

VENTURA

100 ARTÍCULOS SELECCIONADOS



Galileo y la primera teoría de la relatividad

Juan Pérez Ventura

FECHA DE PUBLICACIÓN ORIGINAL: 21 de julio de 2016

FECHA DE LA PRESENTE EDICIÓN: 12 de noviembre de 2024

compra el libro completo en vaventura.com/libro

Galileo y la primera teoría de la relatividad

Si no le hubieran dicho en la escuela que la Tierra está en movimiento, ¿lo podría saber? ¿en qué medida sufre usted los efectos del movimiento de la Tierra, sobre la que se encuentra? ¿es consciente de que está en movimiento el suelo bajo sus pies?

Algo parecido podemos plantearnos al estar dentro de un vehículo o en un ascensor: ¿estamos en movimiento o estamos quietos? Sin duda los sonidos mecánicos, el ruido del motor o las vistas nos indican que estamos dentro de un sistema en movimiento (el coche, el ascensor, el autobús, el barco...), pero a efectos físicos no hay nada que nos haga pensar que, efectivamente, nos estamos moviendo. Esta aparente paradoja es demostrable de manera muy sencilla: la próxima vez que suba a un autobús lleve consigo una piedra. Estará a punto de hacer ciencia.

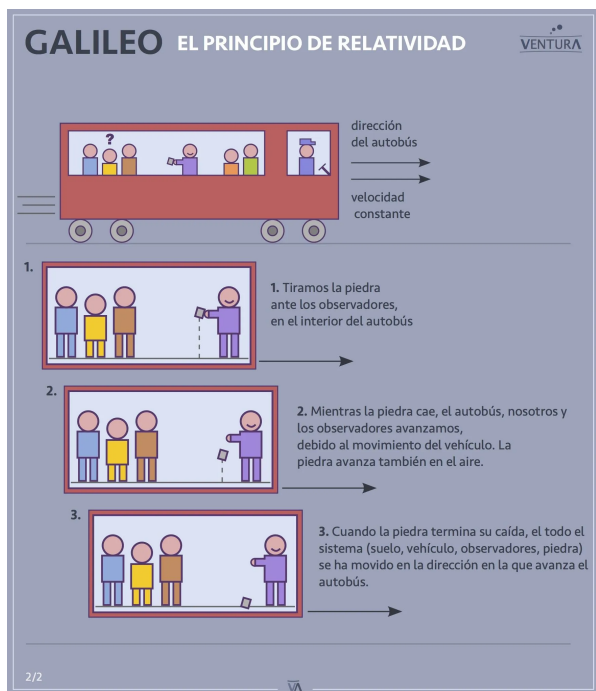
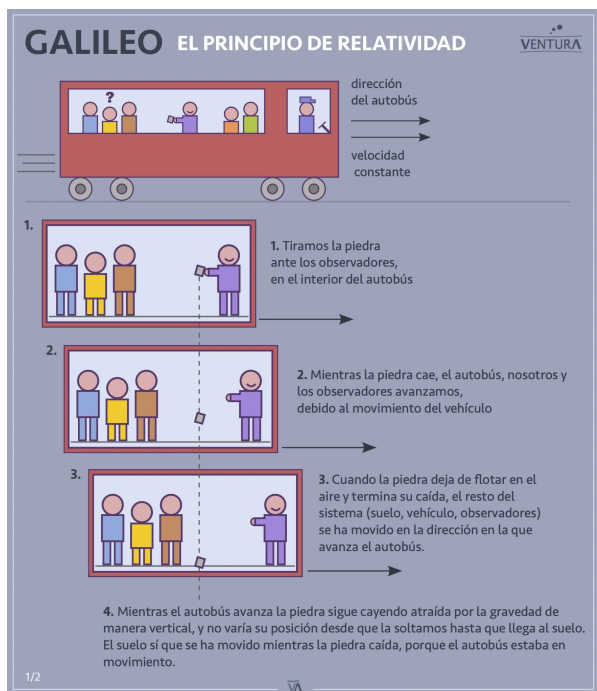
Cuando el autobús esté en marcha y avance a velocidad constante por una avenida, pida a los demás viajeros que le dejen un poco de sitio y colóquese en el pasillo central del vehículo. Saque la piedra de su bolsillo y colóquese mirando hacia la parte trasera del autobús. Lo primero que comprobará es que la gente le comienza a mirar de manera extraña. Esto no tiene nada que ver con la relatividad (¿o sí...?). A continuación extienda su brazo de manera perpendicular a su cuerpo, sujetando la piedra

con el puño cerrado. El autobús avanza en dirección contraria a la dirección a la que usted está mirando, es decir, usted está dejando atrás el mundo exterior. Si lleva un minuto en esa curiosa postura definitivamente todos los pasajeros le estarán mirando ya.

Ahora es el momento de sorprenderles a todos. Lo que va a hacer es abrir su puño y dejar que la piedra caiga al suelo del autobús. ¡Un momento! Antes de hacerlo diga en voz alta: «Como el autobús está avanzando hacia delante, al soltar la piedra ésta no caerá de manera vertical, y no caerá por lo tanto junto a mis pies, sino que lo hará varios centímetros más atrás, hacia el fondo del autobús». Sería lo más lógico, debido a la velocidad que lleva el vehículo.

El dibujo 1 intenta representar lo que ocurriría siguiendo la lógica común. Si cuando estamos quietos en nuestra habitación y dejamos caer la piedra, ésta cae a nuestros pies, cuando nos encontremos en movimiento (en un autobús, por ejemplo) y dejemos caer la piedra, nos alejaremos de ella en cuanto la soltemos de nuestra mano, ya que nosotros estaremos avanzando en el espacio y la piedra caerá en el aire.

Esta concepción de la mecánica (el estudio del movimiento) es completamente errónea. El autobús, los pasajeros



que nos observan, nosotros, nuestra piedra, el aire, el suelo del vehículo y todo forma parte de un mismo sistema, y por tanto el movimiento del vehículo afecta a todo el sistema. Cuando hagamos caer la piedra, ésta se moverá con nosotros, con el aire, con los pasajeros y con el conjunto del autobús. Y por tanto caerá a nuestros pies, porque para la piedra (así como para nosotros), el autobús está parado. Físicamente hablando, no hay indicios que nos hagan pensar que el autobús está en movimiento. Los cuerpos y objetos se comportan igual que si el sistema estuviera quieto. Las piedras caen verticalmente y todo funciona igual.

Fijense en lo absurdo que supone pensar que el movimiento del sistema-autobús afectaría a la caída de la piedra: si esto fuera así, cuando dejáramos caer la piedra en nuestra habitación, tampoco debería caer en vertical perfectamente, ya que el planeta Tierra se está moviendo, y el movimiento del sistema-Tierra afectaría a la caída de la piedra. En realidad, si queremos ser completamente precisos, la piedra en el autobús se vería afectada en su caída por el movimiento del autobús, por el movimiento de la Tierra, por el movimiento del Sistema Solar, y por el mismo movimiento de la Galaxia.

El hecho de que el movimiento de la Tierra sea prácticamente imperceptible en la experiencia cotidiana se debe a un principio fundamental que Galileo enunció ya en el siglo XVII: las leyes de la física son independientes de cualquier sistema de referencia.

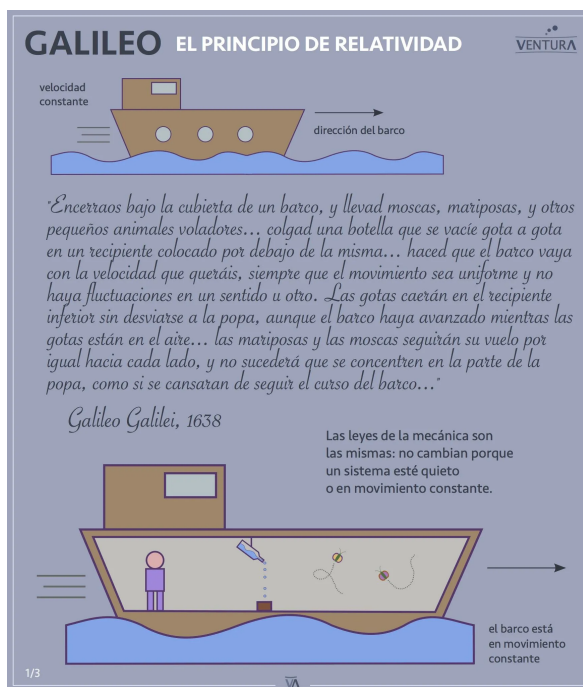
Con este sencillo experimento los pasajeros del autobús comprenderán el principio de relatividad de Galileo, que dice que: «Dos sistemas de referencia en movimiento relativo de traslación rectilínea uniforme son equivalentes desde el punto de vista mecánico; es decir, los experimentos mecánicos se desarrollan de igual manera en ambos, y las leyes de la mecánica son las mismas.» Un descubrimiento apasionante que ayudó al propio Einstein a elaborar la definitiva Teoría de la Relatividad.

El Principio de Relatividad de Galileo

Galileo demostró el carácter relativo del movimiento, que hace referencia a que todo depende de dónde nos encontremos como observador, es decir, todo depende del sistema de referencia que utilicemos. A partir de ese punto de vista, de ese sistema de referencia basado en coordenadas, podremos analizar, calcular, observar, medir y conocer la realidad física que nos rodea.

La idea es que en un sistema de referencia que se mueve con velocidad constante, todos los procesos físicos ocurren de la misma manera que en un sistema en reposo. Para darle más vueltas a la cabeza habría que plantearse si existe efectivamente algún sistema en reposo, pero esa reflexión la dejamos para otro día. Lo que nos importa es el proceso tan artificial con el que medimos la realidad del mundo en el que vivimos: hay que coger un sistema de coordenadas, que nos servirá para indicar la posición de los objetos en el espacio (la posición relativa con respecto a nosotros) y por otro lado hay que fijar un reloj, para indicar el tiempo (el tiempo relativo, también). De esta manera tan artificial establecemos el tablero donde vamos a jugar. Las reglas las establece la física, y esas no se pueden cambiar, aunque cambiemos de tablero.

Galileo nos propone un curioso experimento para observar y conocer el Principio de Relatividad. Hace casi 400 años el genio nacido en Pisa (Italia) se dio cuenta de cómo funcionaba el mundo...



Si para calcular y describir el movimiento de las mariposas nos viéramos obligados a calcular el movimiento del barco, el movimiento del planeta Tierra, el movimiento de nuestra Galaxia y hasta el movimiento expansivo del propio Universo, tendríamos que llenar páginas y páginas de operaciones y cálculos matemáticos. Por ello, lo más

sencillo y lo más práctico es fijar un punto de vista y referir los movimientos relativos respecto a él. Es decir: establecer un sistema de referencia y dentro de él hacer todos los cálculos.

Para calcular el movimiento de los coches, el del viento o el de Usain Bolt no cogemos la calculadora y tenemos en cuenta la traslación de la Tierra o el movimiento de la Vía Láctea, sino que nos quedamos en el sistema de referencia de nuestro planeta y ya está. Al fin y al cabo, todas las leyes de la naturaleza son iguales en todos los sistemas de referencia, así que no tenemos que preocuparnos por cometer errores matemáticos ni físicos: los resultados de la mecánica son los mismos calculados dentro de un barco que medidos desde fuera de él.

El experimento que propuso Galileo allá por 1638 en su *Diálogo sobre los dos sistemas máximos del mundo* sí tiene, sin embargo, algunos resultados diferentes. Evidentemente dos observadores situados en distintos puntos obtendrán datos distintos a la hora de medir ciertos sucesos físicos, pero éstos datos no alterarán la verdadera naturaleza del suceso o del objeto en cuestión. Lo explicamos: que Paco (desde el muelle) y Luis (en el interior del barco) obtengan un dato diferente en cuanto a la posición en el eje de las equis de una mariposa es muy comprensible: Luis está midiendo el vuelo de la mariposa,

pero es que Paco además de medir el vuelo está sumando inevitablemente el avance del barco. Así pues, ese dato será diferente para cada observador.

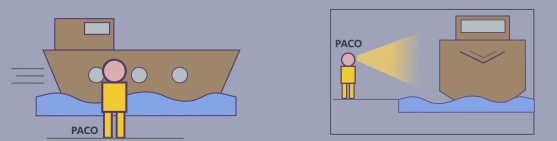
Esta diferencia se arregla con la llamada transformación de Galileo, una serie de ecuaciones que restan o suman el movimiento de uno de los dos sistemas de referencia, para superar el efecto del movimiento y asegurar los mismos resultados para ambos observadores.

Lo curioso, y aquí entra la relatividad, es que aunque Paco, desde el muelle, esté midiendo el vuelo de las mariposas añadiendo el movimiento del barco, lo cierto es que este factor no afecta al verdadero estado físico del interior del barco, ya que el resto de objetos (la botella, el cubo en el suelo, Luis, las paredes de la bodega) también se están moviendo con las mariposas a la misma velocidad. Así pues, la distancia entre los objetos dentro de la bodega es la misma para Luis que para Paco, aunque éste se encuentre fuera y vea cómo el barco se está alejando.

La existencia de la relatividad en nuestro mundo y en el Universo demuestra que nuestros ojos no son de fiar. No podemos afirmar que lo que vemos es verdaderamente lo real. En relación a la mecánica: «el mejor detector de movimiento es el que llevamos «instalado» en las tripas, y

GALILEO EL PRINCIPIO DE RELATIVIDAD

VENTURA



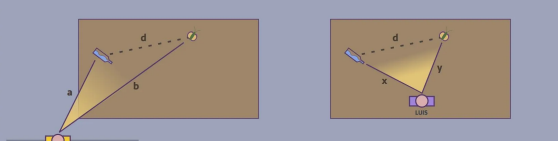
La clave en el Principio de Relatividad son los **SISTEMAS DE REFERENCIA**, es decir, los diferentes puntos de vista bajo los cuales se observa un fenómeno físico. Para medir el movimiento de los objetos tomamos siempre un sistema de referencia, ya sea el interior del barco el que se encuentra Luis, el muelle desde el cual Paco observa el barco, el interior de un autobús o el propio planeta Tierra. Todos ellos son sistemas de referencia desde los cuales medimos la realidad que nos rodea.

En el interior de la bodega del barco, Luis no percibe que está en movimiento, pues el sistema se está moviendo a velocidad constante (que, como demostró Galileo, es lo mismo que si se encontrara quieto). Las observaciones y cálculos que realice Luis sobre el vuelo de las mariposas, por ejemplo, no tendrán los mismos resultados que los cálculos de Paco, que observa el interior de la bodega desde fuera del barco, quieto sobre el muelle. Ambos coincidirán en la altura a la que vuela la mariposa (suponiendo que Paco y Luis se encuentren exactamente a la misma altura), pero no se pondrán de acuerdo en la posición horizontal. Mientras Luis mide una serie de coordenadas, Paco hace lo propio pero sumando el movimiento horizontal del barco. Esta diferencia se puede resolver fácilmente con unas ecuaciones: la transformación de Galileo.

2/3

GALILEO EL PRINCIPIO DE RELATIVIDAD

VENTURA



Paco calcula la distancia que le separa de la botella y obtiene 'a', hace lo mismo con la distancia a la que se encuentra la mariposa y el resultado es 'b'. Dos datos matemáticos que son ciertos y verdaderos. Luis se encuentra a 'x' metros de la botella y a 'y' metros de la mariposa. Datos diferentes a los de Paco, pero igualmente ciertos. Sin embargo, pese a la diferencia de resultados, hay uno que no cambia: la distancia entre la botella y la mariposa (d). Esa es siempre la misma, sea cual sea el observador.

Galileo demostró con estos sencillos experimentos que todas las perspectivas (todos los sistemas de referencia) son válidos, y se pueden traducir unas impresiones a otras (mediante la transformación de Galileo) sin que se contradigan. Es decir: la recogida de datos de Luis y Paco difiere, pero no se contradicen, puesto que la distancia entre la botella y la mariposa es siempre la misma, para cualquier sistema de referencia (para cualquier observador).

3/3

sólo responde a la aceleración», como apunta el físico David Blanco Laserna. La aceleración es otra de las bases para seguir entendiendo el mundo de la mecánica y del movimiento, y con él el mundo de la física, pero lo dejaremos para otro artículo. En los experimentos de Galileo el barco no sufría aceleraciones, y mantenía la velocidad constante. Con la aceleración todo cambia.

En el siguiente enlace se puede encontrar un interesante recurso: los apuntes de Galileo sobre mecánica. Se encuentran las páginas originales recopiladas por la Biblioteca Nazionale Centrale (Florenia), el Max Planck Institute for the History of Science (Berlín) y el Instituto e Museo di Storia della Scienza (Florenia), en un proyecto que data del año 1999, y que sigue ahí olvidado en Internet. Una verdadera joya para los amantes de la historia de la ciencia.

Para terminar dejamos un fragmento de la película *Ágora* (Alejandro Amenábar, 2009), en el que la protagonista Hipatia realiza un sencillo experimento para probar que, en cualquier sistema de referencia, las leyes de la física se cumplen.

IMÁGENES

- Título: *varios*
- Autor: Juan Pérez Ventura
- Año: 2016



▲ descargar