# EL DENSICRONOMETRO

Rafael Nuñez

Se dice con excesiva frecuencia que las Matemáticas son la herramienta imprescindible de la Física. Y lo dicen los matemáticos,que se sienten orgullosos de su vocacional ejercicio. Y lo dicen los físicos,que por su propia formación bien lo saben. Y lo dice igualmente mucha,muchísima más gente. Pero no lo dicen - al menos con la reiteración y claridad que el tema merece - ,no lo dicen,no,los docentes. Lo cual es sorprendente,sin duda,porque con ello los alumnos,sus alumnos,quedan un tanto al margen de una verdad tan divulgada y compartida.

Convendría,por lo tanto,un replanteamiento serio de este aspecto esencial en la enseñanza de la Física. Si bien a nivel elemental tal enseñanza apunta preferentemente a lo cualitativo y conceptual,marginando un tanto todo aparato de abstracción operativa,ya a niveles medio y superior no cabe otra opción que no sea la del uso continuado e intenso de las Matemáticas. Por ello,insistir una y otra vez en tal circunstancia - la obligatoriedad de tal uso - aparece como cuestión fundamental en la decantación del auténtico concepto de la Física como ciencia. Es decir,fundamental en la consecución del éxito como colofón a la empresa pedagógica emprendida.

Así,pues,y en la línea planteada,cabe incluso la posibilidad de proponer pequeños trabajos de investigación con los que estimular al alumno con vistas al fin propuesto. Se trataría de trabajos que por su propio contenido,planteamiento y desarrollo participan,en su corta escala,del carácter netamente físico y puramente matemático que en íntimo solapamiento constituyen ciencia.Pero trabajos,a la postre,en los que el aparato matemático utilizado se realza en toda su magnitud,refiriéndose la dimensión física a la mera interpretación de las fórmulas iniciales y finales.

Con tal fin,y a modo de ejemplo,presentamos aquí este corto y simple desarrollo,planteado para alumnos de C.O.U.En él - con él -manifestamos en concreto el objetivo global más arriba apuntado.

La velocidad con que fluye un líquido cualquiera desde un recipiente de presión $P_1$, a otra presión $P_2$, viene dada por la expresión

$$v = \sqrt{2g \cdot \frac{P_1 - P_2}{w}} \qquad (1)$$

en donde w es el peso específico del líquido.

Si es S la sección del tubo de trasvase, escribiremos entonces

$$S \cdot v = \text{Gasto} = G = \frac{V}{t} \qquad (2)$$

en donde V es el valor del volumen trasvasado y t el tiempo invertido en ello.

Despejando ahora v en ( 2 ) y sustituyendo en ( 1 ) resulta

$$\frac{V^2}{S^2 \cdot t^2} = 2g \cdot \frac{P_1 - P_2}{w} \qquad (3)$$

Volviendo a despejar en ( 3 ), después de sustituir w por su valor d .g , donde d es densidad, queda

$$P_1 = \frac{V^2 \cdot d}{2\, S^2 t^2} + P_2$$

Y, operando

$$(P_1 - P_2) \cdot t^2 = \frac{V^2 \cdot d}{2 \cdot S^2} \qquad (4)$$

La ecuación ( 4 ) es, según se ve, una ecuación de 2º grado del tipo $At^2 - B = 0$, cuya solución positiva (la negativa carece de sentido) es

$$t = \sqrt{B / A} \qquad (5)$$

en donde toman logaritmos en los dos miembros y manteniendo constante la diferencia $P_1 - P_2$ obtenemos

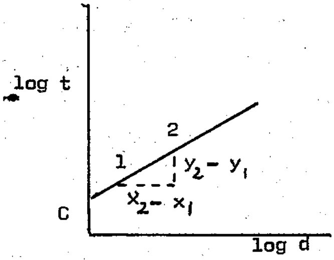
$$\log t = \log V + 1/2 \log d - 1/2 \log 2 + \log S + 1/2 \log (P_1 - P_2)$$

y reagrupando términos

$$\log t = 1/2 \log d + C$$

en donde C es una constante característica del dispositivo utilizado.

La representación gráfica de log t nos da, según se indica en la figura, una línea recta de pendiente 1/2. Esa línea, además, corta al eje de las ordenadas a una distancia del origen igual a C




Según esto, para dos puntos 1 y 2 de dicha recta, podremos escribir

$$1/2 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \Longrightarrow 1/2 = \frac{\log t_2 - \log t_1}{\log d_2 - \log d_1} \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow 1/2 = \frac{\log \frac{t_2}{t_1}}{\log \frac{d_2}{d_1}} \Longrightarrow \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} = \frac{t_2}{t_1}$$

lo cual nos permitirá concluir que

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{t_2^2}{t_1^2}$$ ,es decir : "LAS DENSIDA -

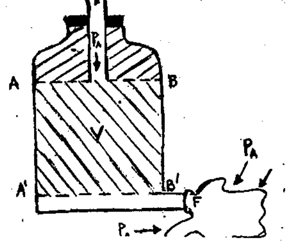
DES DE DOS LIQUIDOS SON DIRECTAMENTE PROPORCIONALES A LOS CUADRADOS DE SUS TIEM-POS DE TRASVASE ENTRE DOS RECIPIENTES SOBRE LOS CUALES ACTUA UNA DIFERENCIA DE PRESIONES $P_1 - P_2$ CONSTANTE".

Evidentemente, si d y t son valores conocidos por utilización previa de un líquido patrón, tenemos que

$$d_2 = \frac{d_1}{t_1^2} \cdot t_2^2 \Longrightarrow d_2 = K \cdot t_2^2 \qquad (6)$$

con lo cual, la medida de cualquier densidad queda circunscrita a la determinación correcta de aquel tiempo $t_2$.

-Todo ello nos da, realmente, la oportunidad de construcción de un mecanismo simple para el cálculo de densidades en la materia líquida. En efecto, considerando el esquema de la figura



vemos como el problema en sí mismo se resuelve utilizando un elemental frasco de Mariotte. En el nivel AB,nivel arbitrario que marca la profundidad del tubo T,la presión es la atmosférica ,$P_A$ ,cuando por la boquilla F sale líquido (por T entra entonces aire procedente del exterior ). Asimismo,y consecuentemente con lo dicho, la presión en $A'B'$,plano este que corresponde al nivel de salida,es suma de aquella presión $P_A$ más la que origina el cilindro líquido de base $A'B'$ y altura h.

Es evidente que hasta que el líquido del frasco no alcanza en su descenso al plano AB,dicho valor de la presión en $A'B'$ se mantiene. Y como el segundo recipiente de trasvase lo sustituimos aquí por un simple globo,como indica la figura,glo- sobre el que también actúa la presión atmosférica,resulta que la diferencia $P_1 - P_2$ entre ambos envases se mantiene constante e igual al peso del volumen V,que corresponde a la altura h,en tanto que el plano AB no se vea rebasado por el líquido descendente. Finalmente,si bien los gastos de esta manera obtenidos son constantes ,sus valores concretos están ligados a las propiedades intrínsecas de los líquidos manipulados. Más exactamente aún : a sus densidades. Significa esto último que las velocidades de trasvase serán distintas para iguales volúmenes,V,de líquidos diferentes. Y,por ello,también diferirán los correspondientes tiempos,que responderán siempre a la ecuación ( 6 ).

En tales condiciones,por tanto,haciendo una primera experiencia con agua ( d = = 1 g/cm$^3$ ) determinaremos el valor de K de aquella ecuación (para lo cual bastará medir el tiempo $t_1$ de trasvase para V)y luego,previa medida del tiempo $t_2$,sólo restará aplicar la ecuación ( 6 ) para el líquido problema.

Un cronómetro y un frasco de Mariotte bastan,pues,para medir la densidad de cualquier líquido. Dos utensilios unidos en un solo fin. Un todo único para una determinación.Justo es que a dicho conjunto le pongamos un nombre. Este : CRONO-DENSIMETRO . O también : DENSICRONOMETRO .