Extracto de “Pasos filosóficos hacia la unificación de la física”.

La constancia de la velocidad de la luz en el vacío

La naturaleza de la constancia de la velocidad de la luz puede ser explicada sencillamente a partir de los paravectores, si bien esta es una pequeña introducción a un desarrollo mucho más complejo. Basado en el diagrama de Bertrand Russell, y realizando una abstracción, se pueden lograr interesantes hipótesis.

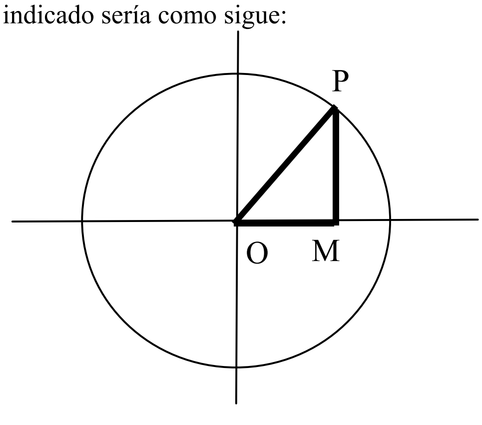
1. Introducción

En un interesante apartado de su libro de divulgación, “El ABC de la Relatividad”, Bertrand Russell indicó un sistema interesante e intuitivo para comprender las relaciones entre la longitud observada por uno de los observadores, la de otro observador y la recorrida por la luz en el mismo tiempo. Indicando un segundo, se establece un interesante gráfico que da una idea bastante clara de lo que simboliza el concepto de intervalo espacio-temporal.

En su descripción, indica:

“*Supongamos que el cuerpo cuya longitud queremos medir se mueve con relación a nosotros y que en un segundo recorre la distancia OM. Tracemos ahora un círculo alrededor de O, cuyo radio es la distancia que recorre la luz en un segundo. Desde M tracemos MP, perpendicular a MO, encontrando el círculo en P. Así OP es la distancia que recorre la luz en un segundo. La relación de OP a OM es la relación de la velocidad de la luz a la velocidad del cuerpo. La relación de OP a MP es la relación en que las longitudes aparentes están alteradas por el movimiento. Es decir, si el observador juzga que dos puntos de la línea de movimiento del cuerpo que se mueve están a una distancia mutua representada por MP, una persona que se moviera con el cuerpo juzgaría que estaban en la distancia representada (a la misma escala) por OP. Las distancias del cuerpo que se mueven en los ángulos rectos de la línea del movimiento no se ven afectadas por el movimiento. Todo el conjunto es recíproco; es decir, si un observador que se mueve con el cuerpo fuera a medir la longitud del cuerpo del anterior observador, quedaría alterado, precisamente en la misma proporción. Cuando dos cuerpos se mueven en relación mutua, sus longitudes aparecen más cortas a un tercero que a ellos mismos. Tal es la contracción de Fitzgerald, carda fundamentalmente para determinar le resultado del experimento de Michelson-Morley. Pero ahora se plantea naturalmente por el hecho de que dos observadores no hacen el mismo juicio de simultaneidad.*”

La representación gráfica de lo indicado sería como sigue:



Pero evidentemente, esta representación hace solo mención al caso de un observador, otro observador y la constante de la velocidad de la luz en el vacío. Vamos a hacer una pequeña generalización. Supongamos que el eje de las abcisas es el eje de los números reales, y que el eje de las ordenadas es el eje de los números imaginarios. Es sencillo deducir que:

$$\overline{OM}^2 + \overline{MP}^2 = \overline{OP}^2$$

Si tuvieramos en cuenta que todas las longitudes fueran correspondientes a un segundo desde el origen, podríamos representar las longitudes como velocidades y tendríamos que OM representaría la velocidad real del observador y MP representaría el valor imaginario de la velocidad, siendo OP el valor de la velocidad constante de la luz en el vacío. Permitámonos esta licencia momentáneamente.

Con estos valores, sería sencillo concluir que si sabemos el valor de la velocidad constante de la luz y de la velocidad imaginaria, podemos calcular la velocidad real del siguiente modo:

$$\overline{OM} + i\overline{MP} = \overline{OP}$$

De ahí podríamos obtener esta velocidad real, que sería, definiendo el eje perpendicular como un hipotético eje X:

$$c = V_R + V_X i$$

2. Velocidad Hipercompleja.

Podemos hacer una generalización de los números complejos, utilizando una velocidad hipercompleja (con los números hipercomplejos de Hamilton):

$$V = V_R + V_x i + V_y j + V_z k \ ,$$

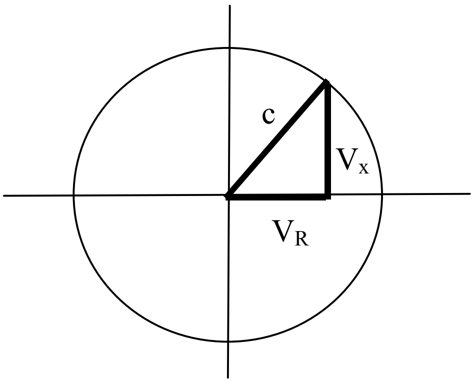
Que cumpliría las condiciones del algebra hipercompleja de Hamilton como son:

$$i^2 = j^2 = k^2 = ijk = \sqrt{-1}$$

Normalizando dicha velocidad hipercompleja tenemos:

$$|V| = \frac{V_R + V_x i + V_y j + V_z k}{\sqrt{V_R{}^2 + V_x{}^2 + V_y{}^2 + V_z{}^2}} = 1$$

Como se ha visto, se pueden establecer los números reales (la velocidad real observada) en el eje de las abcisas, y la velocidad imaginaria en el eje de las ordenadas, como sigue:



Teniendo en cuenta que C es siempre constante, podemos pasar el gráfico indicado por Bertrand Russell a un círculo en números complejos, con lo cual se tendrá que, como se ha indicado, si conocemos *c* y V_x, tenemos que la velocidad en el eje de las abcisas será:

$$c = V_R + V_X i \rightarrow \quad c^2 = V_R{}^2 + V_X{}^2 \rightarrow V_R = \sqrt{c^2 - V_X{}^2}$$

Si en lugar de un círculo complejo con sus proyecciones en el eje de los reales, tenemos una esfera hipercompleja, podemos inducir que la velocidad real será:

$$V_R = \sqrt{c^2 - V_X{}^2 - V_Y{}^2 - V_Z{}^2}$$

Lo cual es además cierto dada una esfera 4-Dimensional puesto que su valor sería:

$$V_R{}^2 + V_X{}^2 + V_Y{}^2 + V_Z{}^2 = c^2$$

Donde los componentes de la velocidad serían partes de un paravector conjugado de la velocidad hipercompleja, con el mismo orden de signos que los indicados en los espacios de Minkowskypero expresado en forma de multivector.

Dado que teníamos de A. Einstein que:

$$x' = x\frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{V}{c}\right)^2}} = x\frac{1}{\sqrt{\frac{c^2 - V^2}{c^2}}} = x\frac{c^2}{\sqrt{c^2 - V^2}}$$

Y tomando la expresión anterior, tenemos que:

$$v' = \frac{v \cdot c^2}{\sqrt{c^2 - V^2}}$$

La cual, generalizándola a una esfera hipercompleja y sus proyecciones sobre el eje real nos da que:

$$v' = \frac{v \cdot c^2}{\sqrt{c^2 - V_x^{\ 2} - V_y^{\ 2} - V_z^{\ 2}}}$$

Como la velocidad normalizada es

$$V = \frac{V_R + V_x i + V_y j + V_z k}{\sqrt{V_R^{\ 2} + V_x^{\ 2} + V_y^{\ 2} + V_z^{\ 2}}}$$

La velocidad será pues:

$$\boxed{V = \frac{V_R + V_x i + V_y j + V_z k}{\sqrt{V_R^{\ 2} + V_x^{\ 2} + V_y^{\ 2} + V_z^{\ 2}}} \frac{c^2}{\sqrt{c^2 - V_x^{\ 2} - V_y^{\ 2} - V_z^{\ 2}}} \leq c}$$

De tal modo que la velocidad será siempre constante, pero atenuada por los cambios de dirección.

3. Consideraciones interesantes.

Desde este punto de vista, se puede tener en cuenta que la velocidad constante de la luz se mantiene cuando existen cambios en la curvatura espacio-temporal, pero teniendo en cuenta además que los cambios producidos en esos precisos momentos pueden hacer que esta velocidad tenga una componente normal y otra tangencial, lo cual contradice supuestamente lo que indica la mecánica clásica. Pero teniendo en cuenta su componente hipercompleja, se puede inducir que la velocidad sufre cambios solo en su modulo, derivado de su variación de dirección, pero no realmente en su constancia.