

Conceptos de “espacio” y “tiempo”

Juan Fernández Macarrón

El ser humano no “mide” características físicas de objetos o eventos de la naturaleza. Lo que hace es “comparar” esas características respecto unas definidas por él mismo como características patrón.

En concreto, dos de esas características son el espacio y el tiempo. El ser humano no “mide” espacios y tiempos. Lo que hace es “comparar” distancias entre objetos (y tamaños) o duraciones de eventos de la naturaleza respecto a un “**espacio patrón**”, que llamamos “**metro**” y un “**tiempo patrón**”, que llamamos “**segundo**”.

Lo que hemos hecho ha sido elegir un objeto de la naturaleza (llamado átomo de Cesio) que emite una radiación específica cuyo período de oscilación sirve para definir nuestra actual “**unidad de tiempo patrón**”. A un múltiplo de esa “unidad de tiempo patrón” es lo que hemos llamado “**segundo**”. Concretamente, el “segundo” se define como la duración de 9 192 631 770 oscilaciones de la radiación emitida en la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del isótopo 133 del átomo de cesio (¹³³Cs), a una temperatura de 0 K. (-273 grados Centígrados). Lo importante no es entender qué son los niveles hiperfinos ni nada de eso. Lo importante es que sepas que hemos elegido una duración que hemos encontrado en la naturaleza como duración de la “unidad de tiempo patrón” y todas la demás duraciones y eventos de la naturaleza los compararemos con esta “unidad de tiempo patrón”.

Así pues la “unidad de tiempo patrón” es la duración de una sola de esas oscilaciones. El “segundo” es lo que llamo “tiempo patrón”, no la “unidad de tiempo patrón”. Usamos el “segundo” por comodidad, ya que los sucesos de nuestra vida cotidiana duran “segundos” o múltiplos de “segundos”. El “segundo” lo hemos definido como la duración de 9 192 631 770 veces la “unidad de tiempo patrón”.

Resumiendo:

Unidad de tiempo patrón = duración de una sola oscilación de la radiación del Cesio

Tiempo patrón = Segundo = duración de 9 192 631 770 oscilaciones de la radiación del Cesio

Para definir nuestra actual “**unidad de espacio patrón**” podríamos haber elegido algo en la naturaleza cuyo tamaño fuera siempre el mismo, como el tamaño de un protón, el de un electrón o algo parecido, y ese tamaño (esa distancia) sería nuestra “unidad de espacio patrón”, pero, en vez de eso, hemos preferido elegir como “unidad de espacio patrón” aquella distancia que recorre la luz (en el vacío) durante la “unidad de tiempo patrón”, que ya teníamos definida. Es decir; es lo que avanza la luz en el vacío en el intervalo de tiempo que hay entre una oscilación de la radiación del Cesio y la siguiente oscilación..

El “**metro**” es un múltiplo de esa “unidad de espacio patrón” (aunque, como veremos, el múltiplo no es un número entero). Es decir, tanto la “unidad de espacio patrón” como el “metro” son algo *obtenido*. No son algo que hayamos encontrado en la naturaleza. La luz sí la hemos encontrado en la naturaleza y en ella nos hemos basado para obtener nuestra “unidad de espacio patrón” y luego hemos definido lo que llamamos “metro” (espacio patrón).

Desde 1983 el “metro” se define como la distancia recorrida por la luz en el vacío (que asumimos que es independiente de la longitud de onda) en $1/299.792.458$ segundos.

Como podéis observar esta duración de tiempo (elegida por el ser humano) es la inversa de la velocidad de la luz expresada en metros/segundo. Por tanto, es lógico que luego digamos que la velocidad de la luz es $299\ 792\ 458$ m/s. No podía ser de otra forma. Si hubiéramos definido “metro” (que es una palabra inventada por el ser humano) como la distancia recorrida por la luz en 0,5 segundos (1/2 de segundo), luego diríamos que la velocidad de la luz es de 2 metros/s. Es un puro convenio. La cifra que representa la velocidad de la luz procede de un convenio realizado por los seres humanos. Procede de una elección arbitraria que hemos hecho.

Lo que me resulta redundante es que el ser humano luego diga que quiere “medir” la velocidad de la luz, cuando la ha utilizado precisamente para construir sus reglas de medir. Es como fabricar con arcilla una regla de medir, pintar sobre ella sus divisiones 1, 2, 3, etc. con una separación constante pero inventada y luego, con ella querer medir la propia regla. Obviamente, si has pintado 10 divisiones, dirás que la regla mide 10. Pues esto tan aparente estúpido es lo que hace el ser humano cuando habla de “medir” la velocidad de la luz. Si además piensas que esa regla de arcilla, por cualquier razón (como pueda ser que aumenta la temperatura), se dilata, lógicamente seguirá teniendo 10 divisiones pintadas. Si con esa regla dilatada queremos medir la propia regla dilatada, evidentemente seguiremos diciendo que la regla mide 10 y podemos caer en el error de decir que la temperatura no afecta al tamaño de la regla pues siempre mide lo mismo. Personalmente creo que este error lo está cometiendo el ser humano sin darse cuenta cuando habla de espacios y tiempos, y, en especial, cuando habla de la constancia de la velocidad de la luz. Dejo estas opiniones personales para seguir hablando de la “unidad de espacio patrón” y del “metro”.

El cálculo de la “unidad de espacio patrón” expresada en “metros” es sencillo. Sólo hay que dividir $299\ 792\ 458$ entre $9\ 192\ 631\ 770$. Es decir; la “unidad de espacio patrón”, que es la distancia que recorre la luz en el vacío durante una sola oscilación de la radiación del átomo de Cesio (durante la “unidad de tiempo patrón”) es igual a $0,0326122557174941$ metros.

Redondeando (para recordarlo mejor) podemos decir que la **"unidad de espacio patrón"** = 0,0326 **metros**. Es decir; como tu dedo pulgar (3,26 cm) más o menos.

La inversa de este número es lo contrario. Es decir; un "metro" son 9 192 631 770 dividido entre 299 792 458 = 30,6633189884984 "unidades de espacio patrón". Redondeando (para recordarlo mejor) podemos decir que un "metro" = 30,6633 "unidades de espacio patrón". Y redondeando más todavía, un "metro" = 30 veces tu dedo pulgar.

La "unidad de tiempo patrón" es difícil de imaginar por el ser humano (pues no vivimos dentro de un átomo de Cesio). Nos es muy difícil imaginar que algo dura menos de una nueve mil millonésima de segundo pero la "unidad de espacio patrón" sí la podemos representar perfectamente. Es nuestro pulgar.

Resumiendo:

Unidad de espacio patrón = distancia recorrida por la luz en la "unidad de tiempo patrón"

Unidad de espacio patrón = distancia recorrida por la luz durante una sola oscilación de la radiación del Cesio.

Espacio patrón = metro = Distancia recorrida por la luz en $1/299.792.458$ segundos

Unidad de espacio patrón = 0,0326 metros

Espacio patrón = metro = 30,6633 Unidades de espacio Patrón

A lo mejor te estás preguntando por qué hemos elegido estos números tan raros (unos tan grandes y otros con tantos decimales).

La razón es que los seres humanos cuando empezamos a tratar de cuantificar el tiempo y el espacio (más que nada para poder quedar con los amigos a una hora concreta y en un lugar concreto para tomar unas cervezas) lo primero que hicimos fue fabricar un péndulo (para definir una duración patrón con la que comparar lo que dura todo lo demás) y una barra con divisiones (para definir un espacio patrón con el que comparar el tamaño de todo lo demás). Con estas cosas fabricadas definimos lo que era un "segundo" y lo que era un "metro". Cuando vimos que el péndulo se frenaba por el aire y que a nivel del mar oscilaba más rápido que en una montaña, y que la barra se dilataba con el calor y se contraía con el frío, intentamos usar otras cosas de la naturaleza que no variaran tanto. En la naturaleza había algo que se repetía

con bastante precisión. Era nuestro planeta girando alrededor del Sol. Empezamos a usar el tiempo que tarda la Tierra en dar una vuelta al Sol como duración fija, sin variación, con la que obtener un tiempo patrón, pero quisimos mantener como tiempo patrón algo que durara más o menos lo mismo que duraba el “segundo” que ya estábamos utilizando para comparar duraciones y, por tanto, definimos el “segundo” como la ochenta y seis mil cuatrocientosava parte de la duración que tuvo el día solar medio entre los años 1750y 1890.

Esto se mantuvo así hasta 1967 que es cuando se empezaron a utilizar lo átomos como relojes.

Por tanto los números que utilizamos hoy día son tan grandes y con tantos decimales porque primero elegimos la duración del “segundo” y el tamaño del “metro”, y luego, encontramos el átomo de cesio y la luz.

Para finalizar te voy a mostrar un escenario que te hará reflexionar.

Imagina que, por cualquier razón, nos ponemos en unas condiciones (de gravedad extrema o de velocidad extrema, por ejemplo) tales que el átomo de cesio emite su radiación con una oscilación que durara más de lo normal (que nuestro reloj hace tic tac más lentamente). No tenemos otro reloj para darnos cuenta pues ese otro reloj también hace tic tac más lentamente. Los átomos de nuestro cerebro también. Todo en la naturaleza transcurre más lentamente de lo normal. A la nueva duración de la oscilación la seguiríamos llamando “unidad de tiempo patrón” y 9 192 631 770 veces esa duración la seguiríamos llamando “segundo”.

Luego, usaríamos la luz (que no tenemos ni idea de si en esas condiciones va más rápido o lento de lo normal) para ver lo que avanza durante esa “unidad de tiempo patrón” y, avance lo que avance, a esa distancia la seguiríamos llamando “unidad de espacio patrón” y seguiríamos llamando “metro” a 30,6633 veces esa distancia.

Luego, con ese nuevo reloj (que marca “segundos”) y esa nueva regla (que muestra “metros”) mediríamos la velocidad de la luz y, sin tener ni idea de su verdadera velocidad, obtendríamos que la luz va a $9\ 192\ 631\ 770 / 30,6633 = 299\ 792\ 458$ m/s. Que es la misma de siempre. Lógico. No podía ser de otra manera pues hemos usado la velocidad de la luz para medir la velocidad de la luz. Afirmaríamos que la velocidad de la luz es constante.

¿Te suena este principio de la constancia de la velocidad de la luz?

Mientras sigamos definiendo la “unidad de espacio patrón” como la distancia recorrida por la luz en la “unidad de tiempo patrón” siempre mediremos la misma velocidad de la luz, independientemente de cómo la naturaleza quiera comportarse con el átomo de cesio y con las ondas electromagnéticas (la luz).