

ESPINORES Y FÍSICA DE PARTÍCULAS

Yadir Garnica

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

alex_garnica_417@hotmail.com

Presento el concepto de espinores, desde el punto de vista de la solución de la ecuación de Dirac para el electrón. Muestro al espinor desde una perspectiva geométrica para poder analizar sus características básicas, enfatizando en la invariancia de Lorentz, mostrando una alternativa para conceptualizar fenómenos físicos que requieran estar conectados con la teoría de la relatividad especial.

INTRODUCCIÓN

En el marco del análisis del mundo subatómico se tienen diferentes tipos de partículas, clasificadas (actualmente) en un marco conceptual llamado modelo estándar de partículas. Una de las magnitudes físicas que diferencian las distintas partículas elementales es conocida como *espín*. El espín es un grado de libertad asociado con el momento angular intrínseco de las partículas. Para cada tipo de espín se necesita un distinto tipo de entidad matemática para su estudio (Arfken y Weber, 1985; Shiff, 1949). Para las partículas de espín 1/2 como los electrones, el primer análisis coherente fue obtenido por Pauli a través de un conjunto de matrices conocidas actualmente como matrices de Pauli, las cuales complementan el formalismo no relativista dado por la ecuación de Schrödinger, permitiendo una congruencia entre las predicciones teóricas y los resultados experimentales asociados al espectro del átomo de hidrógeno (Weinberg, 1995).

Con el ánimo de encontrar una teoría que involucrara el espín dentro de la teoría desde el inicio y no como una añadidura, Dirac en 1928 propone un modelo que incluye el espín del electrón desde el inicio de la teoría. La ecuación de Dirac para el electrón tiene la forma:

$$i\hbar\gamma^\mu \frac{\partial\psi}{\partial x^\mu} - mc\psi = 0$$

donde los términos γ^μ son matrices 4×4 . La solución de la ecuación de Dirac con la elección apropiada para las matrices γ^μ (cuando se habla de elección apropiada se pretende que todas las componentes de la solución tengan signi-

ficado físico), se puede escribir como un vector columna de 4 componentes (Weinberg, 1995), el cual da información sobre una partícula y su respectiva antipartícula. Esta entidad es conocida como un *espinor*, el cual además de expresar de manera coherente el nuevo grado de libertad asociado con el espín, preserva la invariancia de Lorentz, requisito fundamental para una teoría relativista del electrón. Se define un espinor como “Un objeto que se transforma en su negativo cuando sufre una rotación completa de 2π ” (Penrose, 2004/2006). Para representar un objeto espinorial, se puede pensar en un objeto ordinario en el espacio, que posee una atadura flexible a una estructura rígida. Aunque la atadura puede moverse de manera continua, sus extremos deben permanecer fijos: uno en el objeto y otro en la estructura fija, tal que si, por ejemplo, rotamos un ángulo recto alrededor del eje j y después le hacemos seguir una rotación de un ángulo recto alrededor del eje i obtenemos que es equivalente a una rotación alrededor del eje k .

CONCLUSIONES

El formalismo espinorial involucra implícitamente el concepto de espín, por lo cual es una herramienta conceptual poderosa para explicar esta magnitud física desde un punto de vista geométrico (Misner, Thorne y Wheeler, 1973).

Al formalizar un álgebra espinorial dentro de un campo espinorial (campo vectorial complejo), se puede estructurar fácilmente la invariancia relativista dentro de una teoría de campos cuánticos (Torres, 1987).

REFERENCIAS

- Arfken, G. y Weber, H.J. (1985). *Mathematical methods for physicists*. San Diego, EUA: Academic Press, Inc.
- Misner C., Thorne, K. y Wheeler J. (1973). *Gravitation*. San Francisco, EUA: W.H. Freeman.
- Penrose, R. (2006). *El camino a la realidad. Una guía completa a las leyes del universo* (Javier García, Tr.). Barcelona, España: Debate (primera edición en inglés, 2004).
- Shiff, L. (1949). *Quantum mechanics*. New York, EUA: McGraw-Hill Book Company.
- Torres, G. (1987). De la ecuación de Dirac a los espinores. *Revista Mexicana de Física*, 33(1), 115-137.
- Weinberg, S (1995). *Quantum theory of fields*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.