

La velocidad de la luz

Introducción

El valor de la velocidad de la luz fué una intriga que afectó a la humanidad desde tiempos lejanos. A este respecto existían opiniones con un pretendido valor científico que en la realidad eran solo especulaciones infundadas. Por ejemplo Descartes sostenía que la velocidad de la luz era infinita.

El primer intento elaborado para medir la velocidad de la luz fué protagonizado por Galileo, el último utilizando medios mecánicos lo ejecutó Michelson, entre ambos existieron otros investigadores que crearon métodos de medición que fueron perfeccionando las mediciones a lo largo de los años.

Es interesante destacar que los primeros aparatos utilizados para la medición de la velocidad de la luz fueron un ejemplo de desarrollo del ingenio para lograr un objetivo científico, por otra parte consistieron en desarrollos mecánicos difíciles de concretar.

Se destacaron dos métodos mecánicos para determinar la velocidad de la luz, uno de ellos es el que utiliza una rueda dentada, Fizeau (1849) y el que usa el célebre espejo giratorio Foucault (1862). También se considera un clásico el método del espejo octogonal giratorio Michelson (1925)

La historia comienza con una experiencia fallida, el intento de Galileo para desentrañar el misterio del valor de la velocidad de la luz, sigue con mediciones realizadas por casualidad en el análisis de fenómenos de mecánica celeste y concluye con métodos electrónicos, célula Kerr y modulación de la luz.

En este trabajo pretendemos hacer una breve reseña histórica de los más importantes experimentos y logros obtenidos en la difícil tarea de efectuar la medición de la velocidad de la luz, destacando además el conocimiento que aportaron en cada caso.

Galileo, la primera opinión experimental

En un principio Galileo se sintió intrigado por la rapidez de la luz, dando rienda suelta a su capacidad de experimentación realizó una experiencia que no tuvo resultados positivos en cuanto a la determinación de un valor numérico, pero dejó claro la magnitud del valor que se pretendió medir y fué el precursor de la serie de investigadores que se dedicaron a esa tarea.

Galileo desarrolló una experiencia ingeniosa con vistas a la medición de la velocidad de la luz, consistía en lo siguiente:

Eligió dos colinas que fueran visibles a simple vista y apostó en cada una de ellas a un ayudante munido de una lámpara que mantenía tapada, en cierto momento uno de los ayudantes destapaba su lámpara, al ver la luz, el segundo ayudante destapaba la suya, Galileo pretendía medir el tiempo transcurrido desde el momento en que se destapó la primera lámpara hasta hasta que el operador viera la luz proveniente de su corresponsal.

Los resultados obtenidos fueron erráticos y no se logró el objetivo propuesto, por eso Galileo concluyó en que la luz era muy rápida e imposible de medir.

Hoy sabemos que el problema estuvo en la gran rapidez de la luz que hacía que el tiempo de reacción de los operadores superaba en mucho la distancia en mucho al tiempo de recorrido de la luz en el espacio usado.

El método astronómico de Roemer

El primer resultado se obtuvo por casualidad durante una investigación sobre fenómenos de mecánica celeste, mas específicamente, midiendo el período de rotación de los satélites de Júpiter.

Es casi una ironía el hecho de que el primer resultado positivo se obtuviera mediante el uso del telescopio, inventado por el propio Galileo y con el cual descubrió cuatro de las lunas de Júpiter en 1610.

Las lunas de Júpiter giran alrededor del planeta en un plano que produce eclipses observables desde la tierra. Por ello era posible medir los períodos de rotación de cada una de las lunas alrededor de Júpiter, de hecho, en el siglo XVII ya se contaba con tablas construidas que permitían conocer el momento en que se ocultaría cada una de las cuatro lunas conocidas.

En el año 1675 el astrónomo danés Olaf Roemer estaba verificando los períodos de las lunas de Júpiter y observó que las mediciones que realizaba diferían según la época del año en que las tomaba. En efecto, Roemer comprobó que cuando la Tierra se encontraba mas cerca de Júpiter el período del satélite llamado IO era de 42.5 horas, en consecuencia, se debería producir un eclipse cada 42.5 horas, es decir, cada 42.5 horas debería aparecer el satélite por detrás del planeta.

Las mediciones realizadas no coincidían con esta hipótesis, en cierta época del año la medición coincidía con la tabla, pero luego, la aparición del satélite se demoraba y en el transcurso del tiempo la visión de la luna IO, al concluir el eclipse, se atrasaba, llegando a un valor máximo de 1000 segundos, aproximadamente, luego las apariciones comenzaban a adelantarse hasta llegar nuevamente a las 42.5 horas, como al principio.

Roemer partió de la hipótesis de que el movimiento del satélite era uniforme y que como consecuencia de ello el atraso en la aparición no se debía a él, pensó que en realidad la Tierra no estaba siempre a la misma distancia de Júpiter, entonces, la luz que se producía cuando IO aparecía por detrás del planeta demoraba un tiempo mayor en llegar a la Tierra habida cuenta de que esta se separaba del planeta.

Según esta propuesta el atraso máximo se producía cuando la luz debía recorrer un espacio adicional equivalente al diámetro de la órbita de la Tierra, a la cual se le atribuía en esos tiempos un valor de 277 millones de kilómetros, en base a los datos de distancia y tiempo Roemer calculó para la velocidad de la luz un valor de 277000 kilómetros por segundo.

Este valor se diferencia del admitido actualmente, 300 000 km/s, en un 8% aproximadamente, pero, su mérito consiste en que fué el primero que lograra atribuir un valor medible para la velocidad de la luz, le quitaba la propiedad de ser infinita.

Más astronomía- método de Bradley

En 1728 el astrónomo inglés James Bradley utilizó el fenómeno llamado aberración de la luz para determinar la velocidad de ésta.

La aberración consiste en un fenómeno por el cual las estrellas distantes parecen describir en un año una órbita elíptica de 20,47" de arco como eje mayor.

Bradley explicó el hecho como resultado de la composición de la velocidad de la luz proveniente de la estrella con la velocidad de traslación de la tierra.

Mediante los cálculos que realizara determinó que la velocidad en cuestión era de 298 000 km/s.

Este valor está más próximo al actual que el que determinara Roemer, pero, tiene como productivo el hecho de que ratificó los resultados previos y dejó clara la idea de que la luz tenía una velocidad muy grande pero medible.

Es de hacer notar que Bradley comete un error que fuera descubierto en el presente siglo en virtud de la teoría de la relatividad.

Fizeau, el primer método terrestre

Una vez admitidas la existencia de una velocidad medible para la luz, los científicos se abocaron a determinar algún método terrestre que permitiera medir la magnitud de la velocidad buscada.

Ese experimento adecuadamente controlado podría usarse para determinar la velocidad de la luz con precisión creciente.

El inconveniente máximo era la falta de un dispositivo para medir cortos intervalos de tiempo.

Fizeau logró este cometido en base a una rueda dentada que giraba a una velocidad considerable y permitía medir así el tiempo que demoraba la luz en recorrer una distancia de 8.663 metros de ida y vuelta.

El valor obtenido con este ingenio fué de 313000 km/s, valor que supera al admitido en un 4%, pero tiene el invaluable mérito de ser un método enteramente terrestre. Se debe destacar el cuidado con que se debió preparar el sistema, las dificultades en el logro de una fuente de luz adecuada y el enfoque de los espejos, en este aspecto creemos que se trata de una azaña valorable también desde el punto de vista de la mecánica.

Foucault y el espejo giratorio

Foucault, contemporáneo de Fizeau, realizó mediciones exitosas de la velocidad de la luz, tuvo la idea de utilizar un dispositivo que se basaba en un espejo giratorio que podía determinar el tiempo que empleaba un rayo de luz en recorrer una distancia pequeña, del orden de unos pocos metros.

Con este dispositivo se pudo realizar mediciones dentro de los límites de un laboratorio, esto permitió ajustar el procedimiento logrando un control más eficaz.

El mayor progreso que impulsó esta nueva forma de medición fué la posibilidad de medir la velocidad de la luz en diferentes medios transparentes, agua, vidrio, etc. Estas mediciones funcionaron como experimentos cruciales en la adopción de la teoría ondulatoria como superadora de la teoría corpuscular.

Michelson el especialista

Michelson fué sin duda el más grande de los estudiosos de la velocidad de la luz, pasó 25 años de su vida ocupándose de medir la velocidad de la luz, para ello usó casi todos los métodos utilizados por sus predecesores, algunos perfeccionados por él mismo y además creó métodos, el más conocido es el espejo octogonal giratorio (1925), este dispositivo recuerda a la rueda de Fizeau conjuntamente con el espejo giratorio de Foucault, con este dispositivo midió la velocidad de la luz en un recorrido de 66 kilómetros, se trata de la famosa experiencia realizada en el observatorio llamado Monte Wilson.

Consiguió medir la velocidad de la luz con un error probable del 0,1%. Uno de los logros fundamentales fué la perfección con que se midieron los 33 kilómetros que separaban el espejo giratorio del fijo. El valor obtenido para la velocidad de la luz fué de 299790 km/s.

Se debe destacar que para determinar la velocidad de la luz con una precisión del 0.1%, superando así en exactitud a todas las mediciones producidas hasta entonces, medido inventó un aparato que hoy se conoce con el nombre de interferómetro de Michelson y es utilizado para la medición de longitudes del orden de la longitud de onda de la luz.

Fué el primer norteamericano que obtuvo el premio Nobel, esto aconteció en el año 1907.

Junto a Moreley realizó la experiencia que pretendía determinar la existencia del eter cósmico, en base a la variación de la velocidad de la luz, esta célebre experiencia fracasó ya que no se logró determinar la existencia del eter, el resultado de esta experiencia fallida inspiró a Albert Einstein para enunciar su teoría de la relatividad especial.

Otros métodos

En el año 1950 se midió la velocidad de la luz mediante la célula Kerr, este dispositivo que fue desarrollado por Kerr en 1875 aparato se conoce también como "persiana electro-óptica" consiste en un recipiente que contiene nitrobenzeno, este material se torna ópticamente activo cuando se le aplica un campo eléctrico transversal.

Actualmente se usa en laboratorios el método de la modulación de la luz, que usando una distancia muy corta permite medir la velocidad de la luz con mucha aproximación.

Este método se utilizaba en un aparato usado en topografía, llamado telurómetro, con él se pueden medir grandes distancias, entre puntos visibles, el método que usa es la modulación de la luz. Con este instrumento se midió la velocidad de la luz haciéndolo funcionar entre puntos separados por una distancia conocida, luego con este dato, se pueden medir distancias desconocidos.

Naturalmente el conocimiento de la naturaleza electromagnética de la luz proporciona otra forma de establecer su medición.

Los resultados obtenidos para la velocidad de la luz se usaron en la segunda guerra mundial como aplicación a la determinación de las distancias por medio del radar que se comenzaba a usar en esa época.

Algunos experimentadores y sus resultados

Año	Experimentador	Método	Resultado (km/s)
1849	Fizeau	Rueda dentada	315.000
1862	Foucault	Espejo giratorio	298.000±500
1872	Cornu	Rueda dentada	2980500±1000
1879	Michelson	Espejo giratorio	299.910±50
1924	Michelson	Espejo giratorio	299.802±30
1926	Michelson	Espejo giratorio	299.798±15
1932	Michelson, Pease and Pearson	Espejo giratorio	299774±4
1936	Anderson	Célula Kerr	299.771±10
1950	Bergstrand	Célula Kerr	299.793,1±0,26

Conclusión

El valor de la velocidad de la luz pasó de ser algo enigmático y misterioso a ser un valor perfectamente conocido, en especial el valor de la velocidad de la luz en el vacío que tratamos en las líneas precedentes.

En un principio fué una curiosidad y se pretendió conocerlo por el conocimiento mismo, posteriormente se convirtió en algo importante porque se comenzó a utilizar el radar y la velocidad de las ondas de radio o electromagnéticas servía para calcular la distancia a la que se encontraba un cuerpo que reflejaba las ondas electromagnéticas emitidas por el radar.

Las experiencias diseñadas para lograr medir la velocidad de la luz fueron muy complicadas y pusieron en juego la imaginación y habilidad de los investigadores que lo intentaron.

En la tabla adjunta se puede observar como se fué logrando acotar el error, a ltravés del tiempo, hasta llegar a tener un error relativo menor que 1 en 1.000.000.

Fuentes bibliográficas

TITULO	AUTOR	EDITORIAL
La relatividad y el hombre común.	James A. Coleman	Sudamericana
Física General.	Blakwood, Kelly, Bell	C.E.C.S.A.
A Textbook of Physics.	Duncan & Starling	Macmillan Student Editions.
A Second Course of Light	McKenzie	Cambridge.
Advanced Physics	Keith Gibbs	Cambridge.

Prof. Rubén Víctor Innocentini
Bs. As. 26 de diciembre de 1999.
ruben@rubenprofe.com.ar
rubenprofe@yahoo.com.ar
rubenprofe@hotmail.com

Rubén Víctor Innocentini