Ramón Salas Edwards

La variabilidad de la masa deducida de un choque plástico

(De las Actas de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid. Tomo XXV; 10 de la 2.ª serie)

SI se acepta en los sistemas inerciales:

1. Las transformaciones de Lorentz (1) en cuanto afirman la equivalencia de los sistemas y, especialmente, como consecuencia de ella, que no hay contracción ni dilatación transversal de las longitudes y que se verifica una dilatación temporal que, llamando V la velocidad de traslación mutua de los laboratorios y c la velocidad constante de la luz, es inversamente proporcional a

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

2. La derivada respecto al tiempo del producto de la masa por la velocidad es la medida de la fuerza F, que actúa sobre una partícula material, cuya velocidad es el vector v y cuya masa es la cantidad escalar m:

$$F=\frac{d}{dt}(m\,v)$$

3. Las fuerzas mutuas, acción y reacción, con que actúan unas sobre otras dos partículas, 1 y 2, que chocan, son iguales en valor y en dirección y opuestas en sentido:

$$\frac{d}{dt}(m_1 v_1)=-\frac{d}{dt}(m_2 v_2)$$

y, por tanto, la suma $m_1 v_1 + m_2 v_2$ conserva el mismo valor vectorial desde antes del choque hasta después de él y, por consiguiente, también el mismo valor algebraico, proyectada sobre cualquier recta.

Se deduce de estas aceptaciones que la masa de una partícula no es una cantidad constante, sino la siguiente función del valor numérico v de la velocidad de ella, en que se ha llamado m_o la masa que la partícula tendría si se la midiera en reposo:

(1) Ver el artículo titulado «Les transformation de Lorentz son independantes du postulat optique», publicado en Annales de la Société Scientifique de Bruxeles, en Abril de 1924 y en los Anales del Instituto de Ingenieros de Chile, en Diciembre de 1924.

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Imaginemos, para demostrarlo, el siguiente experimento hecho en colaboración por los dos laboratorios, cuya velocidad relativa es v y que poseen partículas idénticas de masa m_o en reposo: de cada uno de los laboratorios se lanza perpendicularmente al vector v una partícula, con una velocidad α despreciable en comparación de v y de manera que ambas vengan a chocar plásticamente quedando unidas.

La partícula única resultante saldrá del choque con una velocidad paralela a v, porque así lo exige la simetría del enunciado y la equivalencia de los sistemas de comparación.

Como la suma $m_1v_1 + m_2v_2$ proyectada sobre una perpendicular a v es nula después del choque, es nula también antes del choque debiendo los dos sumandos de esta suma ser avaluados desde el mismo laboratorio.

La partícula lanzada desde el otro laboratorio con una velocidad respecto a él perpendicular a v, y que medida con metros y relojes de ese laboratorio, tiene el valor a, tiene respecto al laboratorio que hace la avaluación, una velocidad v, resultante de dos componentes: la velocidad de arrastre v y la velocidad relativa perpendicular a v, cuyo valor medido con metros y relojes de este laboratorio será el siguiente, atendiendo a que los metros son concordantes pero los relojes del otro laboratorio más lentos, como se dijo:

$$a\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Como esta componente es despreciable, la velocidad resultante se reduce a la primera:

$$v = v$$

Llamando m la masa de la partícula animada de la velocidad v, el sumando correspondiente a la partícula lanzada desde el otro laboratorio es, pues:

$$m\,a\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Atendiendo a la pequeñez supuesta de a, el sumando correspondiente a la partícula lanzada desde el mismo laboratorio es el producto de la masa en reposo m_o por la velocidad a de signo contrario a la velocidad anterior.

La suma nula es, pues,

$$m\,a\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} - m_o\,a = o$$

de donde como se quería demostrar:

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Esta es la fórmula fundamental de la dinámica de la relatividad especial, pues, substituído este valor en la definición de fuerza, la derivación, respecto al tiempo da las componentes de ella según la aceleración y según la velocidad; descompuesta la aceleración en tagencial y normal, se obtienen las fórmulas de la masa longitudinal y la transversal; calculando el trabajo, resulta la inercia de la energía.

No hay que suponer, sin embargo, que la definición relativista de la masa sea capaz de conservar siempre la igualdad de la acción y la reacción; esta conservación rigurosa en el ejemplo tratado es sólo aproximada en otros casos.

Santiago, de Chile, 15 de Agosto de 1929.