

TORRICELLI Y LA MANZANA DE NEWTON.

Se dice que Newton descubrió la Ley de la Gravedad observando la caída de una manzana.

Es también posible que Torricelli descubriese la presión atmosférica mientras bebía un sorbete de limón al cava.

Aparentemente él succionaba tanto el aire como el sorbete, pero se dio cuenta de que no era esto lo que sucedía exactamente.

Sospechó que era la presión atmosférica la que empujaba hacia abajo el sorbete del vaso al estar este en contacto con el aire exterior. Al cerrar la boca y eliminar el contacto del aire de la pajita con el exterior, este aire inicial de la pajita no ejercía prácticamente ninguna presión en el interior. Para que existiera un equilibrio de fuerzas en el interior y el exterior del tubo al nivel del extremo inferior de la pajita, el agua ascendía por el tubo tratando de igualar en el interior de su base la presión a ese nivel en el exterior de la pajita. Este equilibrio se conseguía entrando agua por el tubo. Él vaciaba de aire la pajita, e indirectamente facilitaba a la atmósfera su labor, pero no era él el autor directo del ascenso del sorbete, él solamente aspiraba el aire de la parte superior de la pajita. Inmediatamente después, casi instantáneamente era el aire el que empujaba.

Probablemente hizo la prueba con alguna pequeña botella, vertió en ella el sorbete y al tratar de succionar el sorbete, al no estar este en contacto con el aire exterior no lo consiguió.

PRIMERA PARTE.-

Es conocido por todos el experimento que ideó Torricelli para medir el valor de la presión atmosférica empujando hacia abajo ejercida por el peso del aire

Como sabemos, lo que hizo fue llenar un estrecho tubo de cristal de 1 m. de longitud cerrado por uno de sus lados y llenarlo completamente de mercurio, vertió también mercurio en una cubeta, tapó la parte superior del tubo y a continuación le dio la vuelta, y sin dejar de obturar su parte abierta introdujo esta parte en la cubeta.

Observó que el tubo no se vaciaba y que el mercurio del tubo descendía hasta una altura de 76 cm. por encima del nivel del mercurio en la cubeta, ver figura 1.

El tubo está introducido un espesor C en el mercurio de la cubeta para que no haya posibilidad de entrada de aire hacia el tubo, quedando los 24 cm. de la parte superior del tubo sin aire, es decir se forma un vacío.

La explicación que se da es que la presión que ejercen estos 76 cm. de mercurio es igual a la ejercida por el peso del aire.

La explicación completa no es ésta exactamente, aunque la conclusión final sea la misma, que la presión atmosférica es de 76 cm. de columna de mercurio.

Lo que hay que tener siempre en cuenta es que si algo: mercurio, agua, aire etc. asciende en contra de la acción de la gravedad que es descendente, es que de alguna forma se ejerce una fuerza en sentido ascendente, pues como se dice a veces, "la gravedad nunca duerme".

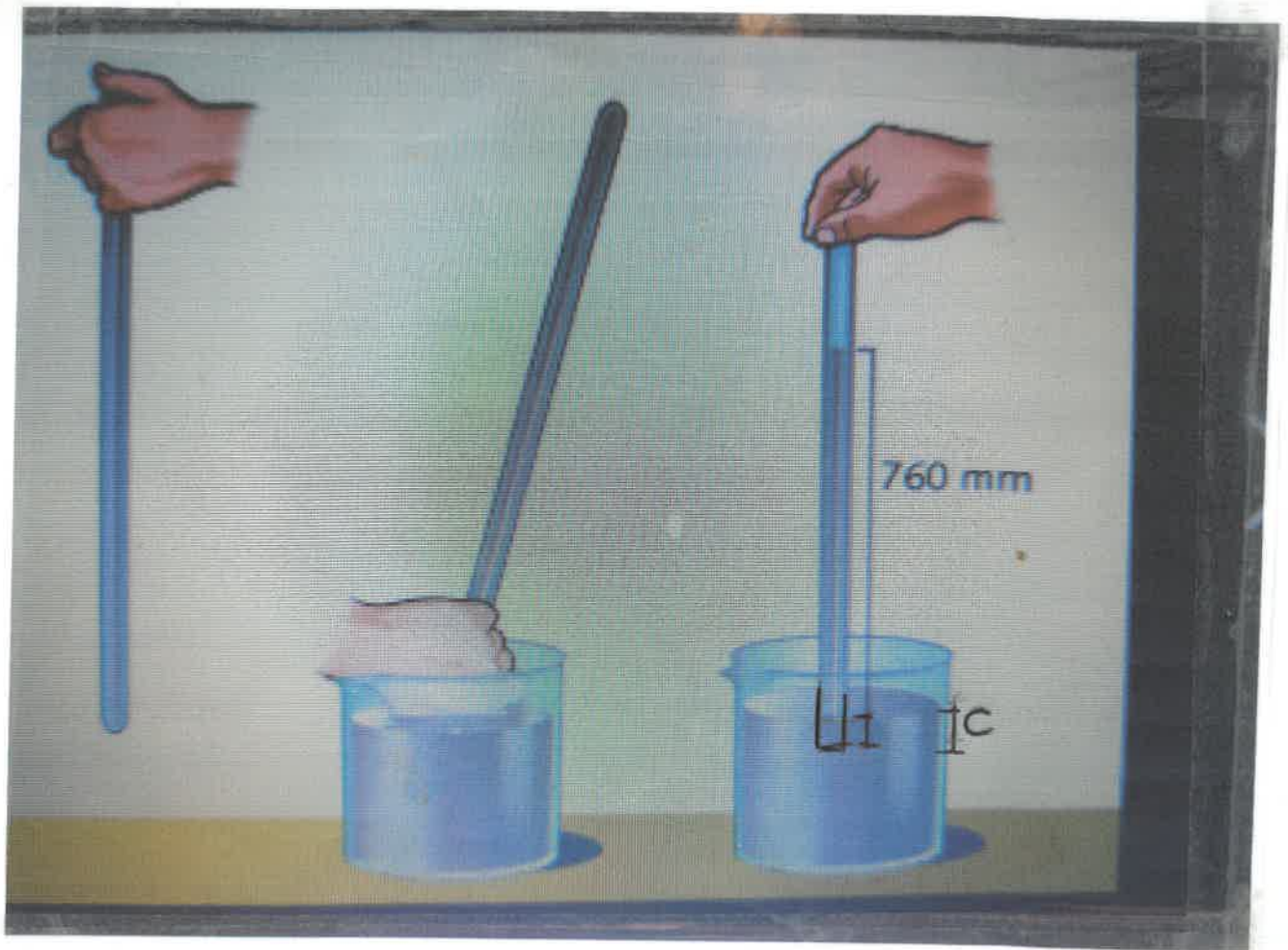


Figura 1.

Esta fuerza ascendente es producida por la presión ejercida por el peso del aire que gravita sobre la superficie de la cubeta, mas la presión debida a la parte de mercurio que está en la cubeta en el espesor C, correspondiente a la parte del tubo introducido en la cubeta.

Si el tubo tiene una sección de 1 cm^2 ., el volumen de los 76 cm de mercurio es de 76 cm^3 . Como su densidad es de $13,6 \text{ gr/cm}^3$., el peso de esta columna de mercurio por encima del nivel de la cubeta es de $76 \times 13,6 = 1.033,6 \text{ gr}$.

En realidad el peso del mercurio del tubo no es solamente el debido a los 76 cm , sino también al del mercurio de la parte de tubo introducido en la cubeta, de longitud C.

La presión del mercurio en la cubeta a esa profundidad C es $C \times 13,6 + P_a$, $C \times 13,6$ la debida a la presión del mercurio en la cubeta a C centímetros de profundidad y P_a la presión atmosférica.

Igualando estas dos expresiones $(76+C) \times 13,6 = C \times 13,6 + P_a$. Luego $P_a = 76 \times 13,6 \text{ gr/cm}^2 = 1.033 \text{ gr/cm}^2$.

Como en los dos miembros de la igualdad aparece $13,6 \times C$, por ser mercurio tanto el del interior del tubo como el de la cubeta, estos términos se anulan en los cálculos. Debido a esto, la conclusión obtenida de forma incompleta al olvidar esta parte del mercurio, es correcta.

Es el aire exterior el que mantiene los 76 cm. de mercurio dentro del tubo, y es asimismo este aire exterior el que hace subir el sorbete por la pajita.

Se puede comprobar esta afirmación, tratando de beber vino de una botella, colocando ésta en sentido vertical y a continuación inspirando el aire del interior de la botella, habiendo metido el cuello de la botella en la boca, no hay forma de tomarse el vino, solo podemos inspirar un poco de aire, pero del vino ni gota.

No es necesario llenar la botella completamente para realizar este experimento, Lo mismo ocurriría si llenásemos de agua total o parcialmente el tubo de Torricelli y tratásemos de beber agua inspirando el aire del tubo.

Asimismo podemos comprobarlo con agua en un tapón de bolígrafo o con una lavativa.

SEGUNDA PARTE.-

Vamos a realizar un experimento ideal, en el experimento de Torricelli inclinemos el tubo 45° sin sacar la parte inferior de la cubeta, impidiendo la entrada de aire.

¿Se mantendrá la misma cantidad de mercurio ocupando 76 cm. de tubo?. Ver figura 2

¿Se mantendrá la altura del mercurio a 76 cm. contados desde la superficie del mercurio en la cubeta?. Figura 3.

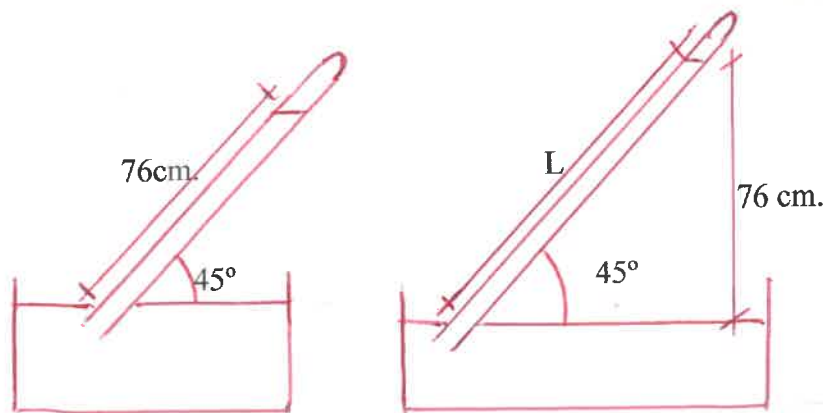


Figura 2,

Figura 3.

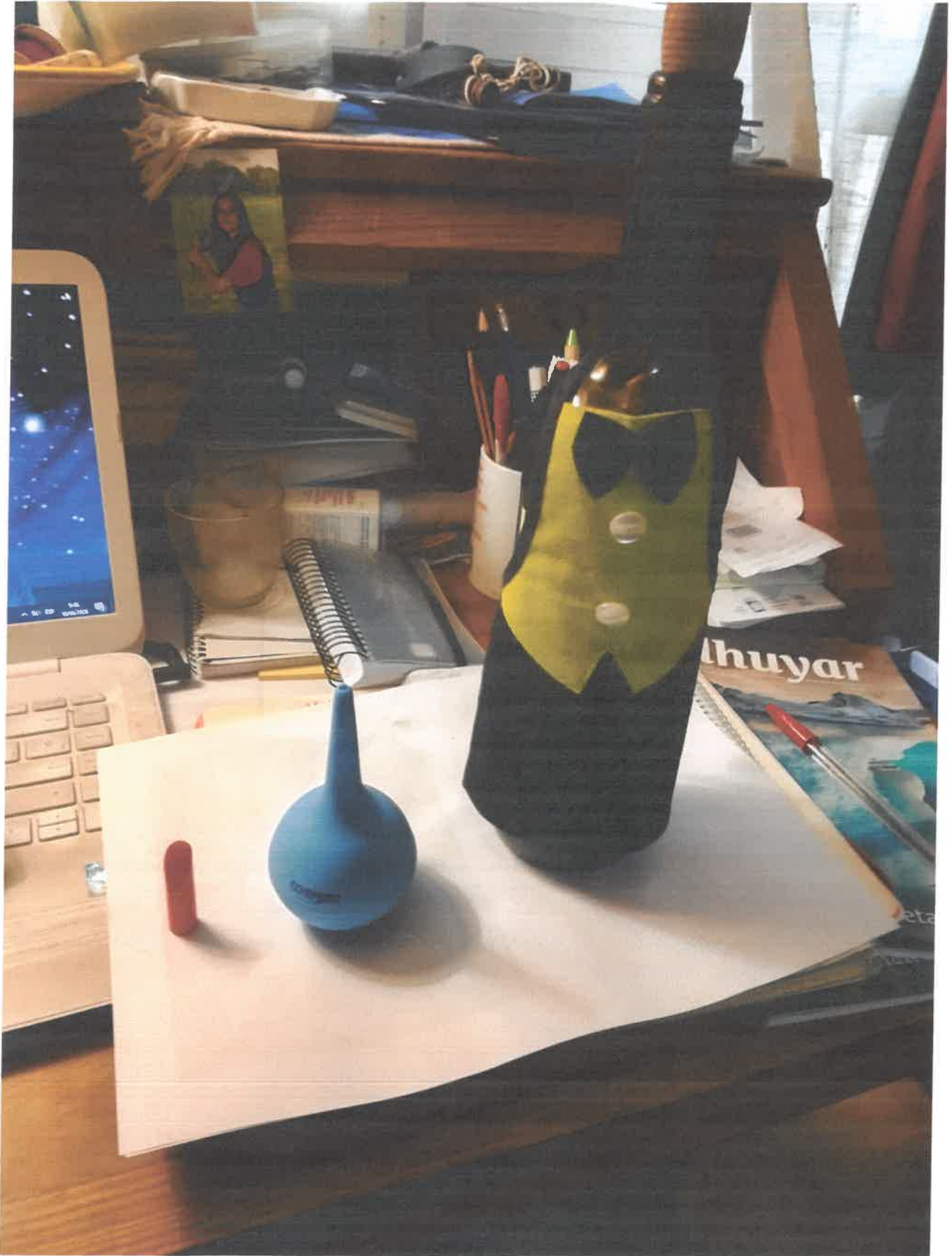
En el caso de la figura 3 la longitud del mercurio sería de $L=76/\text{sen } 45^\circ=76/0,71=107 \text{ cm.}$

Si esto es así el tubo tendría que ser mayor que el utilizado por Torricelli en su experimento, pues era de 1 m. Solamente.

El volumen inicial del mercurio en el tubo era de 76 cm^3 , si la sección es de 1 cm^2 . Su peso era de $76 \times 13,6=1.033,6 \text{ gr.}$

En la figura 3 el peso del mercurio del tubo es de $107 \times 13,6=1.455,2 \text{ gr.}$

La presión en la base del tubo es la atmosférica, es decir $1033,6 \text{ gr/cm}^2$. y tiene que soportar $1.455,2 \text{ gr.}$ que pesa el mercurio del tubo.



Vista parcial del laboratorio.

Pero resulta que esa presión atmosférica no se ejerce sobre 1 cm² pues ahora la base del tubo tiene $1/0,71=1,41$ cm² de sección y la fuerza ascendente ejercida será $1.033,6 \times 1,41=1.457$ gr,

Es decir que la longitud y el peso del mercurio del tubo se multiplican por $1/\text{sen } 45^\circ$, pero la sección aumenta de igual forma.

Hay que hacer constar que el volumen dentro del tubo ha pasado de ser 76 a 107 cm³, es decir ha aumentado en 31 cm³. Esos 31 cm³. provienen del mercurio de la cubeta, cuyo volumen disminuye esta misma cantidad, y por lo tanto su nivel desciende en la cubeta.

Si la superficie de la cubeta es de unos 31 cm², veremos a su nivel descender 1 cm. por un lado, y ascender en el tubo 31 cm.

Antton del Campo.
Ingeniero Industrial.
Mayo de 2026.