

Artículo de divulgación

Modificaciones en el Sistema Internacional de Unidades al 20 de mayo del 2019

¹Shocron, A.M. y ¹⁻²Lanas H.J.

¹Física, ²Epistemología de la Fac. de Cs. Agrarias UNR
albertosh47@yahoo.com.ar

Para el 20 de mayo del año 2019 se planteó la redefinición de algunas de las siete magnitudes fundamentales o básicas del Sistema Internacional de las unidades patrones.

Las unidades de longitud (metro), de tiempo (segundo), de intensidad luminosa (candela) no tendrán modificaciones. Las que serán definidas de manera diferente a cómo se hace en la actualidad son: las unidades de masa (kilogramo), de intensidad de corriente eléctrica (ampere), de cantidad de sustancia (mol) y de temperatura termodinámica (kelvin).

La razón de este cambio es debido a que el ampere, el kelvin, y el mol están definidos a partir de fenómenos físicos que se manifiestan en evidencias empíricas "diseñadas de manera ideal", por ejemplo, el ampere se define como "la intensidad de corriente eléctrica que pasa por dos conductores rectilíneos paralelos infinitamente largos y de sección despreciables...". Esta manera de definir las unidades patrones de las magnitudes fundamentales hace que no podemos saber si los resultados serían los mismos si se quiere reproducir el modelo experimental o incluso, si los resultados serían los mismos en cualquier lugar del Universo.

El caso de la unidad de masa (kilogramo) es especial, ya que es la única definición que no está relacionada con un fenómeno físico, es un objeto en forma de cilindro de determinadas características. Este cilindro, más allá de estar hecho de un material poco degradable y conservado en condiciones de poca variabilidad, ha sufrido cambio en su tamaño (de unos pocos átomos) que no lo hacen idéntico al cilindro original con el que se definió la unidad patrón (1889).

Justamente, dos de las condiciones fundamentales que debe tener una unidad patrón de una magnitud fundamental es:

a) la invariabilidad durante el transcurso del tiempo; y

b) la reproducibilidad, esto es que debe ser exactamente igual en cualquier lugar del Universo.

Estas características solo pueden asegurarse si las unidades patrones están definidas respecto de las **constantes universales**. Esto es lo que ocurre con el "metro" que está definido respecto de la *velocidad de la luz en el vacío* (constante universal); con el "segundo" definido respecto de la *constante de estructura hiperfina* (constante universal) y con la "candela" definida respecto de la *constante para radiancia espectral* (constante universal).

De esta manera, se propone que las 4 unidades patrones que completan el Sistema Internacional, sean definidas a partir de otras constantes universales. En este caso:

- a) La unidad de masa (el kilogramo) se definiría a partir de la Constante de Planck (constante universal)
- b) La unidad de carga eléctrica (amperio o ampere) se definiría a partir de la Carga Eléctrica del Electrón (constante universal)
- c) La unidad de temperatura termodinámica (kelvin) se definiría a partir de la Constante de Stefan – Boltzmann (constante universal)
- d) La unidad de cantidad de sustancia (mol) se definiría a partir del Número de Avogadro (constante universal).

Estas modificaciones no tienen ningún efecto en los que hacemos cotidianos. No van a cambiar los instrumentos de medición ni tendrá impacto en dietas, transacciones económicas, etc.

En cambio, esto será muy importante para las comunidades tecno-científicas, para los que trabajan en nanotecnología o en desarrollos científicos y tecnológicos de muy alta complejidad. Permitirá realizar mediciones de altísima precisión, con una alta confiabilidad y con incertezas muy pequeñas (de muchas fracciones decimales).

Cambios Propuestos:

El Comité Internacional de Pesos y Medidas (CIPM) ha decidido revisar las definiciones de las Unidades Patrones Básicas del Sistema Internacional de Pesos y Medidas. El CCU (Comité Consultivo de las Unidades) ha propuesto que, se definan los valores exactos de cuatro constantes físicas (en su momento la "X" representa una cifra decimal no acordada):

- La constante de Planck (**h**), cuyo valor es $6,62606X \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
- La carga eléctrica elemental (**e**), cuyo valor es $1,60217X \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- La constante de Boltzmann (**k**), cuyo valor es $1,38065X \cdot 10^{-23} \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$
- La constante de Avogadro (**N_A**), cuyo valor es $6,02214X \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Además, ha propuesto que continúen vigentes los valores exactos de las otras tres constantes físicas:
 - La velocidad de la luz (**c**) en el vacío, cuyo valor exacto es $299792458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
 - La frecuencia de transición hiperfina del estado fundamental del isótopo de cesio-133 (¹³³Cs) ($\Delta \nu$ (¹³³Cs)_{hf}), cuyo valor exacto es 9192631770 Hz
 - La eficacia luminosa (**K_{cd}**) de la radiación monocromática de frecuencia $540 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$, cuyo valor exacto es $683 \text{ lm}\cdot\text{W}^{-1}$

Las Unidades Patrones de las magnitudes básicas o fundamentales del Sistema Internacional han quedado (a partir del 20-05-2019) definidas como sigue:

1) El **metro (m)**: No se ha modificado su definición

Es la unidad de longitud y se establece mediante la fijación del valor de la velocidad de la luz en el vacío (**c**) ($299792458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

El metro (m) es la longitud de la trayectoria que recorre la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de $1/299792458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

$$1 \text{ m} = \frac{c}{299792458} \text{ s}$$

2) El **segundo (s)**: No se ha modificado su definición

Es la unidad de tiempo y se establece mediante la fijación del valor de la frecuencia de transición hiperfina en el estado fundamental del cesio-133 en reposo y a una temperatura de 0 K, ($\Delta \nu_{Cs}$)_{hfs}) (9192631770 Hz)

El segundo (s) es la duración de 9192631770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio-133.

$$1 s = \frac{9192631770}{\Delta \nu_{Cs}}$$

3) El **kilogramo (kg)**: Cambia su definición: Queda derogada la siguiente: el kilogramo (kg) es una masa igual a la de un cilindro de platino e iridio de 39 milímetros de diámetro y de altura, que se encuentra en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas, en Sèvres, París; Francia.

Nueva definición:

El kilogramo (kg) es la unidad de masa y se establece mediante la fijación del valor de la constante de Planck a ser exactamente igual a 6,62607015.10⁻³⁴ s⁻¹.m².kg; (que puede expresarse como J.s). O sea:

$$1 kg = \frac{h}{6,62607015 \cdot 10^{-34}} m^{-2} s$$

4) El **amperio (A)**:

La definición anterior al 20-05-2019:

Un amperio (A) es la intensidad de una corriente constante que manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y situados a una distancia de un metro uno de otro en el vacío, produciría una fuerza igual a 2.10⁻⁷ newton por metro de longitud.

Definición modificada:

El amperio (A) es la unidad de la intensidad de corriente eléctrica que se establece mediante la fijación del valor de la carga eléctrica elemental, que es exactamente igual a 1,602176634.10⁻¹⁹ A.s (puede expresarse como C, coulomb).

Una de las consecuencias de esta definición propuesta es que depende (no se deriva) del valor exacto de la carga elemental, los valores de la permeabilidad del vacío, de la permitividad del vacío y de la impedancia del espacio libre, que hasta ahora han sido

exactas, y de la definición de segundo.

$$1 A = \frac{e}{1,602176634 \cdot 10^{-19} s^{-1}}$$

5) El **kelvin (K)**:

Definición anterior al 20-05-2019:

Un kelvin (K) es la temperatura termodinámica correspondiente a la fracción 1/273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.

Definición modificada:

El kelvin (K) es la unidad de temperatura termodinámica que se establece mediante la fijación del valor de la constante de Boltzmann, que es exactamente igual a 1,380649.10⁻²³ s⁻².m².kg.K⁻¹ (que se puede expresar como J.K⁻¹).

Una de las consecuencias de esta definición propuesta es que depende (no se deriva) de las definiciones de segundo, metro y kilogramo.

$$1 K = \frac{1,380649}{k} 10^{-23} m^2 s^{-2}$$

6) El **mol (mol)**:

Definición anterior al 20-05-2019:

Un mol (mol) es la cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0,012 kilogramos de carbono-12. Cuando se emplea el mol, es necesario especificar las unidades elementales, que pueden ser átomos, moléculas, iones, electrones u otras partículas o grupos especificados de tales partículas.

Definición modificada:

El mol (mol) es la unidad de la cantidad de sustancia de una entidad elemental especificada, que puede ser un átomo, una molécula, iones, electrones, o cualquier otra partícula o grupo específico de dichas partículas; que se establece mediante la fijación del valor de la constante de Avogadro, que es exactamente igual a 6,02214076.10²³ mol⁻¹.

Una de las consecuencias de esta definición es que ya no será válida asociarla con el átomo de ¹²C.

$$1 mol = \frac{6,02214076 \cdot 10^{23}}{N_A}$$

7) La **candela (cd)**: No se ha modificado su definición, es reformulada:

Definición anterior al 20-05-2019:

Una candela (cd) es la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de

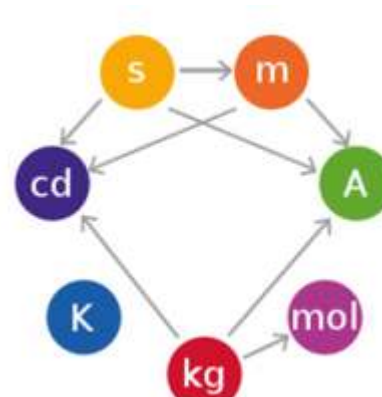
frecuencia 540.10¹² Hertz y cuya intensidad energética en dicha dirección es 1/683 vatios por estereorradián.

Definición reformulada:

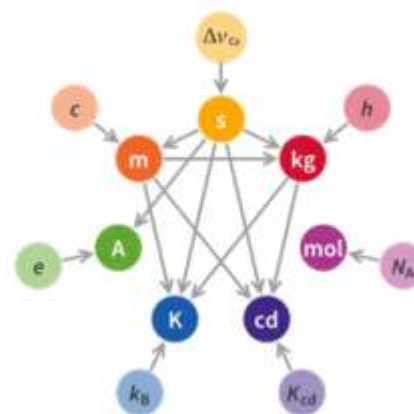
La candela (cd) es la unidad de intensidad luminosa es una dirección dada, y se establece mediante la fijación del valor de la eficacia luminosa de una radiación monocromática con una frecuencia de 540.10¹² Hz, exactamente igual a 683 s³.m⁻².kg⁻¹.cd.sr (que puede expresarse como lm.W⁻¹)

$$1 cd = \frac{K_{cd}}{683} kg m^2 s^{-3} sr^{-1}$$

Antes del 20-05-2019



Luego del 20-05-2019



Bibliografía:

Shocron A.M.- Lanás H.J. - Introducción al Trabajo en el Laboratorio -2017-Fac. de Cs. Agrarias UNR
Bureau International des Poids y Mesures – Base Units – mayo 2019
Bureau International des Poids y Mesures – The Metre Convention.
de Mirandés, S – La revisión del sistema internacional de unidades – Centro Español de Metrología BIPM – mayo 2018.
Wikipedia – Redefinición de las unidades del SI – 02-06-2019