. La plataforma se puede desplazar en sentido vertical por medio de un tornillo solidario situado bajo ella. Del gancho de la balanza cuelga un anillo metálico de pequeño espesor, para el que se ha medido el diámetro  $D$  (valor medio entre el diámetro exterior y el diámetro interior). El anillo tiene el borde inferior acabado en una punta muy fina; así, el peso del líquido que arrastra por encima de la superficie del líquido sin perturbar es despreciable.

### 1) Medida del coeficiente de tensión superficial del alcohol etílico.

Primero, aunque no es crucial, comprobamos que la balanza esté equilibrada: el fiel sobre el limbo graduado debe estar en la posición 0. Si no es así, manipulamos el contrapeso que lleva en uno de sus brazos, desplazándolo ligeramente sin más que aflojar el tornillo que lo sujeta al brazo. Hay que tener cuidado, después de equilibrar, de que quede bien sujeto y no se mueva durante las medidas.

Medimos la temperatura del alcohol etílico: anotamos el dato y la precisión del termómetro.

Llenamos de alcohol etílico el vidrio de reloj situado sobre la plataforma (sin llegar al borde). Subimos la plataforma girando el tornillo solidario hasta que el anillo entre en contacto con la superficie del líquido. Después giramos en sentido contrario el tornillo muy lentamente, de modo que la plataforma baje, intentando separar la lámina de la superficie. Observamos cómo el fiel se va desplazando sobre el limbo graduado hasta

que llega a una determinada posición en la que bruscamente se consigue la separación del anillo.

Anotamos esta posición del fiel sobre el limbo. En el momento de la separación, la fuerza atractiva,  $F$ , debida a la tensión superficial del líquido ha sido compensada por la que ejerce la balanza en sentido opuesto,  $F'$ . Hemos hecho la primera medida. Para realizar las medidas siguientes procederemos así: subimos un poco la plataforma por medio del tornillo y luego acercamos con la mano el anillo al líquido hasta que el anillo penetre en el líquido. Hecho esto, el fiel de la balanza se encontrará en una división del limbo graduado próxima a la que señalaba en el instante de la separación. Volvemos entonces a bajar muy despacio la plataforma hasta que se separe de nuevo. Anotamos la nueva posición del fiel. Se repite esta operación hasta cinco veces obteniendo cinco lecturas del fiel sobre el limbo.

A continuación, se seca con cuidado el anillo, y se van colocando pesas en el platillo hasta que el fiel marque la misma posición en la que se efectuó la separación. En estas circunstancias:

$$F' = m g \quad (10.6)$$

Esta fuerza es la que equilibra a  $F$ , por lo que:

$$F = \sigma \cdot l = m g \quad (10.7)$$

Como se dijo más arriba la fuerza de tensión superficial sólo actúa en la frontera entre el agua y el sólido, es decir, a lo largo del perímetro del mismo. En este caso  $l$  representa la longitud de las dos caras de líquido a lo largo del perímetro del anillo, o sea, aproximadamente el doble de la longitud de su circunferencia media:

$$l = 2 \pi D \quad (10.8)$$

(El factor 2 se debe a que la lámina de líquido tiene dos caras). El valor del doble del perímetro,  $l = 2 \pi D$ , donde  $D$  es el diámetro definido en la sección *Método experimental*, se da como dato  $l$  en la parte superior de la balanza. Sustituyendo:

$$\sigma = \frac{F'}{l} = \frac{m g}{l} \quad (10.9)$$

## 2) Medida del coeficiente de tensión superficial del agua.

Comprobamos que la balanza sigue equilibrada.

Medimos la temperatura del agua: anotamos el dato y la precisión del termómetro.

Se procede de la manera descrita en el apartado anterior realizando también cinco medidas.

## RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Coeficiente de tensión superficial del alcohol etílico. Es una medida indirecta y su valor e incertidumbre está relacionada con la de las magnitudes que se miden a través de la fórmula (10.9)  $m$  y  $l$ .

1. Realizar una tabla con los cinco valores de la posición del fiel y el valor de  $m$  correspondiente en cada caso. Hallar el valor medio de  $m$  y su desviación típica.

Determinar la incertidumbre aleatoria. Hallar la incertidumbre sistemática de la balanza como la masa que consigue una desviación del fiel sobre el limbo de la mitad de una división. Hallar la incertidumbre de  $m$ :  $\Delta m$ .

2. Tomar como incertidumbre en  $l$  una unidad de precisión de la última cifra con la que se proporciona el dato de  $l$ .
3. Hallar el coeficiente de tensión superficial del alcohol  $\sigma$ , y su incertidumbre  $\Delta\sigma$ .
4. Obtener de la Tabla I el valor de la tensión superficial del alcohol etílico a la temperatura del laboratorio. Calcular su error. Comparar el valor obtenido experimentalmente en el paso 3 con el valor tabulado. Comprobar si ambos son compatibles.

### Coefficiente de tensión superficial del agua.

5. Repetir los apartados 1 y 3 para el agua, obteniendo el coeficiente de tensión superficial del agua  $\sigma'$ , y su incertidumbre,  $\Delta\sigma'$ .
6. Obtener de la Tabla II el valor de la tensión superficial del agua a la temperatura del laboratorio. Calcular su error. Comparar el valor obtenido experimentalmente en el paso 5 con el valor tabulado. Comprobar si ambos son compatibles entre sí.
7. Expresar los coeficientes de tensión superficial en unidades del S.I. Comentar los resultados.

TABLA I	
Coeficiente de tensión superficial del alcohol etílico	
T (C)	$\sigma$ (din/cm)
0	24.05
10	23.61
20	22.75
30	21.89

TABLA II	
Coeficiente de tensión superficial del agua	
T (C)	$\sigma$ (din/cm)
0	75.64
5	74.90
10	74.22
15	73.49
20	72.75
25	71.97
30	71.18
40	69.56
50	67.91