

Una ventana a la **CIENCIA**

Fco. Miguel Marqués Moreno



EL LÍMITE DEL VÉRTIGO

Las extrañas aventuras de los que persiguen la luz



Editorial

Universitat Politècnica
de València

El límite del vértigo

*Las extrañas aventuras
de los que persiguen la luz*

Mayo de 2020

Fco. Miguel Marqués Moreno

Una ventana a la ciencia; 1

© Fco. Miguel Marqués Moreno

© 2020, Editorial Universitat Politècnica de València

Distribución:

Telf. 963 877 012 / www.lalibreria.upv.es / Ref. 2406_02_01_01

Imprime Byprint SL

ISBN: 978-84-9048-859-1

Depósito Legal: V-1100-2020

La Editorial UPV autoriza la reproducción, traducción y difusión parcial de la presente publicación con fines científicos, educativos y de investigación que no sean comerciales ni de lucro, siempre que se identifique y se reconozca debidamente a la Editorial UPV, la publicación y los autores.

La autorización para reproducir, difundir o traducir el presente estudio, o compilar o crear obras derivadas del mismo en cualquier forma, con fines comerciales/lucrativos o sin ánimo de lucro, deberá solicitarse por escrito al correo edicion@editorial.upv.es.

Impreso en España

A mi rayo de luz

AGRADECIMIENTOS

Este libro nació de una serie de discusiones alrededor de una copa, en hilos de internet y en sobremesas de verano, cuando amigos y familiares me preguntaban como físico de turno e investigador por las extrañas paradojas en torno a la luz. ¿Es ciencia ficción? ¿De qué se trata? ¿Sirve para algo? Esta última pregunta se extendía a menudo también a mi trabajo... Aunque yo no sea un experto en la teoría de la relatividad, la conozco y la uso a menudo, y mi pasión por la divulgación me llevaba a intentar explicar con las manos estas paradojas y sus aplicaciones, ¡y a mostrar que la investigación sirve! Así que mis primeras gracias van a todos los que me han ido preguntando y han tenido la paciencia de discutir conmigo.

Explicar con las manos a veces no basta, y de una vez a otra se olvidan cosas, así que decidí escribir esas explicaciones, realizar esquemas, y buscar ejemplos concretos que diesen un toque de proximidad a estos temas en apariencia tan lejanos. Llegué a un primer borrador de unas 30 páginas, sin saber muy bien qué hacer con él. Cuando publiqué mi primer libro alguien me preguntó por qué no había contactado con la UPV, y esta vez pensé que no me costaba nada preguntarles si les interesaba ‘eso’. La respuesta fue inmediata y entusiasta: me animaron a extender los

temas, a añadir otros, y me ofrecieron incluso estrenar una nueva colección, sin saber aún lo que iba a escribir. El proceso ha sido muy rápido gracias a la interacción, la profesionalidad y la confianza de todo el equipo de la Editorial UPV, los principales artífices de que mis notas vean la luz en forma de libro.

En la recta final me enfrenté al eterno dilema de la divulgación: simplificar bastante pero no demasiado. Cuando uno está muy metido en estos temas se puede imaginar la perspectiva de alguien ajeno a ellos, pero la imaginación tiene sus límites. Como ya ocurrió en mi primer libro, mi hermano Fernando hizo de filtro, dándome un punto de vista global y aportando consejos en el orden, la descripción y la coherencia de los distintos temas. Y cuando ya creía que estaba listo, mi mujer Nati me dio una perspectiva literaria, haciéndome ver qué cosas yo daba por sentado y cómo, con un poco de esfuerzo, se podían mejorar aún las explicaciones y añadir nuevos ejemplos que harían más accesibles la mayor parte de los contenidos. ¡Muchas gracias a los dos!

ÍNDICE

Persiguiendo la luz _____	1
1. Una rapidez extrema _____	5
2. Noche en el museo _____	11
3. Cambio de hora _____	15
4. Regreso al futuro _____	23
5. Una cama elástica _____	29
6. La liebre y la tortuga _____	39
7. Un pozo sin fondo _____	45
8. La arruga es bella _____	53
9. El sexto sentido _____	59
10. La guerra de las galaxias _____	65
11. Don Quijote de la Mancha _____	75
12. El silencio de los corderos _____	81
13. ¿La gran evasión? _____	89
Los límites del vértigo _____	95

PERSIGUIENDO LA LUZ

*“Y de tal modo aquella luz me alienta,
que dejarla de ver por otro aspecto,
no hay humano poder que lo consienta;
por cuanto el bien, que es del querer objeto,
se encierra en ella; y fuera de su llama,
es defectuoso lo que allí es perfecto”*

La Divina Comedia
Dante Alighieri

Los agujeros negros, los viajes en el tiempo, las ondas gravitacionales... son rarezas que asoman la cabeza de tarde en tarde por las noticias. Cuando lo hacen, evocan la ciencia ficción o la fantasía y resultan demasiado difíciles de entender. En cualquier caso parecen curiosidades que ocupan a un puñado de chiflados y que tienen poco que ver con nuestra vida diaria. Esa percepción tan extendida en nuestra sociedad es la que me ha llevado a escribir estas páginas. Me he propuesto explicar con argumentos sencillos que esos fenómenos no tienen nada de ficción o fantasía, que son reales, y que no son difíciles de entender. Además, tienen mucho que ver con nuestras vidas, presentes y sobre todo futuras.

Esos fenómenos misteriosos no parecen tener nada en común, más allá de su rareza. Sin embargo, resulta que todos han ido surgiendo alrededor de un hilo conductor, un hilo del que algunos científicos han ido tirando a pesar de no tener razones objetivas para hacerlo. Ese hilo es la luz y su velocidad, y he decidido seguirlo para hilvanar esta historia de ciencia, que no de ficción. Desde que buscáramos el fuego, la luz nos ha tranquilizado y fascinado a la vez. Como Dante, la hemos asociado a la perfección y la virtud, y nos ha permitido ver el mundo en el que nos movemos. Pero la idea misma de su velocidad resulta paradójica. ¿Vemos a través de ella el mundo tal y como es ahora? ¿Qué quiere decir exactamente “ahora”?

El tirón más fuerte de nuestro hilo conductor lo dio Albert Einstein, cuando ‘persiguiendo’ la luz acabó construyendo su teoría de la relatividad. Eso ya son palabras mayores, y cualquiera podría pensar: ¿cómo puede ser fácil de entender? Bueno, es que esa teoría se basa en un principio muy simple:

“La velocidad de la luz en el vacío es constante, independiente de las del observador y la fuente”

Es chocante y sorprendente, ¡pero es muy simple! El problema es que las consecuencias que Einstein fue derivando de este principio aparentemente banal dan vértigo, y de ahí mi elección del título.

Este libro va dirigido en principio a un público muy amplio, por lo que voy a permitirme una serie de licencias en la simplificación de los fenómenos. Y como no quiero llenarlo de fórmulas y notas al pie de página que obstaculicen la lectura, espero que los físicos que lo lean sean comprensivos ante algunos atajos en planteamientos o explicaciones. Si me he animado a escribirlo es porque tengo la certeza de que la esencia

de esos fenómenos, tan exóticos y contrarios a nuestra intuición, se puede explicar casi con las manos. Por supuesto son fenómenos que nos deben chocar y sorprender, y verás que lo harán todavía más cuando los entiendas. Si en algún momento no llegases a entender todos los detalles, sobre todo en los capítulos centrales, no te desanimes, ¡los primeros y últimos capítulos son más asequibles!

Que en estos temas comencemos con las cosas que sabemos pero, al no entenderlas bien, enseguida divaguemos sobre elucubraciones de ficción, hace que nos quedemos con la impresión de que sabemos muy poco, el socorrido *“sólo sé que no sé nada”*. Sin embargo, hasta en estos temas tan complejos sabemos mucho, aunque les pese a algunos, y quiero hacer hincapié en esa parte del iceberg que ya conocemos. Por ejemplo, sabemos que el universo no es estático, sabemos cómo empezó y cómo puede que termine. Sabemos que estamos formados por los mismos átomos que estrellas y planetas, de hecho por átomos que se han fabricado en estrellas pasadas. Sabemos que los ‘poderosos’ dinosaurios ni siquiera fueron capaces de ver venir el asteroide que los mató, y sabemos que nosotros sí desviaremos el siguiente. Sabemos cómo funciona el Sol, y sobre todo sabemos cuándo morirá.

La Tierra es nuestro dulce hogar pasado, presente y futuro... aunque sólo a corto plazo. Sabemos que a largo plazo nuestro futuro tendrá que estar en otro sitio. A lo largo de nuestra historia aprender a navegar nos ayudó a descubrir nuevos horizontes, a conocer el planeta en el que vivimos. La teoría de la relatividad nos enseña a navegar en el “espacio-tiempo”, y la velocidad de la luz nos dice lo que podemos hacer y lo que no, y qué fenómenos nos vamos a encontrar en ese viaje que nuestra especie emprenderá algún

día. Llegado el momento, la guía de navegación de la relatividad nos permitirá surcar los caminos que nos lleven a nuevos dulces hogares.

En otro libro, *De Demócrito a las estrellas: el viaje al centro del átomo*, conté ese viaje fascinante al núcleo atómico a través del descubrimiento de la fisión y la fusión. Me quedé muy satisfecho del resultado, pero el proceso de redacción fue laborioso y metódico, me llevó varios años de *trabajo*. En cambio, escribir sobre la persecución de la luz ha sido un proceso fluido y placentero, han sido pocos meses en los que me he divertido mucho. Ojalá se note y esa diversión se transmita. Así que ponte el cinturón, ¡comienza una persecución al límite del vértigo! Espero que te ayude a ‘iluminar’ los misterios que rodean la luz.

UNA RAPIDEZ EXTREMA

La teoría de la relatividad de Einstein fue la más famosa, pero no la primera. Ya a principios del siglo XVII Galileo estudió el movimiento de los objetos y propuso que todo movimiento es relativo, todo lo que se mueve lo hace a una velocidad respecto a otra cosa. Dejemos a un lado por ahora las aceleraciones (acelerones o frenazos), como también hizo Einstein en un primer momento, y limitémonos a desplazamientos a velocidad constante, ya sea muy despacio o muy deprisa. Galileo concluyó que las mismas leyes de la física describen el movimiento de los objetos independientemente de la velocidad a la que nos movamos, por lo que, sin referencia exterior, no es posible saber si nos estamos moviendo.

Galileo usó el ejemplo de la bodega de un barco deslizándose sobre un mar tranquilo, en la que podríamos dejar caer objetos, soltar mariposas... y encerrados en esa bodega nada nos desvelaría el movimiento del barco. Hoy en día es frecuente pasar en tren por las cercanías de una estación y, al ver otro tren, dudar sobre si nos estamos moviendo o no. Para estar seguros necesitamos asomar la cabeza y buscar una referencia exterior fija, el andén o una casa, y ver si nos movemos respecto a ella. Sin esa referencia, al ver otro tren aparentemente inmóvil a nuestro lado no podemos saber si estamos los dos parados o

los dos moviéndonos a la misma velocidad (recuerda, olvidemos las aceleraciones).

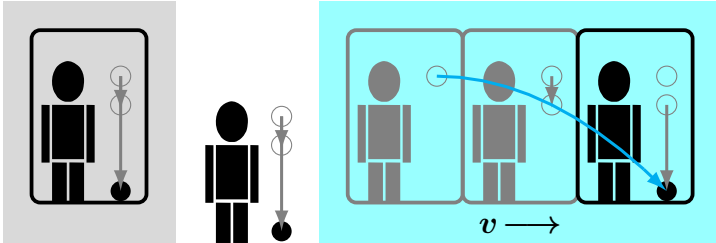


Figura 1.1: Las leyes que rigen el movimiento de los objetos son las mismas dentro de vagones que se mueven a velocidad constante. Pero si estamos fuera de uno de ellos debemos combinar el movimiento de los objetos con el del propio vagón, como a la derecha.

A la izquierda de la Figura 1.1 vemos qué ocurre desde nuestro punto de vista si nosotros soltamos una pelota, tanto en el andén como en cualquiera de esos trenes. La pelota seguirá la misma trayectoria, caerá en línea recta hacia el suelo. Pero si desde el andén observamos la pelota que se suelta en un tren que avanza a velocidad v (panel derecho), veremos que describe una parábola, fruto de la suma de su velocidad de caída y de la velocidad del tren. Al ser todo movimiento relativo, si un objeto se mueve dentro de algo que a su vez se mueve, desde fuera hemos de sumar las dos velocidades.

Galileo concluyó que el movimiento dentro de cada uno de estos sistemas, como las bodegas de los barcos, los trenes o el andén, sigue las mismas leyes y que por lo tanto para saber si nos movemos necesitamos una referencia absoluta. Esta “teoría de la relatividad” de Galileo expuesta en su *Dialogo* le permitió explicar por qué la Tierra podía moverse a gran velocidad alrededor del Sol sin que nos diésemos cuenta, porque nos movemos con ella. También le permitió

**Para seguir leyendo, inicie
el proceso de compra,
click aquí**