

PRÁCTICA Nro. 2:

TENSIÓN SUPERFICIAL

La tensión superficial es una propiedad de la superficie de separación entre dos medios, y es causada por la atracción entre moléculas del mismo tipo que interactúan mediante diversas fuerzas intermoleculares. Entre las moléculas átomos hay en general una interacción (fuerza) de muy corto alcance que se conoce como fuerza de Van der Waals. A las fuerzas de atracción que ejercen las moléculas del mismo tipo las llamamos de *cohesión*, las fuerzas entre moléculas o átomos distintos las denominamos de *adhesión*.

El fenómeno de tensión superficial es más notorio en una interfase líquido-gas, por ejemplo agua y aire. En la superficie del líquido las moléculas son atraídas hacia el interior del líquido por moléculas análogas y hacia afuera del mismo por las moléculas presentes en la fase gaseosa (ver Figura 1). Como la cohesión de las moléculas del líquido es más fuerte, las moléculas de la superficie líquida son atraídas más intensamente por sus vecinas de la fase líquida que por las de la fase gaseosa, ya que en la última hay menos moléculas por unidad de volumen y están más alejadas entre sí. Como resultado de estas interacciones la superficie se parece a una “membrana tensa” y adquiere propiedades semejantes a esta membrana. En particular, adquiere una forma tal que minimiza su área, manteniéndose compatible con los **vínculos** presentes; de esta forma disminuye la energía de superficie. Para deformar esa superficie se requiere hacer trabajo; el trabajo por unidad de área se denomina tensión superficial γ .

$$\gamma = \frac{\Delta W}{\Delta A} = \frac{F}{l} \quad (1)$$

Donde F es la fuerza y l es la longitud de contacto (borde de la “membrana”). De forma similar, ΔW es el trabajo necesario para aumentar el área de una membrana en ΔA . Esta expresión puede usarse como definición operacional de tensión superficial.

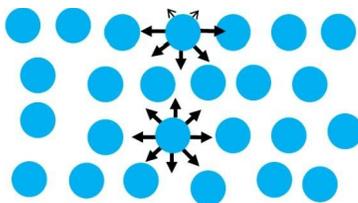


Figura 1: Esquema de las fuerzas intermoleculares sobre moléculas en el seno y en la superficie de un líquido.

En nuestro caso, la fuerza F es el peso total de la columna de fluido, sostenida por la tensión superficial, y l es la longitud de contacto entre el fluido y el vidrio (contorno de la interfase fluido-vidrio). Por ejemplo, para un tubo cilíndrico de radio r donde la tensión superficial levanta el agua hasta una altura h (Figura 2), tenemos que el peso de la columna es $F = \rho g \pi r^2 h$ y el contacto es a lo largo del perímetro de contacto, es decir, $l = 2\pi r$. Por lo tanto, midiendo h es posible estimar la tensión superficial a través de la siguiente relación:

$$\gamma = \frac{F}{l} = \frac{\rho g \pi r^2 h}{2 \pi r} = \frac{\rho g r h}{2} \quad (2)$$

Para cuantificar el fenómeno de tensión superficial podemos construir un dispositivo con dos vidrios de $15\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ aproximadamente, en forma de cuña como se muestra en la Figura 3. Colocamos las placas de tal modo que formen una cuña de separación angular β . Para ello, colocamos un separador de espesor conocido d a una distancia l de la línea de unión. Por lo tanto, $\tan \beta = d/l$. Es conveniente que este separador sea del orden de 1 mm si l es del orden de 10 cm , para así lograr una cuña de dimensiones “capilares”.

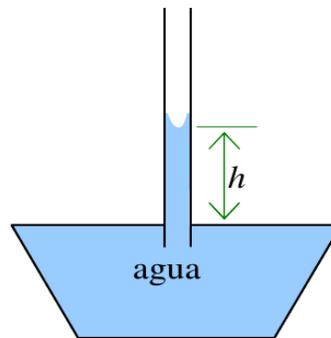


Figura 2: Esquemático representando el fenómeno de ascenso capilar en un tubo de agua .

Definimos al eje de la arista vertical como el eje z y al horizontal como x . Si tomamos un elemento de volumen prismático infinitesimal, de base $x \tan(\beta) \times dx$ y altura es z , éste tendrá un peso $\rho x \tan \beta z dx g$. El contacto entre el fluido y el vidrio tiene una longitud $2 dx$ aproximadamente. De la relación $\gamma = \frac{F}{l}$ obtenemos la expresión de la altura del fluido:

$$\gamma = \frac{\rho x \tan(\beta) z dx g}{2 dx} \quad (3)$$

Por lo tanto, obtenemos la forma de la curva de contacto:

$$z = \left[\frac{2\gamma}{\rho \tan(\beta) g} \right] \cdot \frac{1}{x} \quad (4)$$

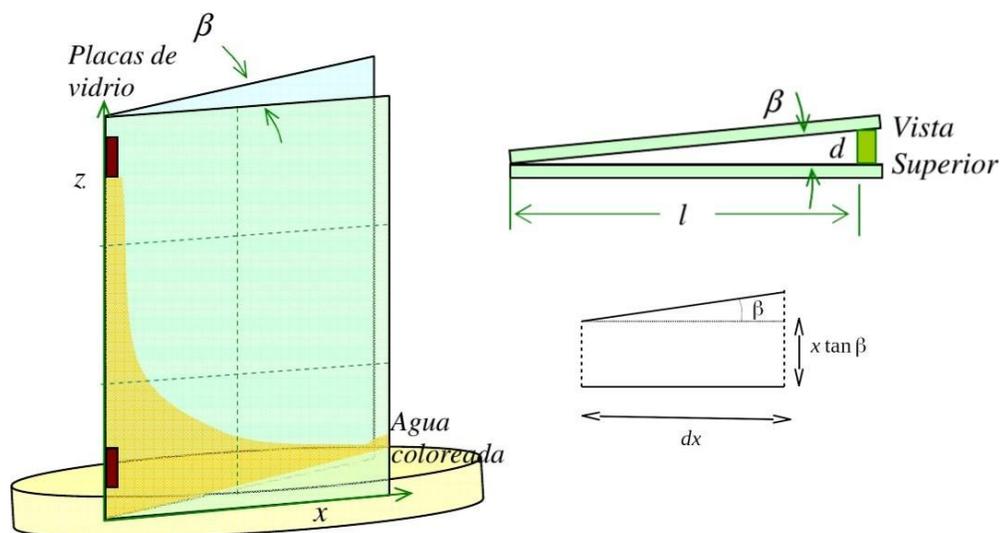


Figura 3: Dos placas de vidrio en forma de cuña. A la derecha se ve una vista desde arriba del arreglo así como un elemento dx de la cuña esquema o y a la izquierda una foto de una realización concreta.

El experimento consiste en reproducir el montaje experimental de la Fig. 3 y verificar la relación entre z y x de la Ec. 4. El valor de referencia para la tensión superficial del agua con colorante se detalla en el documento adjunto y es $\gamma \approx (0,0253 \pm 0,0025) \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.

Ejemplo de programa para extraer datos de la fotografía: <https://apps.automeris.io/wpd/>

INFORME

El informe se limita a las partes de **Resumen, Resultados, Discusión y Conclusión**. Se entregará un documento con las otras partes ya redactadas.