

Capítulo V

“Las ideas fundamentales desempeñan un papel esencial en la formación de una teoría física. Los libros de física están llenos de fórmulas matemáticas complicadas. Pero, pensamientos e ideas, no fórmulas, constituyen el principio de toda teoría física ...”

A. Einstein y L. Infeld. – “La física, Aventura del Pensamiento”

LAS FOTOGRAFÍAS MÁGICAS Y LA DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD

Las frases “Instantáneas Mágicas” o “Fotografías Mágicas”, asociadas a la Relatividad Especial, no son términos que yo haya acuñado, pero suelo emplearlos asumiendo que el significado de estas expresiones es auto-evidente. De hecho, en el primer Intermedio Filosófico empleé el concepto de fotografías mágicas para dar una definición de “Realidad”.

Sin embargo, parece conveniente ahondar en este concepto.

Por otro lado, la propia concepción de algo así como una fotografía mágica, aunque físicamente imposible, es una herramienta poderosa para visualizar el concepto de **Marco de Referencia Estacionario**, mencionado en los desarrollos previos.

La idea básica es muy simple. Se puede decir que una imagen representa una “fotografía” mágica si nos muestra las cosas tal como son en un instante determinado. ☺

Bueno....., lo anterior parece ser una definición clásica de lo que es una fotografía. Y es básicamente cierto cuando hablamos de nuestras fotos cotidianas. Pero imaginemos una fotografía tomada al atardecer, en que aparecen una persona y el Sol en la misma imagen. Esa fotografía nos muestra a la persona en un momento determinado de su vida y al Sol tal como era unos 8 minutos antes. Por lo tanto no se trata de una “instantánea” en un sentido estricto.

Ni que hablar de las fotografías astronómicas. En ese caso la imagen muestra sólo la apariencia del sistema, mezclando imágenes de tiempos que pueden diferir en cientos, miles o miles de millones de años.

De modo que creo que estaremos de acuerdo en afirmar que las fotos convencionales sólo muestran la apariencia de las cosas.

Pero si aceptamos que existen imágenes aparentes, eso se debe a que damos por sentado que existe una imagen real. De otro modo la palabra “aparente” sería redundante.

La imagen real puede, o no, coincidir con las apariencias.

Es esa imagen “real” lo que llamamos “fotografía” mágica. No es posible obtenerla, por la restricción que impone la velocidad de la luz, pero si existiera otra forma de obtener dicha instantánea es lo que llamaríamos imagen de la realidad en un momento determinado.

Sin embargo, a esta altura del desarrollo, quienes están acostumbrados a los planteos y desarrollos de la Relatividad Especial podrán (y deberán) objetar que

la expresión “en un momento determinado” es, para usar un término suave, algo confusa. Cada sistema de referencia tiene su propia manera de establecer el sincronismo de sus relojes y, por lo tanto, de definir un instante en el tiempo.

ALGUNAS INSTANTÁNEAS MÁGICAS

Las “instantáneas” mágicas no se pueden obtener mediante cámaras fotográficas, pero pueden “construirse” sincronizando los relojes de observadores lejanos.

Una Imagen del Sistema Solar

Si queremos representar con total exactitud la posición de los objetos del sistema solar a las 8:00:00 del 1 de enero de 2005 (medida en el meridiano de Greenwich) no podemos sacar una serie de fotos y superponerlas para formar un cuadro completo.

Algunas posiciones nos llegan con retraso de varias horas.

Para hacer el esquema adecuadamente debemos **calcular** la posición de los planetas y sus satélites en el instante elegido y **construir** la imagen requerida.

Una Orquesta Especial

El siguiente ejemplo está basado en señales acústicas.

Supongamos que existe una especie inteligente (especie **X**) privada por completo no sólo del sentido de la vista, sino de todo tipo de receptores de señales electromagnéticas. A continuación tomamos a tres individuos de la especie **X** (**X1**, **X2** y **X3**) y los sometemos a una pequeña experiencia musical. Para ello hacemos lo siguiente.

- Tomamos dos bateristas humanos (**H1** y **H2**), comunicados y sincronizados con señales electromagnéticas, y les pedimos que ejecuten, en forma simultánea, una pieza musical mientras están ubicados a unos 340 m de distancia entre sí.
- Situamos a **X1** al lado de **H1**.
- Situamos a **X2** al lado de **H2**.
- Situamos a **X3** a mitad de camino (unos 170 m) entre ambos bateristas.

Al final del concierto nos encontramos con las siguientes descripciones:

- **X1** afirma que la melodía de **H2** le llegaba retrasada 1 segundo (aproximadamente) con respecto a la melodía de **H1**. El sonido tarda aproximadamente 1 s en recorrer la distancia que separa a ambos bateristas.
- **X2** afirma que la melodía de **H1** le llegaba retrasada 1 segundo (aproximadamente) con respecto a la melodía de **H2**.
- **X3** afirma que las melodías de **H1** y **H2** le llegaban en forma simultánea.

Las tres descripciones, aunque totalmente diferentes, son correctas y muestran lo que he llamado imagen aparente recibida por cada observador. Sin embargo, si se les pide a los tres observadores que esquematicen una “instantánea” mágica del concierto, los tres harán el mismo esquema pues tendrán en cuenta la demora del

sonido (cercana a 1 s cada 340 m) en transmitir el estado real de la situación. Además esa “instantánea” mágica coincidirá con una fotografía convencional del concierto.

*Nota: Es conveniente observar que un viento de velocidad constante orientado, por ejemplo, en la dirección **H1-H2** hubiera distorsionado las respuestas de los observadores **X**.*

LA RELATIVIDAD Y LAS INSTANTÁNEAS MÁGICAS.

Los ejemplos simples del apartado previo muestran algunos puntos relevantes de las “fotografías” mágicas.

- Cada observador de un sistema inercial percibe una apariencia diferente a la de los otros observadores del mismo sistema. La causa principal de discrepancia entre estas imágenes aparentes está asociada a la velocidad de transmisión de la información. No habiendo información que se transmita a velocidad infinita no existe una única imagen aparente del sistema.
- Cuando tienen en cuenta la velocidad de transmisión de la información, todos los observadores del mismo sistema inercial construyen la misma “instantánea” mágica del sistema.

Sin embargo, en dichos ejemplos no se generaron problemas de interpretación dado que los observadores estaban en condición estacionaria entre ellos.

La Relatividad Especial nos enfrenta con un nuevo problema: Cada sistema inercial construye su propia “instantánea” mágica de cualquier experiencia. Y, en general, las “instantáneas” mágicas de cada sistema son diferentes de las de otros sistemas inerciales.

El párrafo anterior puede resumirse diciendo que, conforme a la Relatividad Especial no existe una “instantánea” mágica de un sistema extenso (afectado por la demora de la luz). En su lugar existen tantas “instantáneas” mágicas como sistemas inerciales independientes se empleen.

O, resumiendo aún más, de acuerdo a la Relatividad Especial no existe algo así como una realidad objetiva. Sólo existen realidades propias de cada sistema inercial.

Y resulta imposible (o mejor aún, es irrelevante) decir si una “realidad” es mejor que otra porque cada “realidad” es adecuada para cada sistema inercial.

Sin embargo, si imaginamos el descubrimiento de algún tipo de señal capaz de viajar a velocidad muy superior a la de la luz, la situación cambia notablemente.

En pocas palabras, si se dispusiera de una vía de comunicación más rápida que la que proporcionan las ondas electromagnéticas, sería posible establecer la única “instantánea” mágica que corresponde al sistema que se esté estudiando.

El solo hecho de pensar que puede existir tal tipo de señal rompe la equivalencia de todas las “realidades” mencionadas.

Si fuera posible obtener una verdadera “instantánea” mágica, por definición sería sólo una imagen. De esta forma sólo un sistema inercial podría construir una “instantánea” mágica coincidente con la obtenida con las señales ultra rápidas. Los demás sistemas inerciales, como se dijo, tendrían “instantáneas” mágicas diferentes a la de este sistema.

Señales de velocidad muy superior a la de la luz permitirían establecer una imagen de la realidad no distorsionada por el sincronismo realizado mediante señales electromagnéticas. Y esta imagen permitiría apreciar la calidad del sincronismo electromagnético de cada sistema inercial.

Para aclarar el punto anterior analicemos el experimento “clásico” de medición de distancias en sistemas con movimiento relativo. Imaginemos que se comparan varillas de 1 metro entre el sistema **A** y el sistema **B**, en movimiento relativo a elevada velocidad.

Conforme a la Relatividad Especial:

- Los observadores de **A** declaran que las varillas del sistema **B** son más cortas que las suyas propias.
- Los observadores de **B** declaran que las más cortas son las varillas del sistema **A**.

Los dos sistemas no pueden tener razón, al mismo tiempo, en un sentido absoluto. Las “realidades” de cada sistema son las mencionadas (cada uno ve más cortas las varillas del otro sistema) pero la dos “realidades” no pueden ser absolutas.

Pero..., ¿Qué pasaría si tomáramos una fotografía con señales viajando miles (o millones) de veces más rápido que c ?

Esta “fotografía” nos permitiría “congelar” la imagen como si ambos sistemas estuvieran en reposo.

Y la respuesta sería sólo una:

La imagen “mágica” puede mostrar:

- Que las varillas de **A** son más cortas que las de **B**.
- Que las varillas de **B** son más cortas que las de **A**.
- Que las varillas de **A** son iguales a las de **B**.

Cualquiera de las tres opciones, pero ... ¡solo una! de ellas.

Una verdadera instantánea mágica rompería, necesariamente, la equivalencia de las realidades propias de cada sistema inercial. Sólo un sistema inercial podría dar una respuesta igual a la de la instantánea mágica. Y esa situación rompería la simetría entre sistemas inerciales.

***Nota:** Una imagen “congelada” gracias a la posibilidad de viajar a velocidades muy superiores a c es el equivalente a lo que muestran algunas series televisivas o películas de ciencia ficción en que alguien logra “detener” el transcurso del tiempo y camina entre personajes “congelados”.*

MARCOS DE REFERENCIA ESTACIONARIOS

En el capítulo IV se presentaron dos figuras (IV-2 y IV-3) correspondientes a dos enfoques de un mismo evento. En este capítulo las analizaremos nuevamente para colocarlas en la perspectiva de las denominadas “instantáneas” mágicas.

La Fig. V-1 muestra la marcha relativa de los relojes de los sistemas **A** y **B**, conforme a lo que describen los observadores del sistema **A**.

Esta imagen no es una instantánea mágica en sentido literal, dado que no fue obtenida como fotografía empleando información que viaja a velocidad infinitamente rápida.

Esta imagen es la construcción hecha en el sistema **A** sobre la base de las mediciones individuales que hacen los observadores de dicho sistema.

La reconstrucción se hace siguiendo una metodología como la siguiente:

- El observador **A1** indica que, cuando su reloj marcaba las 10:00:00, enfrente de él pasaba un observador del sistema **B**, cuyo reloj marcaba, también, las 10:00:00.
- El observador **A2**, ubicado 1,732,000 Km a la izquierda de **A1**, indica que cuando su reloj marcaba las 10:00:00, justo enfrente suyo se encontraba un observador de **B** con un reloj indicando las 10:00:10.
- Etc.

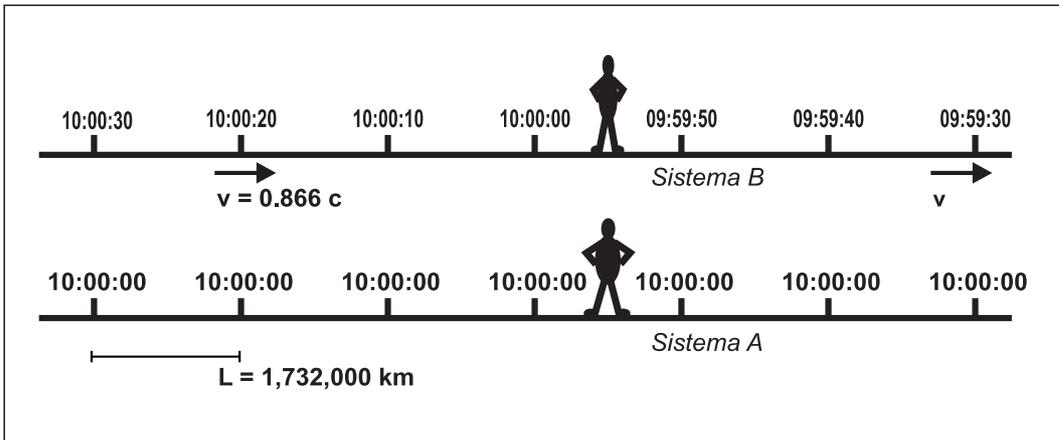


Fig. V-1: Estado de los relojes en los sistemas **A** y **B**, conforme a las observaciones realizadas por los observadores de **A**.

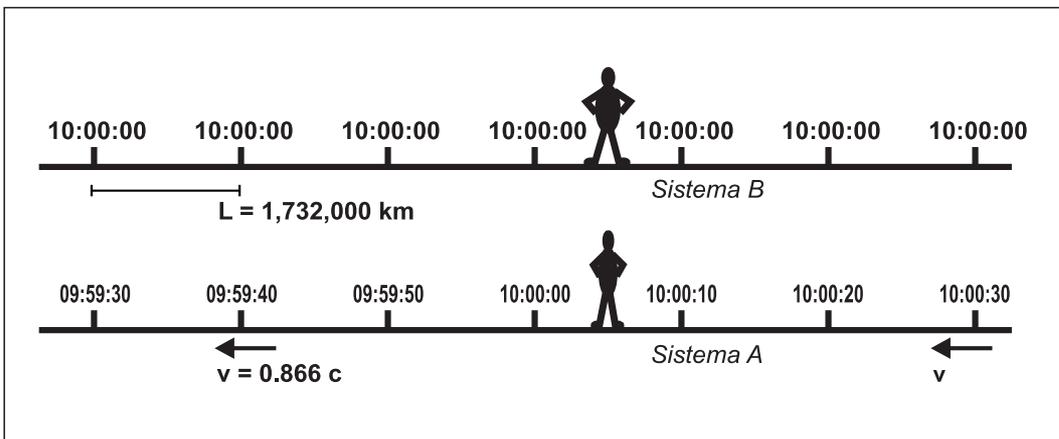


Fig. V-2: Estado de los relojes en los sistemas **A** y **B**, conforme a las observaciones realizadas por los observadores de **B**.

De este modo, la Fig. V-1 no es más que una reconstrucción de los registros efectuados por los observadores del sistema **A**, cuando sus respectivos relojes marcaban las 10:00:00.

Pero, tal como se mostró en el capítulo IV, los observadores del sistema **B** tienen una apreciación muy diferente de la realidad. La Fig. V-2 (idéntica a la Fig. IV-3) muestra el esquema de observaciones efectuadas desde el sistema **B**.

Nuevamente debemos destacar que esta imagen no es una instantánea mágica en el sentido literal. Es sólo la reconstrucción de las observaciones realizadas desde **B** cuando los relojes de sus observadores marcaban las 10:00:00.

*Nota: Naturalmente, asumimos que en ambos sistemas los relojes estaban sincronizados sobre la base de la constancia de **c**.*

En los textos sobre Relatividad Especial se presentan las imágenes equivalentes a las indicadas y la discusión termina en este punto. La equivalencia de los sistemas inerciales impide asignar mayor o menor validez a cada una de las figuras. En otras palabras. La Fig. V-1 es adecuada para describir el universo desde el sistema **A** y la Fig. V-2 es adecuada para los fines del sistema **B**.

Pero..., ¿Qué hubiera pasado si realmente hubiéramos sido capaces de obtener una instantánea no limitada por la velocidad de la luz?

Al igual que en el ejemplo de las varillas, sólo es posible obtener una “instantánea” mágica con señales de velocidad infinita.

Si imaginamos que dicha instantánea mágica coincide con la descripción hecha por el sistema **A**, obviamente no puede coincidir, simultáneamente, con la obtenida desde el sistema **B**. Son imágenes diferentes. Ningún proceso físico (real o imaginario) permitiría obtener una foto coincidente con la Fig. V-2.

A partir de este punto voy a definir como **Marco de Referencia Estacionario (MRE)** aquel en que la construcción de la imagen de la realidad coincide con la correspondiente instantánea mágica (no restringida por **c**).

Expresado en otros términos, consistentemente con el contenido global de esta obra y con mi propia postura filosófica, acepto que existen innumerables “realidades” subjetivas pero sólo una realidad objetiva.

No estoy afirmando, por ahora, que se puede distinguir operativamente entre las diferentes realidades subjetivas (una para cada sistema inercial). Sólo digo que si se pudiera detectar la realidad objetiva, ésta coincidiría sólo con las observaciones efectuadas desde el sistema realmente estacionario.

En otras palabras: Todos los sistemas inerciales sincronizan sus relojes asumiendo que **c** es constante en todas direcciones y sentidos. Bien, mi postura filosófica (respaldada por los análisis presentados en este libro) se basa en que **c** es realmente constante en todas direcciones y sentidos sólo en un **MRE**. O. más precisamente, en cualquier **MRLE**, definido de acuerdo a las consideraciones presentadas en el Intermedio Filosófico V.

En los demás sistemas **c** sólo aparenta ser constante.

Y la diferencia no es trivial.

Pregunta: Si **c** es constante sólo en un **MRLE**, ¿Por qué los otros sistemas también creerían que **c** es constante”?

Respuesta: Porque **c** no es una constante arbitraria, Está vinculada de tal forma a la estructura de los sistemas físicos, que cualquier intento para determinar su magnitud la involucra a sí misma.

Comentario: Esto suena a una especie de confabulación de los sistemas físicos para impedir la detección del movimiento absoluto.

Respuesta: El término correcto no es confabulación sino interdependencia. Es cómo si se tratara de determinar la velocidad de un microprocesador con órdenes de un lenguaje de alto nivel, cuyo funcionamiento está regulado por el propio reloj del microprocesador.

CONCLUSIONES

Los desarrollos de esta capítulo muestran una diferencia fundamental entre la descripción de la realidad que permite realizar la Relatividad Especial y la que permite un sistema con **MRLE**.

- Conforme a la Relatividad Especial existen innumerables descripciones de un mismo sistema, todas igualmente válidas y contradictorias entre sí.
- Conforme al concepto de **MRLE** existe una única realidad objetiva e innumerables apariencias contradictorias de dicha realidad. Las instantáneas mágicas coincidirían con la realidad objetiva.