

¿Qué hizo la luz para llegar hasta acá?

Luz y gravedad en sociedad

Héctor Ranea

Suponga que usted es un peatón que sólo puede transitar por las calles de una ciudad. O sea, no tiene ninguna otra manera de trasladarse de un punto a otro que no sea siguiendo una de ellas. Está impedido de cualquier otra forma de trasladarse, es un peatón común. Además, siempre viaja a la misma velocidad respecto de lo que usted puede medir según su propio instrumento de medición. Lo que importa acá es que si la calle fuera recta, usted iría en línea recta, si la calle se curvara, su trayectoria se curvará. Suponga que es una competencia de caminata y el público lo está mirando desde las aceras. En cada trocito de calle transitado, usted dice viajar en línea recta, pero recuerde: si la calle dobla, usted dobla.

Supongamos ahora que monta sobre una hormiga que es capaz de caminar sobre varios tipos de superficies gracias al extraordinario sistema de patas con que equipada. Va a tener que achicarse bastante, le digo, pero vale la pena porque ahora la hormiga viajará sobre una manzana. Pero atención, la hormiga no puede atravesar la manzana, sólo puede viajar por su superficie llevándolo a usted sobre su lomo. Y otra cosa, cada paso que da la hace avanzar en línea recta y camina del pedúnculo al centro de la manzana, sigue hacia el cáliz, donde están los restos de los estambres. Siempre según ella y su jinete (usted), en línea recta. Cuando llega al cáliz, la hormiga toma la determinación de seguir en línea recta y, después de un trecho ¡llega al pedúnculo, es decir adonde todo empezó!

¿Cómo puede ser? Siempre caminó en línea recta, así lo atestiguará usted, pero un amigo suyo que miró todo desde afuera le podría contestar que la superficie de la manzana, que es el único camino accesible para la hormiga, es curvo, que hizo un viaje a lo Magallanes pero sobre una lustrosa manzana. O sea, aunque cada segmento que haya caminado sea un trozo de línea recta, la composición de todos esos trozos resultan una línea curva y cerrada. Tal como en el ejemplo del peatón, la hormiga no tiene otro camino para seguir, está limitado por las superficies o curvas que componen su espacio.

Con el siguiente ejemplo tal vez se aclare un poco más, si la hormiga caminara por un mantel colgado de sus cuatro ángulos, usted, cual jinete metrólogo, podría controlar que la trama del mismo es rectangular, y que eso le permite ver que, efectivamente, paso a paso está siguiendo segmentos de líneas rectas pero, visto todo desde afuera, la hormiga está siguiendo una de las posibles curvas que le plantea el mantel que, como todos sabemos, colgará según una superficie cóncava complicada, curva para más datos, y que eso habrá de afectar todas las cualidades geométricas del camino seguido.

Las curvas que tenemos que seguir porque así lo determina la geometría del espacio donde nos movemos se denominan, en todo caso: geodésicas. En el espacio estamos limitados a movernos por las geodésicas.

Ahora imaginemos un haz de luz y preguntémonos cómo viaja. La respuesta inmediata es que viaja en línea recta. Eso es lo que nos enseñaron desde pequeños y nos lo demostraron con grandes cantidades de pruebas. Pero la luz no puede viajar por donde no hay cómo. El único lugar que tiene la luz para viajar es el espacio, como la hormiga, y si se tiene que atar a la superficie de una manzana o de un mantel, no será diferente a una hormiga, la condición de luz no la exime de eso: o sigue una geodésica o no avanza, es una ley de fierro. Entonces, ¿viaja en línea recta o se curva? Y en todo caso, ¿por qué razón el espacio podría estar curvado?

Lo interesante es que, efectivamente, tal como lo demostró Albert Einstein en 1915, el espacio no es una entidad representativa de fenómenos físicos si se lo separa del tiempo y es necesario hablar de una nueva entidad llamada espacio-tiempo. Además probó que existe una relación entre la presencia de cuerpos masivos, como el Sol o cualquier otra galaxia, estrella o planeta y cómo se curva el espacio-tiempo (de forma pintoresca podríamos asimilarlo al mantel, a la manzana o a las calles mencionadas). De hecho, mostró que la acción de la gravedad es deformar (curvar) el espacio-tiempo. En ese año (¡justo hace un siglo!), Einstein mostró al mundo que los cuerpos se mueven en

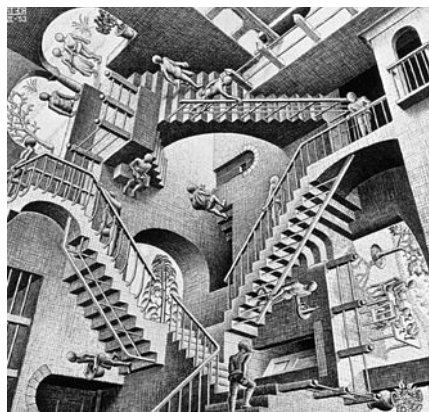
un espacio-tiempo que se curva por su presencia, siguiendo una ecuación cuyo contenido podría resumirse en la frase, debida a John Archibald Wheeler: la curvatura del espacio-tiempo define cómo se mueven los cuerpos con masa y los cuerpos con masa definen cómo se curva el espacio-tiempo. Y aunque Einstein demostrara (en 1905) que la luz no tenía masa en reposo porque no podía estar en reposo, no por ser luz puede escapar del espacio-tiempo que generan todos los cuerpos masivos que componen el Universo. Así, viajará en línea recta si el espacio-tiempo fuera plano como el mantel apoyado en una mesa; en caso de estar curvado, la luz viajará según las geodésicas de la superficie resultante. Y sucede que, cerca de los cuerpos con masa, el espacio-tiempo se curva, y con ello la trayectoria de la luz, predicción teórica de Einstein que fuera demostrada en 1919 y luego en numerosas otras oportunidades y condiciones.

La luz, entonces, viajará en línea recta en trayectos en los que la curvatura no sea apreciable, pero al pasar cerca de cuerpos masivos su trayectoria se curvará. Esto es particularmente cierto en el caso en que la luz deba pasar por una zona de masa tan, pero tan grande, que al curvarse para seguir la trayectoria comandada por el espacio-tiempo, quede atrapada sobre sí misma, sin poder salir de esa región que, por esa razón, fue bautizada como agujero negro.

Ciertas galaxias tienen tanta masa que son capaces de deformar la luz proveniente de otras galaxias, de modo que se la asimila a lentes, ya que los rayos pueden formar imágenes de dichas galaxias lejanas.

Pasan muchas cosas más con la luz, cuando su traslado se considera en un espacio-tiempo en presencia de gravedad (curvo), también cambia la frecuencia de oscilación de la onda que forma la luz, de modo que al alejarse esta de un cuerpo masivo, su frecuencia sufre una reducción y al acercarse a él, dicho parámetro aumenta. Eso es similar a lo que sucede con los relojes en presencia de gravedad: adelantan los que están más alejados de los cuerpos con masa, respecto de aquellos que están más cercanos a los mismos.

Esta es la escenografía planteada por la Teoría de la Relatividad, imaginada y elaborada por Albert Einstein y presentada en forma completa en 1915. Y ahora siga y suba por las escaleras que se muestran en la figura, propuestas por M. C. Escher, como acaba de aprender. Gracias.



"Escher's Relativity". Licensed under Fair use via Wikipedia - http://en.wikipedia.org/wiki/File:Escher%27s_Relativity.jpg#/media/File:Escher%27s_Relativity.jpg