

59. Cantidad de sustancia y número de partículas

Friedrich Herrmann. Universidad de Karlsruhe, Alemania
Georg Job. Universidad de Hamburgo, Alemania
Nelson Arias Ávila. Universidad Distrital, Bogotá, Colombia

Tema:

Para caracterizar la cantidad de una sustancia, los químicos prefieren una magnitud diferente a los físicos, los primeros la “cantidad de sustancia” n , los segundos el número de partículas N .

Defectos:

En Química la magnitud n se considera fundamental, no solamente para la definición de la composición de las sustancias sino en general para la comprensión del comportamiento de estas. Muchas leyes y reglas adquieren una forma particularmente sencilla si se emplea dicha magnitud (leyes estequiométricas, ley de los gases, ley de acción de las masas, regla de Dulong y Petit, regla de Pictet y Trouton, entre otras).

Sin embargo, al lado del número de partículas N la cantidad de sustancia n parece un poco superflua, ni siquiera parece ser una “auténtica” magnitud, cuyos valores se determinen en un proceso de medición; figura más bien como un “simple” valor numérico. En ese contexto la constante de Avogadro N_A sirve solamente como unidad de recuento, algo así como por ejemplo la “docena”. Los valores de n y N se diferencian en el factor N_A , de manera que todas las magnitudes derivadas de n también se pueden considerar como derivadas de N . Los valores de las magnitudes derivadas de N variarían en un factor entero de N_A , mayor o menor que las derivadas de n , lo cual las hace un poco más difíciles de manejar. Sin embargo, este argumento puede convencer a quien tiene que operar frecuentemente con dichos valores, pero no al físico que acostumbra a pensar en categorías más generales.

Empleando N en lugar de n se pierde algo más que la “maneabilidad” de los valores, lo cual se aprecia al comparar n con otras magnitudes, por ejemplo, la carga eléctrica Q . Se podría reemplazar la carga en todas las ecuaciones por un número entero, el “número de cargas” $z = Q/e$, sin perder ningún resultado de la electrodinámica; por ejemplo, para la ley de Coulomb se tendría que:

$$F = \frac{z_1 \cdot z_2}{4\pi\epsilon^* r^2} \quad (1)$$

siendo ϵ^* en el vacío, igual a: $\epsilon^* = \frac{\epsilon_0}{e^2} = \frac{8.854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}}{(1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2} = 3.45 \cdot 10^{26} \text{ J}^{-1}\text{m}^{-1}$

Asimismo, sería necesario replantear todas las unidades eléctricas, rempazándolas por otras (amperio $\rightarrow \text{s}^{-1}$, voltio $\rightarrow \text{J}$, ohmio $\rightarrow \text{J} \cdot \text{s}$, faradio \rightarrow

J^{-1} , henrio $\rightarrow J \cdot s^2$, etc.), mientras los valores numéricos cambiarían en una potencia entera de $1,602 \cdot 10^{-19}$. En Bogotá, por ejemplo, la tensión en la red eléctrica sería $1,76 \cdot 10^{-17}$ J, y una lámpara de 100 W estaría atravesada por una corriente de $5,67 \cdot 10^{18} s^{-1}$. Se nota que no solamente serían inmanejables los valores en situaciones comunes para la tensión, la corriente y la resistencia, sino que se podría confundir sus unidades con las de frecuencia o energía. Si para los estudiantes ya es difícil distinguir entre tensión y corriente eléctrica, siendo diferentes sus unidades, con este método se presentaría la dificultad adicional de distinguir entre tensión y potencia, y además ¿qué idea se puede formar de la unidad $J \cdot s$ para la resistencia?

Dificultades muy similares se presentan cuando se pasa por alto la magnitud n , es decir, la cantidad de sustancia. Dejan de percibirse las analogías con otros campos de la Física, lo cual favorece la tendencia a introducir conceptos particulares. Lo que podría, en general, ser una parte de la Física convencional se ha transformado en una disciplina especial, la Física estadística, que emplea métodos y maneras de pensar completamente nuevos; las representaciones allí formuladas se han separado a tal punto del resto de la Física que una unificación resulta casi imposible. Cada vez es menor la posibilidad de tratar los fotones en un cuerpo negro, los fonones en un sólido, los electrones en la banda de conducción, los huecos en la de valencia, la distribución de velocidades de Maxwell, la energía de Fermi, la condensación de Bose-Einstein, la ley de Boltzmann, etc., con los mismos métodos y conceptos con los cuales el químico describe el comportamiento macroscópico de las sustancias.

Origen:

Mientras fue posible considerar la masa m de una porción de sustancia como proporcional a la cantidad de esta, parecía natural tomarla –ya que es fácil medirla– como medida de cantidades de sustancia de toda índole. Una pregunta que permanentemente se hace en Química referente a cuándo dos porciones de sustancia deben considerarse como iguales, generalmente no se hace en Física. En Física, la cantidad de sustancia se consideraba como “descendiente innecesario” de la masa, que no merecía figurar dentro de un sistema de magnitudes físicas. Además, en la teoría mecánica del calor en la cual se consideran los átomos como pequeños cuerpos sujetos a las leyes de la mecánica, o en la estadística cuántica donde se analizan distribuciones de partículas sobre estados cuánticos, el número de partículas N parece un concepto más natural, comparado con la cantidad de sustancia n .

Eliminación:

Aunque en Física generalmente no se estudian transformaciones propiamente químicas, se suelen considerar otros procesos de transformación de sustancias como la evaporación, fundición, ebullición, difusión, dispersión, entre otros. Asimismo, conjuntos de electrones, huecos, defectos cristalinos, fotones, fonones, partículas α , etc. pueden ser tratados como “sustancias”. Para los fenómenos correspondientes la cantidad de sustancia n desempeña un papel semejante al de la carga Q en la electrodinámica, es decir, representa una

magnitud básica de la cual se derivan otras magnitudes. Estas se pueden agrupar en un sistema conceptual que tendría muchas similitudes con otras partes de la Física. Renunciar a la magnitud n es tan inconveniente como sería renunciar a la carga eléctrica Q . Se recomienda introducir n de la misma manera como se introduce la longitud, la duración o la masa, es decir, por definición directa y no a través del número de partículas N .