

## ***2. El experimento M&M y el polvo fino***

### ***Contenido***

2.1. Un punto fijo de orientación.....	1
2.2. Un experimento de interferencia .....	1
2.3. Un experimento mental. ....	2
2.4. No se demostró la existencia de viento de éter. ....	5

#### ***2.1. Un punto fijo de orientación***

A todo el mundo le ha ocurrido alguna vez estar en un tren parado junto a otro tren. Si uno de los dos partía suavemente, no quedaba claro de inmediato si era el propio tren o el otro, y se tardaba algún tiempo en encontrar un punto fijo de orientación, como la estación o el propio andén.

Reflexionando un poco más, encontrar ese punto fijo de orientación, una vez que se vuelve la mirada hacia los espacios infinitos, no parece nada fácil. La Tierra gira alrededor de su eje, pero también alrededor del Sol, que a su vez forma parte de una galaxia en rotación. Y ésta, a su vez, pertenece a un universo en expansión. Todo esto llevó a plantearse la pregunta de si se podía encontrar un punto de referencia fijo en algún lugar del espacio.

Las olas del mar tienen como medio el agua. El sonido viaja a través de ondas, transportado por el aire. ¿Y cómo viaja la luz? Quizás aquí también se necesite una sustancia intermedia. Y así la física dio la bienvenida a un medio hipotético y estacionario, una sustancia intermedia extremadamente fina e invisible, el llamado «éter» que llena todo el espacio uniformemente. Y el movimiento de la tierra, el sol y las estrellas, era relativo a ese éter. Con esto, se tendría entonces una referencia fija, un patrón absoluto para las mediciones del tiempo y del espacio. Pero, ¿cómo demostrar la existencia efectiva de ese éter?

#### ***2.2. Un experimento de interferencia***

En 1887, Michelson y Morley investigaron si este supuesto éter podía efectivamente establecerse científicamente. Para ello diseñaron y famoso experimento que se basaba en la interferencia de la luz. Volveremos sobre esta interferencia con más detalle.

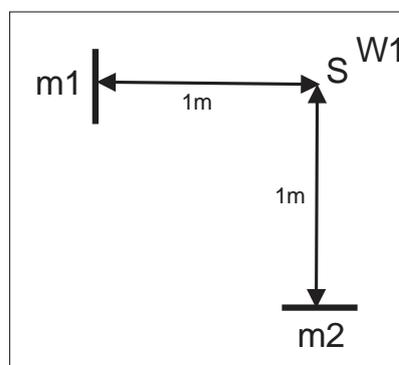
Michelson y Morley compararon la velocidad de la luz paralela a la órbita de la Tierra con la velocidad de la luz perpendicular a la misma órbita. El resultado de este experimento mostró invariablemente el mismo patrón de interferencia, lo que significaba que no se mostraba

ninguna diferencia de velocidad. Michelson y Morley pensaron inicialmente que su experimento había fracasado. Si pisas un tren en movimiento en la dirección de la locomotora, tu velocidad es ligeramente superior a la del tren. Si se da un paso atrás, la velocidad vuelve a ser ligeramente menor. Pero si envías una señal luminosa desde una nave espacial especialmente rápida en su dirección de movimiento, o en contra de su dirección de movimiento, los dos haces luminosos tienen siempre la misma velocidad. Y ésta es una conclusión muy sorprendente y aparentemente contradictoria que va en contra de las leyes de Newton. Einstein dio la explicación teórica de esto en su teoría especial de la relatividad en 1905: el transcurso del tiempo en el universo no es un absoluto, sino que cambia con la velocidad. Una galaxia que se expande rápidamente tiene un curso temporal diferente al de otra que no se mueve a la misma velocidad.

A primera vista, parece contradictorio. Pero si uno lo piensa un momento, pronto se da cuenta de que no puede ser de otro modo. Aclaremos esto en lo que sigue.

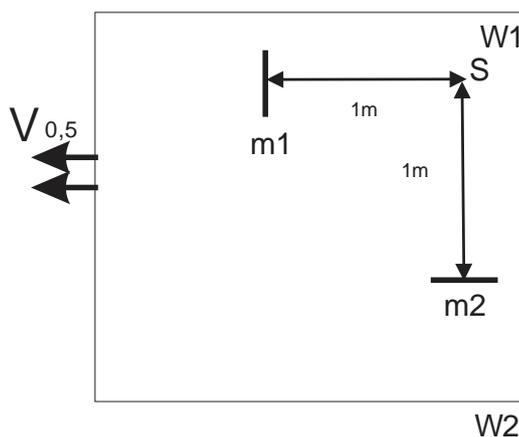
### 2.3. *Un experimento mental.*

Situación 1 : En un tren (el gran cuadrado) hay un espejo  $m1$  ('m' de espejo, mirror) en medio del pasillo. Justo 1 metro más atrás hay un niño  $W1$  (observador 1) que tiene dos pelotas de tenis en la mano y las sostiene a 1 metro de altura. En el suelo también hay un espejo  $m2$ . El tren está parado. El niño lanza las dos pelotas simultáneamente y con la misma fuerza, una a  $m1$  delante de él, la segunda a  $m2$  en el suelo. Aquí hacemos abstracción de la gravedad. Tras rebotar, ambas pelotas vuelven simultáneamente hacia el niño. Cada pelota ha recorrido la misma distancia  $s$  (letra minúscula) en el mismo tiempo, es decir, 1 metro hasta el espejo  $m1$  o  $m2$ , y tras el reflejo también un metro, juntos 2 metros. Este hecho es confirmado por el observador  $W1$ , el niño en el tren, pero también por el observador  $W2$ , su amigo fuera del tren, que ve todo lo que ocurre a través de la ventanilla.

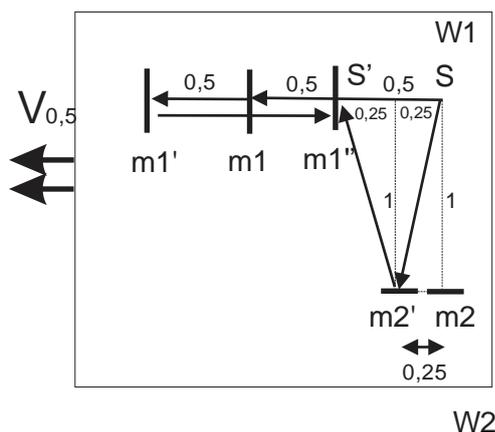


W2

Situación 2 : El tren viaja a bastante velocidad  $V$  (de Vitesse) y ha recorrido  $0,5$  m cuando la pelota ha ido y vuelto 1 vez, es decir, va de  $S$  a  $m1$  y vuelve a  $S$ . El niño que va en el tren ( $W1$ ) vuelve a lanzar simultáneamente las dos pelotas a los espejos  $m1$  y  $m2$ . Tras la reflexión, el niño ( $W1$ ) del tren ve que ambas pelotas llegan simultáneamente a  $S$  y han recorrido cada una una distancia de ida ( $S-m1$ ) y vuelta ( $m1-S$ ), cada vez de  $1$  metro, es decir, juntas  $2$  metros.



Pero el niño  $W2$ , que está fuera del tren, no está de acuerdo en absoluto. Sí ve salir las dos pelotas de tenis, una horizontal hacia  $m1$  y la segunda hacia  $m2$ . Sin embargo, como el tren tiene una velocidad considerable, desde el punto de vista de  $W2$ , la pelota no cae sobre  $m2$  sino algo en diagonal hacia la izquierda sobre  $m2'$ ,  $m2$  sí se ha desplazado hacia  $m2'$ .

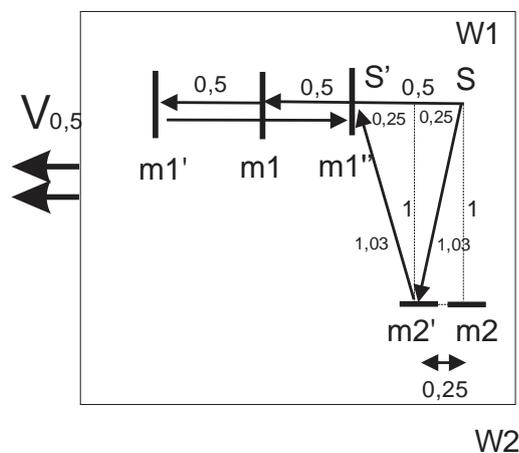


Tras rebotar en  $m2'$ , la pelota también sube en ángulo hacia la izquierda y es atrapada por el niño  $W1$  en el tren, que mientras tanto también se ha desplazado  $0,5$  m hacia la izquierda. La trayectoria  $s$  ya no es un movimiento vertical hacia arriba y hacia abajo, sino que tiene la forma de una gran letra  $V$ . El movimiento hacia abajo ( $S-m2'$ ) de esta letra es como la hipotenusa de

un triángulo rectángulo cuyo lado rectangular vertical es igual a 1, y cuyo lado horizontal es igual a 0,25.

El movimiento ascendente de esta letra ( $m2'-S'$ ) es también como la hipotenusa de un triángulo rectángulo cuyo lado recto vertical es igual a 1, y cuyo lado horizontal es igual a 0,25.

Utilizando el teorema de Pitágoras, sabemos que la hipotenusa aquí es igual a la raíz cuadrada de  $1^2 + 0,25^2$ , un número redondeado a 1,03. Por tanto, para el niño que está fuera del tren, la distancia recorrida es  $1,03 * 2$  o 2,06 m.



A continuación, observa el lanzamiento horizontal en el mismo dibujo. El niño W2 que se encuentra fuera del tren ve cómo la pelota se dirige a  $m1$ , pero mientras tanto este espejo se ha alejado de su posición original en el tren en movimiento. Supongamos que entretanto el tren se ha desplazado medio metro más, entonces el trayecto hasta  $m1$  se ha convertido no en 1, sino en 1,5 metros. Y después de la reflexión, el niño W1, que ya se había desplazado medio metro hacia la izquierda, se ha desplazado otro medio metro hacia la izquierda. Entonces, la pelota reflejada sólo tiene que recorrer 0,5 metros hasta el niño. Por tanto, para el niño que está fuera del tren, la pelota ha recorrido  $1,5 + 0,5$ , es decir, 2 metros.

Hasta el suelo, la pelota recorrió 2,06 metros; la distancia horizontal fue sólo de 2 metros. Pero, y esto es ahora lo sorprendente y aparentemente paradójico, el niño W2, fuera del tren vio que ambas pelotas alcanzaron sus respectivos espejos simultáneamente, y también fueron atrapadas simultáneamente por su amigo W1 en el tren. Un movimiento con el tren da un tiempo diferente para el niño fuera del tren que un movimiento perpendicular a él

El niño W1 en el tren no cree la explicación de su amigo W2 y dice que la situación de su amigo no cambió, pero que fue su amigo W2 fuera del tren quien se alejó de él a gran velocidad. Si este último (W2) hubiera golpeado una pelota de tenis verticalmente en el suelo fuera del tren y la hubiera atrapado de nuevo, su amigo W1 afirmaría que la pelota también había realizado un movimiento en forma de «V», pero esta vez no hacia la izquierda, sino hacia la derecha. Este hecho también se puede calcular matemáticamente de forma análoga.

Si ahora sustituimos las pelotas de tenis por dos haces de luz coherentes, es decir, emitidos por la misma fuente luminosa L, tenemos una situación análoga a la del experimento M&M. Michelson y Morley supusieron que también observarían una diferencia de tiempo -y, por tanto, una imagen de interferencia distorsionada- en los dos haces parciales. Pero no fue así, y nunca lo hicieron. Y eso les sorprendió. «El experimento fracasó», pensaron. A Einstein, sin embargo, se le ocurrió una solución muy poco habitual: la medida del tiempo no es absoluta. Un segundo no dura lo mismo en sistemas que se alejan entre sí a gran velocidad. Si cada observador en su propio sistema, con su propia experiencia del tiempo y de la distancia recorrida, calculara la velocidad de la luz, ambos llegarían siempre a la misma constante : 300 000 km por segundo.

#### ***2.4. No se demostró la existencia de viento de éter.***

Este resultado, la imagen de interferencia sin cambios establecida repetidamente, - volveremos sobre esta interferencia más adelante- llevó a Einstein a la conclusión de que no es posible establecer un movimiento uniforme en relación con el éter. Y si tampoco se puede demostrar su existencia en sí, tampoco parece tener sentido afirmar que la Tierra y los cuerpos celestes se moverían a través de un «éter uniforme». Desde entonces, se ha vuelto a abandonar la creencia en la existencia de una sustancia fina como medio de propagación de la luz.

En algunos círculos científicos, esto último lleva fácilmente a la conclusión de que debe negarse la existencia de cualquier forma de materia «fina». Algunos, sin embargo, argumentarán que se trata de una generalización no demostrada. ¿Quizás existan todavía tipos de polvo fino que el experimento M&M no logró descubrir? ¿O tal vez existan otros tipos de polvo fino además del uniforme?

Sin embargo, esta idea ha sido discretamente desacreditada. Y si hoy en día te atreves a plantear de nuevo el tema en los círculos astronómicos, la gente a veces mira en tu dirección con cara de duda: «¡No estás de acuerdo! Seguro que la ciencia dejó atrás ese tema hace mucho tiempo y de forma definitiva. Lo que usted plantea no es verdadera ciencia». Incluso en 1967, todavía leemos de Van Heel en su muy bien documentado libro : 'Qué es la luz' lo que sigue : «Aunque se pueda probar la existencia del éter, sigue siendo un asunto dudoso, la física debería ocuparse de asuntos más tangibles<sup>1</sup>»

---

<sup>1</sup> A.C.S. Van Heel en C.H.F Velzel, Wat is licht? Wereldacademie, De Haan/ Meulenhoff, 1967, p. 177.