

El tiempo y su medida

por

Juan Gonzalo Muga, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea

Resumen de la conferencia

1. El tiempo

El tiempo es difícil de definir, a pesar de ser un concepto absolutamente cotidiano e importante en la vida diaria.

El tiempo en filosofía

- No es nada, no existe [Parménides, Zenón].
- Una imagen móvil de la eternidad [Platón].
- Una medida del cambio [Aristóteles].
- Todos sabemos lo que es hasta que nos lo preguntan [San Agustín].
- Un marco o contenedor absoluto de los sucesos (junto con el espacio) pero ajeno a ellos [Newton].
 - El ordenador de los sucesos (tiempo relacional) [Leibniz].
 - Lo que miden los relojes precisos [Operacionalismo] Es una respuesta común pero no puede ser satisfactoria. ¿Cómo se construyen los relojes?

Tiempo y arte

- Pintura: Hay múltiples ejemplos de cuadros en los que el tiempo es protagonista (Goya, Dalí, Magritte, Baldung).

- **Literatura:** Los novelistas y poetas dan sentido y belleza al tiempo, también crean tiempos diferentes al histórico y “real”; describen la importancia del presente: “El hoy fugaz es tenue y es eterno; otro Cielo no esperes, ni otro Infierno.” [*“El instante”*, Borges].

- **Música:** Son vibraciones ordenadas en el tiempo con distinta frecuencia e intensidad. Si la música es una metáfora de nuestro mundo interior, el ritmo refleja la importancia de los ciclos (latido, día y noche).

Tiempo y religión

- El tiempo es el Dios Cronos o Saturno para Griegos y romanos.
- La religión Maya pretende adaptar el hombre a los ciclos del Universo y se obsesiona con el tiempo y su medida precisa.
- Muchas religiones pretenden liberar al hombre de la tiranía del tiempo (semíticas, hinduismo, budismo,...).
- Proporcionan valores inmutables: Por ejemplo, la muerte se supera mediante la reencarnación, o una vida eterna.
- La leyenda de San Virila (Leyre) es un ejemplo del control divino del tiempo.

El tiempo en la ciencia

- Es un parámetro fundamental para describir un mundo cambiante.
- El “ t ” de la física es mecanicista, sin presente como instante especial, no es el tiempo psicológico; no tiene dirección privilegiada (problema de la flecha del tiempo: el tiempo parece discurrir sólo en una dirección en el mundo macroscópico aunque las leyes físicas microscópicas son reversibles).
- La relatividad: Cambia muchas de nuestras ideas intuitivas sobre el tiempo, y en particular el tiempo absoluto de Newton. La simultaneidad de los sucesos depende de su movimiento relativo al Sistema de Referencia (observador).
- La formalización del tiempo como observable es una tarea pendiente de la mecánica cuántica.

El tiempo en la vida diaria: el gran organizador

Vivimos encadenados a una “máquina del tiempo”, el reloj de pulsera, que ordena nuestra vida diaria. El calendario representa un papel similar a una escala mayor. Los aviones, internet, el GPS, el sistema bancario, los electrodomésticos, la TV y las redes de comunicaciones, colapsarían sin un tiempo preciso.

2. Medida del tiempo: relojes

Relojes

- El tiempo se mide a través de la relación entre el período T y la frecuencia F , $T = \frac{1}{F}$, contando oscilaciones estables. La duración de un proceso se mide comparando con las oscilaciones de un “estándar”. Éste se basa en movimientos periódicos a los que se les supone frecuencia constante: movimiento del sol, de los planetas, de la tierra, de la luna, oscilación de un péndulo, o de un campo electromagnético. Los movimientos periódicos son por tanto la base de los relojes. Cuanto mayor sea la frecuencia, mejor resolución, siempre que podamos contar (límite tecnológico).

- La rotación de la Tierra ha sido el patrón fundamental hasta hace poco. Desde 1967 el segundo se define contando las oscilaciones del campo capaz de resonar con una determinada transición atómica del cesio. El segundo es la unidad más precisa y se tiende a definir otras unidades (como el metro o el voltio) a partir del segundo. Esta oscilación es más estable que la rotación de la Tierra (que se ve afectada por diversos efectos como rozamiento por las mareas, acumulación de nieve, deriva de los polos,...) y nos permite mantener la sencillez de las leyes físicas (ley de inercia).

- En un reloj atómico la frecuencia se mantiene constante mediante un bucle de control en el que se va variando la frecuencia de oscilación hasta conseguir la condición de resonancia. La precisión es tanto mayor cuanto mayor sea el tiempo de interacción con el átomo. Por eso interesa usar átomos ultrafríos en las llamadas “fuentes atómicas”.

¿Para qué?

Con errores de 1 segundo en 60 millones de años (se avanza un orden de magnitud cada 10 años), ¿necesitamos aún mayores precisiones? ¡Sí! Las mejoras nos permiten poner a prueba las leyes físicas y corregirlas. A su vez, las correcciones permiten mejorar el tiempo.

Prototipos para futuros relojes

- Iones individuales atrapados (frecuencias ópticas, tiempos largos, no hay colisiones ni efecto Doppler).
- Relojes en órbita (tiempos de interacción de 10 segundos).
- Muchos átomos atrapados en redes ópticas (Señal/Ruido alto y aislamiento).

Juan Gonzalo Muga

Universidad del País Vasco/
Euskal Herriko Unibertsitatea
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento Química-Física
Barrio Sarriena s/n. 48940 Leioa
e-mail: *jg.muga@ehu.es*
<http://tp.lc.ehu.es/MUGA/Muga.html>

