DERIVACIÓN DEL PRINCIPIO DE EQUIVALENCIA A PARTIR DEL TEOREMA DE ANTISIMETRÍA DE LA TEORÍA ECE.

por

M. W. Evans,

Civil List Scientist,

Alpha Institute for Advanced Study

(www.aias.us)

Traducción: Ing. Alex Hill (www.et3m.net)

RESUMEN

Se propone un nuevo enfoque hacia los parámetros fundamentales de la dinámica y dentro de la filosofía de la relatividad general, utilizando la primera ecuación de estructura de Cartan, para relacionar cantidades dinámicas tales como la aceleración y la velocidad. Utilizando el teorema de la antisimetría de ECE, la equivalencia de las masas gravitacional e inercial se deduce inmediatamente a partir de la geometría. Ésta constituye otra prueba experimental de la teoría ECE, ya que la equivalencia entre la masa inercial y gravitacional se ha evaluado experimentalmente con una precisión de muchos órdenes de magnitud.

Palabras clave: Teoría ECE, dinámica fundamental, deducción del principio de equivalencia a partir de el teorema de antisimetría de la teoría ECE.

1. INTRODUCCIÓN

La equivalencia entre la masa inercial y la gravitacional {1} se conoce como el principio de equivalencia débil y ha sido evaluado experimentalmente con gran precisión. En este documento el principio de equivalencia se deduce a partir de la geometría diferencial de Cartan, específicamente la primera ecuación de estructura de Cartan, con un empleo mínimo de hipótesis dentro del contexto de la relatividad general. En la Sección 2, la tétrada de velocidad se introduce y define. El uso original {2} de Cartan de la tétrada constituye un ejemplo de un principio más general {3} en el cual un campo vectorial en tres dimensiones siempre puede expresarse como la suma de tres vectores definidos en la base circular compleja. Esta extensión del Teorema de Helmholtz fue introducida independientemente por Moses {4}, Silver {5} y Evans {6} y se comenta brevemente en la Sección 2. En la Sección 3 se define la aceleración en relatividad general a partir de la velocidad y de la conexión de espín utilizando la primera ecuación de estructura de Cartan y el principio de equivalencia deducido en forma directa a partir del principio de antisimetría de la teoría ECE.

2. BASE CIRCULAR COMPLEJA Y GEOMETRÍA DE CARTAN

Moses {4}, Silver {5} y Evans {6} han demostrado independientemente, y Reed {3} ha realizado una reseña sobre el tema, que cualquier campo vectorial en tres dimensiones puede expresarse como la suma de tres vectores:

$$V = \boldsymbol{V}^{(1)} + \boldsymbol{V}^{(2)} + \boldsymbol{V}^{(3)} \tag{1}$$

En la base circular compleja:

$$a = (0),\ (1),\ (2),\ (3) \tag{2}$$

La base circular compleja se define en términos de la base cartesiana mediante:

$$\boldsymbol{e}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2}} (\mathbf{i} - i \, \mathbf{j}) \tag{3}$$

$$\boldsymbol{e}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{2}} (\mathbf{i} + i \, \mathbf{j}) \tag{4}$$

$$\boldsymbol{e}^{(3)} = \mathbf{k} \tag{5}$$

Helmholtz {3, 7} demostró en el siglo XIX que cualquier campo vectorial puede expresarse como la suma de dos vectores:

$$\boldsymbol{V} = \boldsymbol{V}_S + \boldsymbol{V}_I \tag{6}$$

donde:

$$\nabla . \boldsymbol{V}_S = 0 \tag{7}$$

$$\nabla \times \boldsymbol{V}_I = 0 \tag{8}$$

El empleo de la base circular compleja extiende el teorema de Helmholtz en la siguiente forma:

$$\boldsymbol{V}_S = \boldsymbol{V}^{(1)} + \boldsymbol{V}^{(2)} \tag{9}$$

$$\boldsymbol{V}_I = \boldsymbol{V}^{(3)} \tag{10}$$

Los componentes más fundamentales son, por lo tanto, componentes de $\boldsymbol{V}^{(1)}$, $\boldsymbol{V}^{(2)}$y $\boldsymbol{V}^{(3)}$. Ejemplos de estos componentes fundamentales son:

$$V_X^{(1)} , V_Y^{(1)} , V_Z^{(3)}$$

y así sucesivamente. En los primeros documentos sobre la teoría ECE en el año 2003 {8,9} se identificaron estos componentes como los objetos conocidos como tétradas en la geometría de Cartan. Reed {3} también ha efectuado esta identificación, así como otros autores reseñados en su artículo. En la definición original {2} de Cartan de la tétrada, el índice a es un índice de un espaciotiempo tangencial de Minkowski de cuatro dimensiones en el punto P a una variedad de cuatro dimensiones para la que utilizamos el índice μ. Cada uno de los vectores tridimensionales definidos en la Ec. (1) constituye el componente espacial de los siguientes vectores de cuatro dimensiones:

$$V_\mu^{(1)} = (V_0^{(1)}, -\boldsymbol{V}^{(1)}) \tag{11}$$

$$V_\mu^{(2)} = (V_0^{(2)}, -\boldsymbol{V}^{(2)}) \tag{12}$$

$$V_\mu^{(3)} = (V_0^{(3)}, -\boldsymbol{V}^{(3)}) \tag{13}$$

El vector completo en cuatro dimensiones es la suma de estos tres vectores:

$$V_\mu = V_\mu^{(1)} + V_\mu^{(2)} + V_\mu^{(3)} \tag{14}$$

De manera que existen tres componentes temporales, y la componente temporal completa es su suma:

$$V_\mu = V_0^{(1)} + V_0^{(2)} + V_0^{(3)} \tag{15}$$

En cuatro dimensiones el índice a es:

$$a = (0)\,, (1), (2), (3) \tag{16}$$

De manera que en general también existe la componente $V_0^{(0)}$. Estos elementos fundamentales siempre podrán expresarse como elementos de una tétrada y definidos como una matriz de 4 x 4 como sigue:

$$X^a = V_\mu^a \, X^\mu \tag{17}$$

Se deduce a partir de lo anterior que cualquier vector de cuatro dimensiones puede definirse como una cantidad con valor escalar multiplicada por una tétrada de Cartan:

$$V_\mu^a = V \, q_\mu^a \tag{18}$$

Por lo tanto la geometría diferencial de Cartan puede aplicarse a cualquier vector de cuatro dimensiones. Normalmente se aplica a la tétrada. Por ejemplo, la primera ecuación de estructura de Cartan define la torsión de Cartan a partir de la tétrada. Esta última constituye el elemento fundamental de construcción porque, tal como se ha argumentado, consiste de componentes fundamentales del campo vectorial completo. El análisis vectorial de Heaviside Gibbs restringe esta consideración sólo a $\boldsymbol{V}$, pero el análisis de la tétrada demuestra que $\boldsymbol{V}$ posee una estructura interna.

Por lo tanto, en cuatro dimensiones se definen los vectores fundamentales:

$$V_\mu^{(0)} = (V_0^{(0)}, \mathbf{0}) \tag{19}$$

$$V_\mu^{(1)} = (V_0^{(1)}, -\boldsymbol{V}^{(1)}) \tag{20}$$

$$V_\mu^{(2)} = (V_0^{(2)}, -\boldsymbol{V}^{(2)}) \tag{21}$$

$$V_\mu^{(3)} = (V_0^{(3)}, -\boldsymbol{V}^{(3)}) \tag{22}$$

La Ec. (19) significa que los componentes espaciales de $V_\mu^{(0)}$son iguales a cero por definición, debido a que el supraíndice (0) es temporal por definición. No existen componentes espaciales de una propiedad temporal. Por otra parte, un vector tal como $V_\mu^{(1)}$ es un cuatro vector, de manera que $V_0^{(1)}$en general es su componente temporal distinto de cero. En general la tétrada de Cartan viene definida {2} por:

$$X^a = q_\mu^a X^\mu \tag{23}$$

donde *X* denota cualquier campo vectorial. Por lo tanto la geometría de Cartan extiende el análisis vectorial de Heaviside Gibbs, y este descubrimiento puede aplicarse sistemáticamente a la física, en especial a la dinámica. El análisis de Heaviside Gibbs se encuentra restringido a un espacio tridimensional sin conexión, es decir un espacio plano. Utilizando la geometría diferencial de Cartan puede extenderse el análisis a cualquier espacio de cualquier número de dimensiones mediante el empleo de la conexión de espín de Cartan. Utilizando este procedimiento todas las ecuaciones de la física se han deducido sistemáticamente dentro de una estructura unificada, produciendo así la primera teoría del campo unificado exitosa {8-12}.

3. APLICACIÓN A LA VELOCIDAD EN DINÁMICA

Apliquemos este método al concepto de velocidad en dinámica. La tétrada de velocidad es:

$$\mathrm{v}_{\mu}^{a} = \mathrm{v} \; q_{\mu}^{a} \tag{24}$$

donde v es la magnitud escalar de la velocidad, es decir, la rapidez de movimiento. El potencial gravitacional se define como:

$$\begin{aligned}\Phi_{\mu}^{a} &= c \; \mathrm{v}_{\mu}^{a} \\ &= \Phi \; \mathrm{q}_{\mu}^{a}\end{aligned} \tag{25}$$

Análogamente el potencial electromagnético también se define en términos de la tétrada en la teoría ECE:

$$A_{\mu}^{a} = A^{(0)} q_{\mu}^{a} \tag{26}$$

El campo electromagnético se define en términos de la torsión de Cartan:

$$F_{\mu\nu}^{a} = A^{(0)} T_{\mu\nu}^{a} \tag{27}$$

Y de la misma manera el campo gravitacional se define en términos de la torsión:

$$g_{\mu\nu}^{a} = \Phi \; T_{\mu\nu}^{a} \tag{28}$$

La aceleración debida a la gravedad en la teoría ECE es, por lo tanto, parte de la torsión, de manera que la aceleración en dinámica en general también es parte de la torsión. Se define convenientemente la aceleración como:

$$a_{\mu\nu}^{a} = c\,\mathrm{v} \; T_{\mu\nu}^{a} \tag{29}$$

En notación vectorial, la Ec. (29) se divide en dos ecuaciones:

$$\boldsymbol{a}^{a} = -\frac{\partial \mathbf{v}^{a}}{\partial t} - c\,\nabla \mathrm{v}_{0}^{a} - c\,\omega_{0b}^{a} \mathbf{v}^{b} + c\,\mathrm{v}_{0}^{b} \boldsymbol{\omega}_{b}^{a} \tag{30}$$

y

$$\boldsymbol{\Omega}^{a} = \nabla \times \mathbf{v}^{a} - \boldsymbol{\omega}_{b}^{a} \times \mathbf{v}^{b} \tag{31}$$

La conexión de espín se define como:

$$\omega^a_{\mu b} = (\omega^a_{0b}\ , -\boldsymbol{\omega}^a_b\ ) \tag{32}$$

En notación tensorial, la relación entre la aceleración y la velocidad en dinámica de relatividad general es:

$$\begin{aligned} a^a_{\mu\nu} &= c\ (\ \partial_\mu\ \mathrm{v}^a_\nu - \partial_\nu\ \mathrm{v}^a_\mu + \omega^a_{\mu b}\mathrm{v}^b_\nu - \omega^b_{\nu b}\mathrm{v}^b_\mu\ ) \\ &= c\ (\ \partial_\mu\ \mathrm{v}^a_\nu - \partial_\nu\ \mathrm{v}^a_\mu + \mathrm{v}\ (\omega^a_{\mu\nu} -\ \omega^a_{\nu\mu}\ )) \end{aligned} \tag{33}$$

De manera que las Ecs. (30) y (31) pueden simplificarse a:

$$\boldsymbol{a}^a = -\ \frac{\partial \mathbf{v}^a}{\partial t} - \nabla\Phi^{\boldsymbol{a}} + c\mathrm{v}\ \boldsymbol{\omega}^a_{orbital} \tag{34}$$

y

$$\boldsymbol{\Omega}^a =\ \nabla\ \times\ \mathbf{v}^{\ a}\ +\ \mathrm{v}\ \boldsymbol{\omega}^a_{espin} \tag{35}$$

donde:

$$\boldsymbol{\omega}^a_{orbital} =\ (\omega^a_{01} - \omega^a_{10}\ )\ \mathbf{i}\ + (\omega^a_{02} - \omega^a_{20}\ )\ \mathbf{j} + (\omega^a_{03} - \omega^a_{30}\ )\ \mathbf{k} \tag{36}$$

y

$$\boldsymbol{\omega}^a_{espin} =\ (\omega^a_{32} - \omega^a_{23}\ )\ \mathbf{i}\ + (\omega^a_{13} - \omega^a_{31}\ )\ \mathbf{j} + (\omega^a_{21} - \omega^a_{12}\ )\ \mathbf{k} \tag{37}$$

y donde:

$$\mathrm{v}\ \boldsymbol{\omega}^a_{orbital} = \omega^a_{0b}\ \mathbf{v}^{\ b} + \mathrm{v}^b_0\boldsymbol{\omega}^a_b \tag{38}$$

y

$$\mathrm{v}\ \boldsymbol{\omega}^a_{espin} = -\ \boldsymbol{\omega}^a_b \times \mathbf{v}^{\ b} \tag{39}$$

Las Ecs. (38) y (39) son aceleraciones del tipo de Coriolis debido a torsión orbital y de espín. La Ec. (34) muestra que la aceleración se debe al ritmo de cambios de velocidad y también a gradiente de potencial. Si el marco inercial de la dinámica newtoniana se define como espacio tiempo plano (ausencia de conexión) entonces en el marco inercial:

$$\boldsymbol{a}^a \longrightarrow\ -\ \frac{\partial \mathbf{v}^a}{\partial t} - \nabla\Phi^{\boldsymbol{a}} \tag{40}$$

$$\boldsymbol{\Omega}^a \longrightarrow\ \nabla\ \times\ \mathbf{v}^{\ a} \tag{41}$$

El principio de equivalencia supone que:

$$- \frac{\partial \mathbf{v}^a}{\partial t} = - \nabla \Phi^{\boldsymbol{a}} \tag{42}$$

Lo cual es el resultado directo de la ley de antisimetría de la teoría ECE {8-10}:

$$\partial_\mu \, \mathrm{v}_\nu^a = - \, \partial_\nu \, \mathrm{v}_\mu^a \tag{43}$$

cuando

$$\mu = 0 \quad , \quad \nu = 1 \tag{44}$$

Q.E.D. La fuerza se define como la masa multiplicada por la aceleración, de manera que:

$$\boldsymbol{F}^a = - \, m \frac{\partial \mathbf{v}^a}{\partial t} = - \, m \, \nabla \Phi^{\boldsymbol{a}} \tag{45}$$

lo cual es una generalización de la expresión habitual del principio de equivalencia supuesto por Newton, pero nunca demostrado por Newton. Este documento sugiere un origen geométrico del principio de equivalencia, y los métodos empleados en este documento pueden extenderse a todo el campo de la dinámica. Esto será el tema de futuros documentos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Gobierno Británico por la Pensión Civil vitalicia y el Escudo de Armas que me fueran otorgados como reconocimiento a contribuciones fundamentales al campo de la ciencia. Se agradece a colegas alrededor del mundo por muchas discusiones interesantes. Se agradece al Grupo de Alex Hill por el tipografiado de este documento.

REFERENCIAS

{1} J. B. Marion y S. T. Thornton, "Classical Dynamics" (HBC College Publishers, Nueva York, 1988, 3a edición).

{2} S. P. Carroll, "Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity" (Addison Wesley, Neva York, 2004).

{3} D. Reed en M. W. Evans (recop.), "Modern Non-Linear Optics", una edición de un tema especial de "Advances in Chemical Physics", vol. 119(3), pp. 525 y sigs. (2001, segunda edición).

{4} H. E. Moses, SIAM J. Applied Mech., 21(1), 114 (1971).

{5} B. L. Silver, "Irreducible Tensor Methods" (Academic, Nueva York, 1976).

{6} M. W. Evans, reseñado en la referencia (3) partes 2 y 3.

{7} J. D. Jackson, "Classical Electrodynamics" (Wiley, 1999, tercera edición).

{8} M. W. Evans, "Generally Covariant Unified Field Theory" (Abramis 2005 y sigs.), en seis volúmenes a la fecha, con el volume siete en prensa.

{9} Los portales de ECE , www.aias.us y www.atomicprecision.com, artículos y libros por parte de estudiosos de la teoría ECE y otros.

{10} L. Felker, "The Evans Equations of Unified Field Theory" (Abramis 2007).

{11} K. Pendergast, "The Life of Myron Evans" (Abramis, 2010 en prep.).

{12} M. W. Evans, H. Eckardt, S. Crothers y K. Pendergast, "Criticisms of the Einstein Field Equations" (Abramis 2010 en prep.)