

## La Fórmula de Contracción de Lorentz

**Resumen:** *Presentamos una aplicación física donde el cálculo de límites laterales es la herramienta matemática fundamental.*

*Fuente: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)*

La contracción de Lorentz es un efecto relativista que consiste en la contracción del tamaño de un cuerpo a medida que su velocidad se acerca a velocidades comparables con la velocidad de la luz. Originalmente fue un concepto introducido por Lorentz como una forma de explicar la ausencia de resultados positivos en el experimento de Michelson-Morley. Posteriormente fue deducido por Albert Einstein en el contexto de la relatividad especial.

La contracción de Lorentz viene descrita por la siguiente expresión

$$L_1 = L_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2},$$

donde  $L_0$  es la distancia medida por un observador estacionario y  $L_1$  es la distancia medida por un observador que se desplaza a una velocidad  $v$  siendo  $c$  la velocidad de la luz.

La contracción de Lorentz también puede entenderse como el efecto de dilatación temporal y como el aumento de la masa inercial de un cuerpo o partícula.

### Experimento Michelson-Morley

El experimento de Michelson-Morley fue uno de los más importantes y famosos de la historia de la física. Se realizó en 1887 y está considerado como la primera prueba contra la teoría del éter. El resultado negativo del experimento constituiría posteriormente la base experimental de la teoría de la relatividad especial de Einstein.

La teoría física del final del siglo XIX postulaba que, al igual que las olas y el sonido necesitan un medio para transportarse (agua y aire), la luz también necesitaría un medio, llamado "éter". Como la velocidad de la luz es tan grande, diseñar un experimento para detectar la presencia del éter era muy difícil.

El propósito de Michelson y Morley era medir la velocidad relativa a la que se mueve la Tierra con respecto al éter. Razonaron que, si el éter era real, la Tierra se movería por él como un avión por el aire, produciendo un "viento del éter" detectable. Cada año, la Tierra recorre una distancia enorme en su órbita alrededor del Sol, a una velocidad de 30 km/s, más de 100.000 km/h. Se creía que la dirección del "viento del éter" respecto a la posición de la estrella varía al medirse desde la Tierra, y así podría ser detectado. Por esta razón, y para evitar los efectos que podría provocar el Sol en el "viento", al moverse por el espacio, el experimento debería llevarse a cabo en varios momentos del año.

El efecto del viento del éter sobre las ondas de luz sería como el de una corriente de un río en un nadador que se mueve constantemente a favor o en contra de la corriente. En algunos momentos el nadador sería frenado y en otros impulsado. Ésto es lo que se creía que pasaría con la luz al llegar a la Tierra con diferentes posiciones con respecto al éter, llegaría con diferentes velocidades.

La clave es que, en viajes circulares, la diferencia de velocidades es muy pequeña, del orden de la millonésima de la millonésima de un segundo. Sin embargo, Michelson, muy experimentado con la medición de la velocidad de la luz, ideó una manera de medir esta mínima diferencia.

En la base de un edificio cercano al nivel del mar, Michelson y Morley construyeron lo que se conoce como el interferómetro de Michelson. Se compone de una lente semiplataada, que divide la luz monocromática en dos haces de luz que viajan en un determinado ángulo el uno respecto al otro. Al abandonar la división, cada haz se refleja varias veces entre unos determinados espejos (para que tengan más recorrido o camino óptico). Finalmente se vuelven a unir, creando un patrón de interferencia que depende de la velocidad de la luz en los dos brazos del interferómetro. Cualquier diferencia en esta velocidad (provocada por la diferente dirección de movimiento de la luz con respecto al movimiento del éter) sería detectada.

Irónicamente, tras toda esta preparación, el experimento fue fallido, aunque exitoso. En vez de mostrar las propiedades del éter, no se produjo ninguna alteración de velocidad de la luz y, por tanto, ninguno de los efectos que el "viento del éter" tenía que producir. El aparato se comportó como si no hubiese "viento del éter". Este asombroso resultado no podía ser explicado por la teoría de las ondas vigente en la época. Se intentaron muchas explicaciones, como que la Tierra arrastraba de alguna forma al propio éter, pero todas ellas resultaron ser incorrectas.

Ernst Mach fue uno de los primeros físicos en considerar que el resultado del experimento era correcto y sugirió una nueva teoría. Las investigaciones iniciadas a raíz del experimento llevaron a una teoría alternativa consistente, **la contracción de Lorentz**, que explicaba el resultado nulo obtenido. El desarrollo de esta teoría desembocó en la relatividad especial de Einstein.

El experimento Trouton-Noble fue otro famoso experimento llevado a cabo en 1901-1903 en el que se intentaba medir la velocidad de desplazamiento de la Tierra con respecto al éter por medio de efectos electrostáticos en condensadores. Sus resultados fueron también negativos confirmando los resultados de Michelson y Morley.

**Hendrik Antoon Lorentz (Arnhem, Holanda, 18 de julio de 1853 - Haarlem, 4 de febrero de 1928). Físico y matemático holandés.**

Estudió en la Universidad de Leiden, de donde posteriormente fue profesor de física matemática entre 1878 y 1883, y director de investigación en el Instituto Teyler, de Haarlem, de 1855 a 1858. Se le deben importantes aportaciones en los campos de la termodinámica, la radiación, el magnetismo, la electricidad y la refracción de la luz. Formuló conjuntamente con George Francis FitzGerald una teoría sobre el cambio de forma de un cuerpo como resultado de su movimiento; este efecto, conocido como *contracción de Lorentz-FitzGerald*, cuya representación matemática de ella es conocida con el nombre de transformación de Lorentz, fue una más de las numerosas contribuciones realizadas por Lorentz al desarrollo de la teoría de la relatividad.

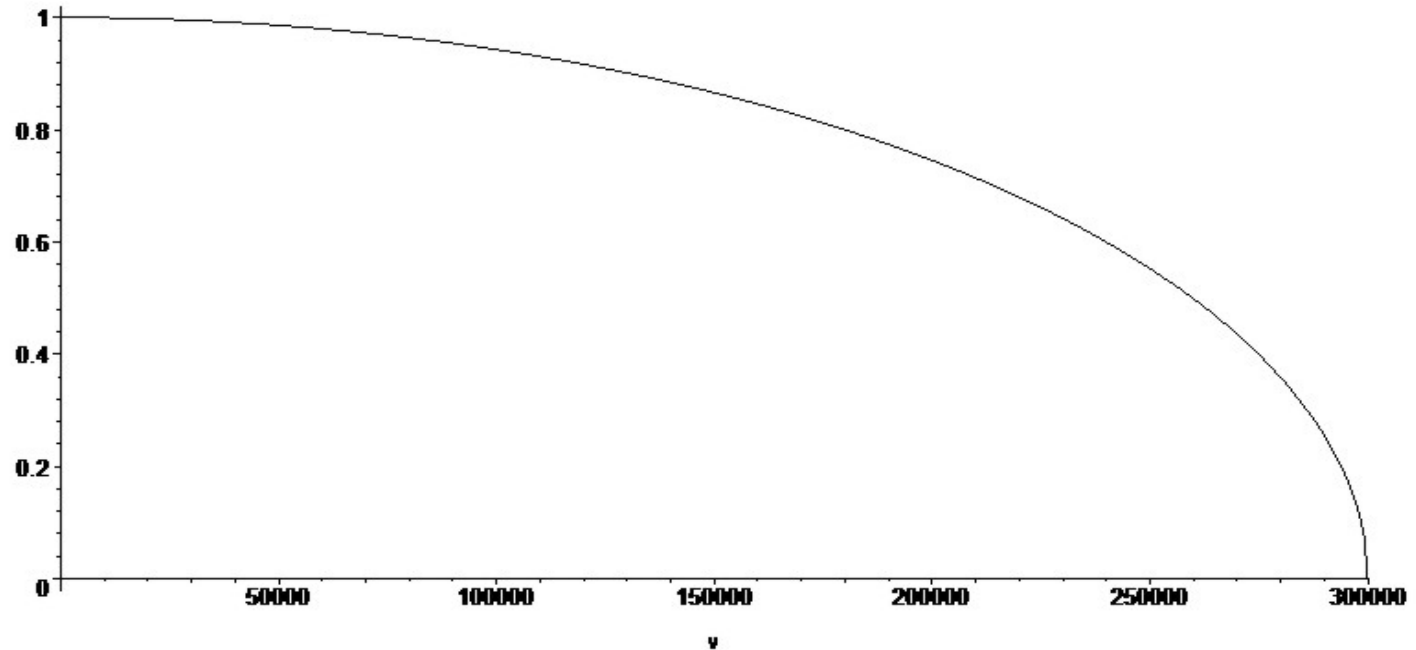
Fue, al igual que Henri Poincaré, uno de los primeros en formular las bases de la teoría de la relatividad (frecuentemente atribuida primaria o solamente a Albert Einstein). Ganador del Premio Nobel de Física en 1902, junto con Pieter Zeeman, por sus teorías sobre la radiación electromagnética.

Sea  $c$  la velocidad de la luz. En la Teoría de la Relatividad de Einstein, la fórmula de contracción de Lorentz

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

especifica la relación entre la longitud  $L$  de un objeto que se mueve a una velocidad  $v$  con respecto a un observador y su longitud  $L_0$  en reposo. Estudiar el comportamiento de esta función cuando  $v$  aumenta para la longitud inicial  $L_0=1$ .

$v$ (km/s)	$L$
100	0,999999944
1100	0,999993278
2100	0,9999755
3100	0,99994661
4100	0,999906607
5100	0,99985549
6100	0,999793256
7100	0,999719905
8100	0,999635434
9100	0,999539839
10100	0,999433117
11100	0,999315266
12100	0,99918628
13100	0,999046156
14100	0,998894889
15100	0,998732474
.....	.....
100000	0,942809042
125000	0,909059343
150000	0,866025404
175000	0,812232862
200000	0,745355992
225000	0,661437828
250000	0,552770798
275000	0,399652627
300000	0



$v$ (km/s)	$L$
259803,6211	0,500023094
259804,6211	0,50001732
259805,6211	0,500011547
259806,6211	0,500005774
259807,6211	0,5
259808,6211	0,499994227
259809,6211	0,499988453