Comunicaciones Segunda época Vol. 1 Marzo 1972 No.1

PULSOS ELECTROMAGNETICOS PLANOS EN SISTEMAS DE REFERENCIA INERCIALES QUE ESTAN EN MOVIMIENTO RELATIVO UNIFORME EN EL VACIO

José Mario Saca
Departamento de Física
Universidad de El Salvador
17 de enero de 1 9 7 2

RESUMEN

Aquí se discute el movimiento de pulsos electromagneticos planos en dos sistemas de referencia inerciales que están en movimiento relativo uniforme en el vacío. Se demuestra que si se tiene un pulso de luz plano en uno de los sistemas, entonces,también en el otro sistema se tendrá un pulso plano. El presente análisis puede servir como instrumento pedagógico en la teoría especial de la relatividad.

INTRODUCCION

Es poco frecuente encontrar discusiones con relación a pulsos electromagnéticos planos. LOEDEL (1955) los utiliza para facilitar la comprensión de la relatividad de la simultaneidad, así como para la deducción de las transformaciones de Lorentz. Es más común encontrar discusiones acerca de pulsos electromagnéticos esféricos (BUECHE, 1969; GOLDSTEIN, 1965; JACKSON, 1963).

En este trabajo se desarrollará el análisis físico-matemático relacionado con el movimiento de pulsos planos en sistemas de referencia inerciales que están en movimiento relativo uniforme.

DESARROLLO

Para comenzar, imaginense en el vacío dos sistemas de referencia inerciales: S' con coordenadas X' Y' Z' y S con coordenadas XYZ. Los ejes X y X' son coincidentes y están orientados hacia la derecha. El sistema S' viaja con una velocidad constante $\vec{v}$ con respecto a S en la dirección de los ejes X y X', hacia la derecha. Supóngase, además, que los orígenes de S y S' coinciden cuando los relojes de ambos sistemas indican cero para los tiempos respectivos.

Las transformaciones (invertidas) de Lorentz para esta situación son:

$$x = \gamma(x' + vt') \tag{1}$$

$$y = y' \tag{2}$$

$$z = z' \tag{3}$$

$$t = \gamma\left[t' + (v/c)^2 x'\right] \tag{4}$$

en donde c es la rapidez de la luz en el vacío y

$$\gamma = \left[1 - (v/c)^2\right]^{-1/2}$$

El movimiento del plano de un pulso de luz en el sistema S puede ser representado por la ecuación:

$$\hat{k}\cdot\vec{r} - ct = A$$

o, por la forma escalar equivalente:

$$x\cos\alpha_1 + y\cos\alpha_2 + z\cos\alpha_3 - ct = A \qquad (5)$$

en las dos ecuaciones anteriores, respectivamente, $\hat{k}$ es un vector unidad, constante, que tiene la dirección de propagación del pulso y es perpendicular al plano de éste; $\vec{r}$ es un vector dibujado desde el origen del sistema S hasta un punto cualquiera del plano del pulso; A es la distancia perpendicular al plano desde el origen del sistema S y en el instante $t = 0$; las cantidades $\cos\alpha_i$ $(i = 1,2,3)$ son los cosenos directores del vector unidad $\hat{k}$ (los subíndices de los ángulos α_i corresponden a los ejes XYZ siguiendo el orden numérico).

Al poner en la ecuación (5) los valores de x, y, z, y de t, dados por las ecuaciones (1) a la (4), se obtiene:

$$x'\cos\alpha_1' + y'\cos\alpha_2' + z'\cos\alpha_3' - ct' = A'$$

en donde $\cos\alpha_i'$ $(i = 1,2,3)$ son los cosenos directores de la dirección de propagación de un pulso plano en el sistema S', y están dados por:

$$\cos\alpha_1' = \left[\frac{\cos\alpha_1 - (v/c)}{1 - (v/c)\cos\alpha_1}\right]$$

$$\cos\alpha_2' = \frac{\cos\alpha_2}{\gamma\left[1 - (v/c)\cos\alpha_1\right]}$$

$$\cos\alpha_3' = \frac{\cos\alpha_3}{\gamma\left[1 - (v/c)\cos\alpha_1\right]}$$

La suma de los cuadrados de estas cantidades es igual a 1 como puede verificarse. La cantidad A' es la distancia perpendicular al plano del pulso desde el origen de S' y en el instante $t' = 0$. Esta nueva distancia está relacionada con la distancia A por medio de la relación:

$$A' = \frac{A}{\gamma\left[1 - (v/c)\cos\alpha_1\right]}$$

CONCLUSIONES

Se ha demostrado que ambos pulsos son planos; pero es importante recordar el hecho de que los eventos que corresponden a "detectar" el plano del pulso en un sistema, no son los mismos que aquellos que corresponden a la "detección" del plano del pulso del otro sistema.

El análisis que aquí se ha desarrollado proporciona también los resultados, a través de los cosenos directores, de la aberración de la luz en tres dimensiones.

AGRADECIMIENTOS

El autor está agradecido con todas las personas que hicieron posible la publicación de este manuscrito. Merecen reconocimiento especial la Dirección y la Secretaría del Instituto de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad de El Salador.

ABSTRACT

In this article, the motion of plane electromagnetic pulses in two inertial frames having a uniform relative motion in a vacuum is discussed. It will be shown that if one has a plane electromagnetic pulse in one of the frames, then one will also have a plane pulse in the other frame. The analysis given here may be useful in teaching the theory of special relativity.

EXTRAIT

Ici on discute le mouvement pulsatoire électromagnétique plan dans deux systèmes de référence d' inertie qui ont un mouvement relatif uniforme dans le vide. On démontre que si on a une pulsation électromagnétique plan dans un des deux systèmes, alors on en aura aussi dans l'autre.

Le présent travail peut servir comme un instrument pédagogique dans la théorie de la relativité spéciale.

LITERATURA CITADA

Bueche F. "Introduction to Physics for Scientists and Engineers" Mc Graw-Hill Co. New York, Págs. 95-97. (1969).

Goldstein H. "Classical Mechanics" Addison-Wesley Publishing Co. Reading Massachusetts, Págs. 187-194, (seventh printing, 1965).

Jackson J. D. "Classical Electrodynamics" John Wiley and Sons, Inc. New York. Págs. 352-357, (third printing, 1963).

Loedel E. "Física Relativista" Editorial Kapelusz. Buenos Aires, Págs. 48-56.(1955).