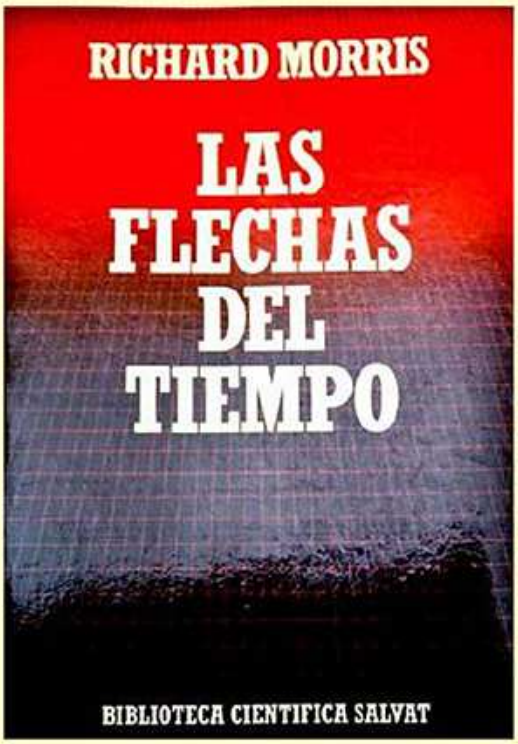
Las flechas del tiempo

de Richard Morris



Esta obra de divulgación científica escrita por el autor norteamericano Richard Morris (1939 – 2003) que obtuvo los grados de MS y PhD en Física, el que junto a otros más de 20 libros, fueron escritos para explicar lo intrigante de la ciencia actual a un público general. En Las flechas del tiempo, sobre la base de diversas áreas de las ciencias físicas, explica el interrogante que desde hace mucho tiempo ha venido fascinando a los científicos y a todos: ¿Cuál es la naturaleza del tiempo? En esta obra el autor responde mediante varios capítulos:

1. ¿Qué es el tiempo?, 2. Tiempo cíclico y tiempo lineal, 3. Tiempo abstracto, 4. El cálculo infinitesimal y la noción de determinismo, 5. El descubrimiento del pasado y la idea de progreso, 6. La edad del mundo, 7. Entropía y dirección del tiempo, 8. Las cinco flechas del tiempo, 9. Tiempo relativista, 10. Tiempo cósmico, 11. Origen y fin del tiempo, 12. ¿Qué es el tiempo?

En esta oportunidad vamos a seleccionar un extracto del capítulo 7 el que tiene relación con el concepto de entropía y el segundo principio de la termodinámica. Se destaca la característica esencial de este principio, muy distinto al de otras áreas de la Física, que ha llevado a algunos autores, como Hugh G. Jones (Thermodynamics – a practical subject, en Physics Education, enero 1984), a expresar lo siguiente: "Si se encontrase que los principios de la termodinámica no fuesen válidos, toda la Física (y por cierto, todas las otras ciencias e ingeniería) tendrían que ser reformulados, y la revolución provocada en la Física por la teoría cuántica, en comparación, podría parecer pequeña". Así de poderosos son los principios de la termodinámica, lo que es reforzado por Morris desde otro punto de vista en el capítulo "Entropía y dirección del tiempo", imaginando el encuentro por los humanos de una nave espacial extraterrestre y la civilización que la construyó. Hay que recordar que las leyes físicas son las mismas en todas partes del Universo.

"Quizá la mejor forma de tratar el tema de este capítulo consista en dejarse llevar por la fantasía. Imaginemos que un vehículo espacial extraterrestre esté vagando por el Sistema Solar, y que pase a suficiente distancia de la Tierra como para que se le acerque una lanzadera espacial. Supongamos también que el objeto extraño ha sufrido algún percance y que su tripulación ha muerto desde hace miles de años."

"Si bien el personal que está a bordo de la lanzadera espacial no dispone de medios para remolcar hacia la Tierra el vehículo extraterrestre, sí consigue subir a bordo y tomar cierto número de objetos. Entre éstos se encuentran unos discos. Tras examinarlos, los científicos de la Tierra descubren que son unas grabaciones similares a las de los videos. En cuanto averiguan para qué sirven ya les cuesta poco encontrar el método de leerlos y analizar así sus imágenes."

La nave extraterrestre

"El único problema reside en que parece como si los discos se pudieran leerse en ambas direcciones, sin que se aprecie, a primera vista, con claridad cuál es la correcta. No obstante, los científicos se dan cuenta de que basta con descubrir cuál es el sentido hacia adelante en un solo caso, ya que sabiendo en qué dirección funciona uno de los discos, cabe deducir que todos los demás se han de leer en el mismo sentido."

"El primer «video» que analizan muestra un planeta con dos lunas. Los científicos observan que el planeta gira alrededor de su eje, y que las dos lunas describen revoluciones en torno a él. No obstante, las secuencias de las imágenes no les permiten determinar si están pasando el disco en la dirección debida. Para eso, necesitarían saber si el planeta gira de este a oeste o de oeste a este. Al desconocer el sentido de rotación, no están seguros de si están pasando el disco al revés."

El disco siguiente muestra al planeta girando alrededor de una estrella. Esto tampoco aclara nada. Si se estuviera pasando el disco al revés, el planeta aparecería sencillamente siguiendo la misma órbita en dirección opuesta. Ambas direcciones de giro son perfectamente compatibles con la ley de gravitación de Newton y las leyes de Kepler que rigen los movimientos de los planetas."

Eureka, Enseñanza de las Ciencias Físicas, diciembre 2013

En el interior de la nave extraterrestre

El disco siguiente muestra al planeta girando alrededor de una estrella. Esto tampoco aclara nada. Si se estuviera pasando el disco al revés, el planeta aparecería sencillamente siguiendo la misma órbita en dirección opuesta. Ambas direcciones de giro son perfectamente compatibles con la ley de gravitación de Newton y las leyes de Kepler que rigen los movimientos de los planetas."

"Cuando los científicos ponen el tercer disco, descubren enseguida que contiene unos dibujos animados en los que se describe la colisión de una partícula alfa con un núcleo de torio 234. Al combinarse ambos, se forma el uranio 238. Cabe igualmente la posibilidad de que el dibujo animado muestre, en realidad, la desintegración de un núcleo de uranio 238 en torio 234 y una partícula alfa. No hay forma de saberlo, porque toda reacción nuclear que se observe en la naturaleza puede también darse al revés. Siempre que se vea que una núcleo determinado puede desintegrarse emitiendo una partícula alfa, se llega automáticamente a la conclusión de que la absorción de una partícula alfa puede también ser la causa de que se forme ese núcleo."

"Así pues, los investigadores toman el cuarto disco. Éste contiene otro dibujo animado que muestra a un gran número de moléculas colisionado unas con otras, y con las paredes del recinto en que se encuentran. Ya para entonces, los observadores empiezan a desesperarse, ya que tampoco en este caso se puede saber si se está pasando el disco en sentido correcto. Si la sucesión debiera ser en el sentido opuesto, las moléculas de gas se moverían sencillamente en dirección contraria, pero seguirían expuestas al mismo tipo de colisiones, y las mismas leyes físicas regirían su movimiento."

"Ahora ya, los investigadores se preguntan si podrán aclarar el misterio alguna vez, al no haberles permitido distinguir entre las dos posibles direcciones del tiempo ninguno de los discos que llevan probando. Pero, como aún les quedan varias docenas más, pasan obstinadamente al siguiente."

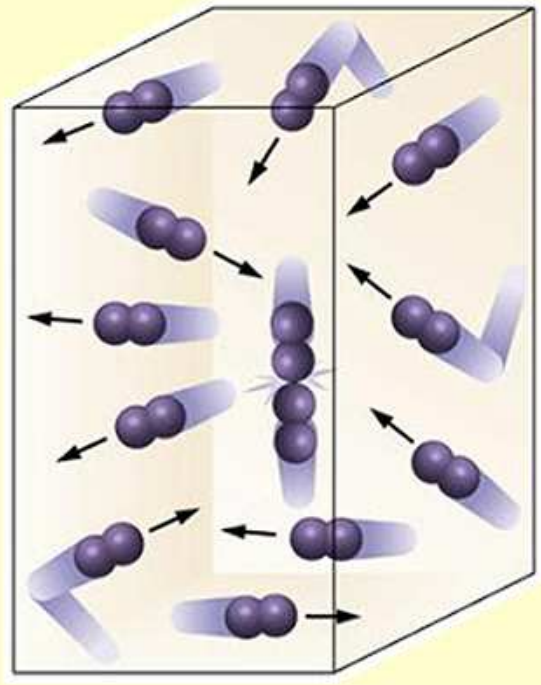
"El disco muestra ahora unos cuantos vehículos extraños que se desplazan sobre una superficie pavimentada. Esta vez, tampoco saben si están pasando correctamente la grabación, porque no distinguen entre la parte delantera y trasera de los vehículos. Se percatan de que si hubiera forma de averiguar si los vehículos emiten calor, la segunda ley de la termodinámica les permitiría dilucidar si están pasando bien o mal el disco. Después de todo, como señaló Kelvin, cuando la energía pasa de una forma a otra, parte de ella ha de disiparse como calor. A diferencia de las colisiones moleculares, de las reacciones nucleares y del movimiento orbital, la disipación de calor es un proceso que no es simétrico en el tiempo. Existe una diferencia entre disipación y absorción del calor."

Lunas de un planeta extrasolar

"Desafortunadamente, en una grabación de video no se puede apreciar el flujo de calor. Así que toman el disco siguiente. En cuanto la imagen se proyecta en la pantalla, se dan cuenta de que este disco es diferente de todos los demás. Muestra una pieza de metal incandescente sostenida por algo similar a un par de pinzas. A medida que avanza el disco, la pieza de metal va per-

diendo intensidad: es evidente que va cediendo energía como calor a su entorno. Al fin, se ha conseguido saber cuál es la forma correcta de pasar los discos. Saben que ése, concretamente, está en el sentido adecuado, puesto que se transfiere energía como calor espontáneamente de los objetos calientes en dirección a los objetos fríos. Nunca se produce lo contrario. No se ve nada en la grabación que esté calentando la pieza de metal, pero sí se aprecia que energía de ésta pasa a las pinzas. Al irse enfriando la primera, las puntas de las pinzas empiezan a ponerse incandescentes, y se vuelven a oscurecer a medida que pierden calor.

"El flujo de calor espontáneo siempre se dirige hacia la misma dirección. Cuando dejamos caer un cubo de hielo en un vaso con agua, el calor fluye del agua al hielo, haciendo que éste se derrita. Nunca veremos formarse espontáneamente hielo en un vaso de agua, a no ser que se haya colocado en el congelador del refrigerador. Cuando se introduce un trozo de hierro caliente en el agua, el hierro se enfría, y parte del agua se evapora. A ningún herrero se le ha ocurrido nunca calentar el hierro metiéndolo en un baño de agua."



Animación de moléculas en movimiento

El tratamiento didáctico de la lectura de este extracto del libro de Morris, o su lectura completa, podría hacerse en una asignatura de Termodinámica, Historia y Filosofía de la Ciencia, u otras similares, a nivel universitario o también en la Educación Media. Por ejemplo, se podrían plantear las siguientes actividades:

- ¿De qué manera la Termodinámica es diferente a otras áreas de la Física, tal como se plantea en la obra de Morris?
- Recordar las principales relaciones físicas que dan cuenta del movimiento planetario (leyes de Kepler, ley de gravitación universal, formulación de Newton de la tercera ley de Kepler, etc.) e intentar describir los movimientos de dos planetas hipotéticos: uno que órbita alrededor de su estrella como lo hace la Tierra, y el otro en sentido opuesto en su órbita alrededor de su propia estrella. ¿Las ecuaciones que describen su movimiento son las mismas? ¿Cómo varían si lo hacen?
- Investigar acerca de la reacción nuclear que se plantea en el texto y la reacción inversa.
- ¿Quién fue Kelvin? ¿Cuál fue su contribución a la Termodinámica y a la Física?
- Escribir un ensayo respecto a cómo se fueron elaborando las leyes de la Termodinámica. ¿Cuáles fueron los principales científicos que contribuyeron en su formulación? ¿Cuántos principios de la Termodinámica hay? ¿Por qué se parte con el principio cero? ¿Cuál fue el primer principio que se formuló?
- ¿Qué relación existe, según el autor, entre la formulación del segundo principio de la Termodinámica y el tiempo?
- A partir de la cita de este texto, redactar un cuento de ciencia – ficción, describiendo la trama, personajes, situaciones, según lo que se narra aquí.

Selección y notas: Juan Espinoza G.