UNA REFORMULACIÓN DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL

A. Blato

(2016) Buenos Aires
Argentina

Este artículo presenta una reformulación de la relatividad especial cuyas magnitudes cinemáticas y dinámicas son invariantes bajo las transformaciones generalizadas de Lorentz.

Introducción

A partir de un cuerpo puntual auxiliar (denominado free-point) es posible obtener magnitudes cinemáticas (denominadas absolutas) que son invariantes bajo las transformaciones generalizadas de Lorentz.

El free-point es un cuerpo puntual (partícula masiva) que está siempre libre de fuerzas externas e internas (o que su fuerza resultante está siempre en equilibrio)

El tiempo absoluto ($\breve{t}$), la posición absoluta ($\breve{\mathbf{r}}$), la velocidad absoluta ($\breve{\mathbf{v}}$) y la aceleración absoluta ($\breve{\mathbf{a}}$) de una partícula respecto a un sistema de referencia inercial S, están dados por:

$$\breve{t} \doteq \gamma \left(t - \frac{\mathbf{r} \cdot \boldsymbol{\psi}}{c^2} \right)$$

$$\breve{\mathbf{r}} \doteq \left[\mathbf{r} + \frac{\gamma^2}{\gamma + 1} \frac{(\mathbf{r} \cdot \boldsymbol{\psi})\, \boldsymbol{\psi}}{c^2} - \gamma\, \boldsymbol{\psi}\, t \right]$$

$$\breve{\mathbf{v}} \doteq \left[\mathbf{v} + \frac{\gamma^2}{\gamma + 1} \frac{(\mathbf{v} \cdot \boldsymbol{\psi})\, \boldsymbol{\psi}}{c^2} - \gamma\, \boldsymbol{\psi} \right] \frac{1}{\gamma\, (1 - \frac{\mathbf{v} \cdot \boldsymbol{\psi}}{c^2})}$$

$$\breve{\mathbf{a}} \doteq \left[\mathbf{a} - \frac{\gamma}{\gamma + 1} \frac{(\mathbf{a} \cdot \boldsymbol{\psi})\, \boldsymbol{\psi}}{c^2} + \frac{(\mathbf{a} \times \mathbf{v}) \times \boldsymbol{\psi}}{c^2} \right] \frac{1}{\gamma^2\, (1 - \frac{\mathbf{v} \cdot \boldsymbol{\psi}}{c^2})^3}$$

donde (t, $\mathbf{r}$, $\mathbf{v}$, $\mathbf{a}$) son el tiempo, la posición, la velocidad y la aceleración de la partícula respecto al sistema de referencia inercial S, ($\boldsymbol{\psi}$) es la velocidad del free-point respecto al sistema de referencia inercial S y (c) es la velocidad de la luz en el vacío. ($\boldsymbol{\psi}$) es una constante. $\gamma = (1 - \boldsymbol{\psi} \cdot \boldsymbol{\psi} / c^2)^{-1/2}$

Dinámica

Sea una partícula con masa en reposo m_o entonces el momento lineal $\mathbf{P}$ de la partícula, la fuerza neta $\mathbf{F}$ que actúa sobre la partícula, el trabajo W realizado por la fuerza neta que actúa sobre la partícula y la energía cinética K de la partícula, para un sistema de referencia inercial, están dados por:

$$\mathbf{P} \doteq \frac{m_o\,\breve{\mathbf{v}}}{\sqrt{1-\frac{\breve{v}^2}{c^2}}}$$

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{P}}{d\breve{t}} = \frac{m_o\,\breve{\mathbf{a}}}{\sqrt{1-\frac{\breve{v}^2}{c^2}}} + \frac{m_o\,\breve{\mathbf{v}}}{\left(1-\frac{\breve{v}^2}{c^2}\right)^{3/2}}\frac{(\breve{\mathbf{v}}\cdot\breve{\mathbf{a}})}{c^2}$$

$$\mathrm{W} \doteq \int_1^2 \mathbf{F}\cdot d\breve{\mathbf{r}} = \Delta\,\mathrm{K}$$

$$\mathrm{K} \doteq m_o\,c^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{\breve{v}^2}{c^2}}}-1\right)$$

Las fuerzas y los campos deben ser expresados sólo con magnitudes absolutas. Por ejemplo, la fuerza de Lorentz debe ser expresada con la velocidad absoluta $\breve{\mathbf{v}}$, el campo eléctrico debe ser expresado con la posición absoluta $\breve{\mathbf{r}}$, etc.

Observaciones

§ En este artículo, las magnitudes $(\,\breve{t},\ \breve{\mathbf{r}},\ \breve{\mathbf{v}},\ \breve{\mathbf{a}},\ \mathbf{P},\ \mathbf{F},\ \mathrm{W},\ \mathrm{K}\,)$ son invariantes bajo las transformaciones generalizadas de Lorentz.

§ Los sistemas de referencia inerciales no coincidentes en el origen en el tiempo inicial t_o deben sumar una constante en la definición de tiempo absoluto tal que el tiempo absoluto y el tiempo propio del free-point coincidan y también deben sumar otra constante en la definición de posición absoluta tal que la posición absoluta del free-point sea cero.

§ Por último, este artículo considera, por un lado, que sería también posible obtener magnitudes cinemáticas y dinámicas $(\,\breve{t},\ \breve{\mathbf{r}},\ \breve{\mathbf{v}},\ \breve{\mathbf{a}},\ \mathbf{P},\ \mathbf{F},\ \mathrm{W},\ \mathrm{K}\,)$ que serían invariantes bajo transformaciones entre sistemas de referencia inerciales y no inerciales y, por otro lado, que las magnitudes dinámicas $(\,\mathbf{P},\ \mathbf{F},\ \mathrm{W},\ \mathrm{K}\,)$ estarían dadas también por las ecuaciones de arriba.

Apéndice

Transformaciones Generalizadas de Lorentz

El tiempo (t'), la posición ($\mathbf{r}'$), la velocidad ($\mathbf{v}'$) y la aceleración ($\mathbf{a}'$) de una partícula respecto a un sistema de referencia inercial S', están dados por:

$$
\begin{aligned}
t' &= \gamma\left(t - \frac{\mathbf{r}\cdot\mathbf{V}}{c^2}\right) \\
\mathbf{r}' &= \left[\,\mathbf{r} + \frac{\gamma^2}{\gamma+1}\,\frac{(\mathbf{r}\cdot\mathbf{V})\,\mathbf{V}}{c^2} - \gamma\,\mathbf{V}\,t\,\right] \\
\mathbf{v}' &= \left[\,\mathbf{v} + \frac{\gamma^2}{\gamma+1}\,\frac{(\mathbf{v}\cdot\mathbf{V})\,\mathbf{V}}{c^2} - \gamma\,\mathbf{V}\,\right]\frac{1}{\gamma\,(1-\frac{\mathbf{v}\cdot\mathbf{V}}{c^2})} \\
\mathbf{a}' &= \left[\,\mathbf{a} - \frac{\gamma}{\gamma+1}\,\frac{(\mathbf{a}\cdot\mathbf{V})\,\mathbf{V}}{c^2} + \frac{(\mathbf{a}\times\mathbf{v})\times\mathbf{V}}{c^2}\,\right]\frac{1}{\gamma^2\,(1-\frac{\mathbf{v}\cdot\mathbf{V}}{c^2})^3}
\end{aligned}
$$

donde (t, $\mathbf{r}$, $\mathbf{v}$, $\mathbf{a}$) son el tiempo, la posición, la velocidad y la aceleración de la partícula respecto a un sistema de referencia inercial S, ($\mathbf{V}$) es la velocidad del sistema de referencia inercial S' respecto al sistema de referencia inercial S y (c) es la velocidad de la luz en el vacío. ($\mathbf{V}$) es una constante. $\gamma = (1 - \mathbf{V}\cdot\mathbf{V}/c^2)^{-1/2}$

Bibliografía

A. Einstein, Sobre la Teoría de la Relatividad Especial y General.

E. Mach, La Ciencia de la Mecánica.

R. Resnick y D. Halliday, Física.

J. Kane y M. Sternheim, Física.

B. Russell, ABC de la Relatividad.

A. French, Relatividad Especial.