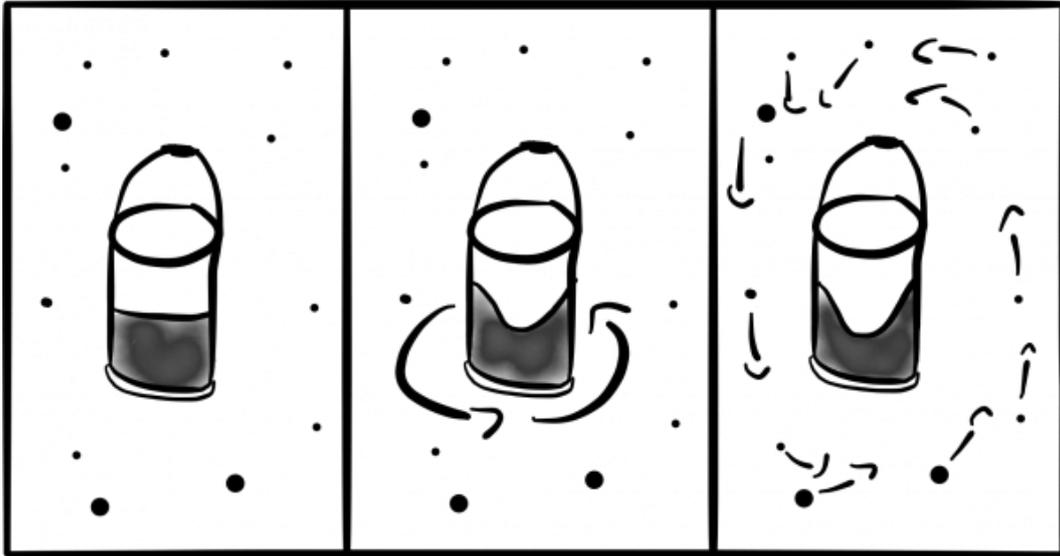


El espacio y el tiempo, ¿absolutos o relativos?



El ineludible éxito de la mecánica de Newton determinó las nociones de espacio y tiempo dominantes hasta el siglo XX. Dichos conceptos están ligados no sólo al desarrollo práctico de la mecánica sino al pensamiento filosófico de Isaac Newton y su interpretación del universo. Es ineludible también notar que durante el siglo XVII, y principios del XVIII, la naturaleza del espacio y el tiempo fue interpretada por dos escuelas epistemológicas confrontadas: la absolutista y la relacionista.

En aquel entonces Isaac Newton tuiteaba

@sirisaacnewton

El tiempo absoluto, verdadero y matemático, sin relación a algo exterior, discurre uniformemente y se llama duración. El tiempo relativo y vulgar, es esa medida sensible y externa de una parte de duración ... tales como horas, días, meses. 11:35 - 5 jul. 1687

El espacio absoluto, sin relación a las cosas externas, permanece por su naturaleza siempre similar e inmóvil. El espacio relativo es esa medida del espacio absoluto, la cual cae bajo nuestros sentidos por su relación a los cuerpos, y que el vulgo confunde con el espacio inmóvil. 11:39 - 5 jul. 1687

@gwleibniz_elcaluclotambienesmio

En respuesta a **@sirisaacnewton**

El espacio es ese orden que hace que los cuerpos sean situables, y por el cual tienen una situación entre ellos al existir juntos, como el tiempo es ese orden por referencia a su posición sucesiva. Pero si no hubiera criaturas, el espacio y el tiempo no estarían sino en las ideas de Dios. 14:39 - 6 jul. 1715

⁰Crédito de la imagen: <https://physicstravelguide.com>

No hay espacio real fuera del universo material. 14:55 - 6 jul. 1715

La discusión quedó fuera de los trending topics luego del éxito de la mecánica de Newton y de Newton (a quien no quisieran tener de enemigo). De hecho, uno de los tweets de Newton se transformó en la primera ley de la mecánica, la ley de inercia

@sirisaacnewton

Todo cuerpo permanece en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, a menos que fuerzas ejercidas sobre él lo obliguen a cambiar ese estado. 16:15 - 5 jul. 1687

Este postulado se basa en las observaciones de Galileo Galilei sobre la persistencia del movimiento (inercia) y de que este último no necesita de una fuerza para existir. En efecto, Galilei nos enseña, por ejemplo, que no es posible detectar el movimiento del barco (a velocidad constante) por medio de experimentos en su interior. La idea de Aristóteles de que todo cuerpo en movimiento se detiene cuando la fuerza que lo empuja deja de actuar había quedado atrás.

Es importante notar que el principio de inercia no puede ser un estricto resultado experimental. No resulta evidente cómo reconocer si un cuerpo está libre de fuerzas, de hecho que el movimiento de un cuerpo sea rectilíneo y uniforme depende indudablemente del sistema de referencia en el que se observe. Asimismo si un cuerpo se mueve en MRU en un sistema de referencia entonces lo hará en cualquier otro sistema que se traslade en MRU con respecto al primero. Según Newton el principio de inercia es válido en la familia de sistemas, llamados inerciales, que se encuentre en reposo o MRU respecto al espacio absoluto. La hipótesis subyacente fundamental es la existencia de este espacio absoluto¹.

A fines del siglo XIX Ernst Mach recuerda los tweets de los relacionistas y argumenta que el movimiento absoluto es un exceso metafísico, una ficción de nuestra imaginación. Mach entendía que toda teoría debería sólo contener elementos que fuera producto directo de la experiencia. En este sentido el único movimiento posible es el movimiento relativo entre los cuerpos. La rotación de la Tierra no es tal por su movimiento respecto al espacio absoluto sino porque rota respecto del resto del universo. El espacio absoluto simplemente no existe.

Para principios del siglo XX, Albert Einstein reinterpreta la concepción del espacio-tiempo en su teoría de la relatividad especial basado en los trabajos de Lorentz y Maxwell con la hipótesis fundamental de la constancia de la velocidad de la luz en cualquier sistema de referencia. Si bien es cierto que ahora el espacio y el tiempo se mezclan para dar entidad al concepto físico de espacio-tiempo y que este concepto es relativo al estado de movimiento de los observadores, la descripción de la dinámica de la teoría sólo es aplicable a observadores inerciales definidos, no por una razón física, sino como aquellos en MRU respecto de un espacio-tiempo absoluto. Así el “defecto” epistemológico de la existencia de sistemas de referencia privilegiados persiste.

(Dentro de la mecánica clásica, y sin hablar de la teoría de la Relatividad, también es posible intentar eliminar la existencia de sistemas de referencia absolutos en términos de

¹En la práctica, un sistema inercial es reconocido por el grado de verificación del principio de inercia, es decir de las leyes de Newton. Si bien es un criterio de utilidad práctica, conceptualmente nos lleva a círculo argumentativo.

lo que se conoce como *mecánica relacional*².)

En la introducción del trabajo en el que se presenta la forma definitiva de la Relatividad General en 1916, Einstein propone la extensión del postulado de la relatividad inspirado en las críticas de Mach y enuncia que las leyes de la física deben ser aplicables a sistemas de referencia en cualquier tipo de movimiento. Las diferencias entre los sistemas de referencia sólo podrán basarse en su estado de movimiento en relación al resto de los cuerpos del universo (*resto del universo*) y no respecto de un espacio absoluto. En 1918 Einstein atribuyó a Mach el requerimiento de que la inercia sea derivada de una interacción entre los cuerpos, y bautizó como *principio de Mach* a aquellos enunciados de la Relatividad General que realizaban esta idea. Es notable que a pesar de estas motivaciones tan fuertes, la Relatividad General realiza sólo parcialmente la idea de Mach. Algunas de las soluciones de vacío (sin materia) admiten diferentes estructuras inerciales sin origen físico aparente relacionadas a las condiciones de contorno³. En 1917 Einstein modificó su teoría para evitar las soluciones de vacío no machianas incorporando un concepto ineludible a la hora de estudiar cosmología, la constante cosmológica. Pero incluso este escenario no se ciñe completamente al principio de Mach en el que los sistemas inerciales están sólo determinados por la distribución de materia (y energía) en el universo. La simpatía de Einstein por el principio de Mach no fue una constante durante su vida.

Referencias

Rafael Ferraro, *El espacio-tiempo de Einstein*, Ediciones Cooperativas, 2da edición (2008).

²En este tipo de teorías no sería posible distinguir entre dos cuerpos en el vacío rotando en movimiento circular o en reposo, pues no existe forma de diferenciarlos sin proponer un sistema de referencia privilegiado. La distinción entre estos movimientos cobra sentido cuando se incorpora el *resto del universo*, como por ejemplo los astros distantes. En ese caso se puede distinguir si los cuerpos rotan o no rotan respecto del resto del universo.

³Estas condiciones podrían considerarse como nuevos grados de libertad gravitatorios según algunos autorxs.