

Ensayo 23: La Ecuación del Fermión.

Traducción: Alex Hill

La ecuación del fermión surgió a partir de la teoría ECE alrededor del año 2009 (documentos UFT 129 y 130) y se desarrolla a partir del documento UFT 172. La ecuación del fermión sólo pudo haber sido inferida a partir de una exitosa teoría del campo unificado covariante generalizada, y de esta forma contesta afirmativamente la pregunta respecto de si la teoría ECE posee o no ventajas - resulta claro para todos que la misma posee ventajas mayores, las cuales apenas estamos comenzando a explorar. El fermión recibió su nombre en honor a Enrico Fermi, y puede considerarse como una partícula con un espín de media integral; un ejemplo es el electrón, otro es su antipartícula, el positrón. El término "espín de media integral" constituye una forma oscura para describir propiedades espectrales que fueron observadas por primera vez hace más de un siglo en el efecto Zeeman, es decir el efecto de un campo magnético sobre los espectros atómicos. Los espectros mostraban anomalías, y no podían explicarse fácilmente sin la introducción de una nueva clase de momento angular, denotada S , el momento angular de espín. Hasta entonces se consideraba al momento angular en el sentido clásico del producto vectorial entre r y p , o sea posición y momento, y denominado L . El nuevo tipo de momento angular total se denominó $L + 2S$, y esa es la forma en la cual los químicos aún hoy día aprenden sobre este tema.

Cuando Erwin Schroedinger infirió su célebre ecuación, a mediados de la década de 1920, no se incorporó el momento angular de espín. En consecuencia, la ecuación de Schroedinger describe ciertas características del espectro atómico del hidrógeno (H) pero no otras. Estas últimas se conocen como "estructura fina". Ciertas líneas en el espectro están divididas, y esta división requería de una nueva explicación. Stern y Gerlach habían llevado a cabo un experimento en el cual un rayo de electrones pasaba entre los polos de un poderoso imán. El rayo de electrones se dividía en dos componentes, mostrando que el electrón tenía una propiedad desconocida hasta entonces. Se comprendió que esta propiedad estaba relacionada con el efecto anómalo de Zeeman en los espectros atómicos, y se debía al momento angular de espín S . Wolfgang Pauli se dio cuenta de que el espín de media integral podía describirse a través de matrices de 2×2 mediante ciertas propiedades denominadas en matemáticas como propiedades del conmutador. El conmutador contenía el factor $1/2$ necesario para explicar el espín de media integral. Cuando se incorporan las matrices de Pauli a la ecuación de Schroedinger, es posible explicar el efecto Zeeman anómalo a través de lo que se conoce como el factor Landé, o factor $g = 2$ del electrón. Este último puede tener un valor de espín igual a un medio o a menos un medio, explicando el experimento de Stern Gerlach mediante el empleo de matrices de Pauli.

Paul Dirac comenzó a meditar respecto de cómo incorporar estos resultados, y la entonces nueva mecánica cuántica de matrices de Werner Heisenberg, en la mecánica cuántica y que la misma cupiese en la relatividad restringida de Albert Einstein. La ecuación de energía de este último, inferida alrededor de 1905, es cuadrática en la energía relativista total denotada mediante el símbolo E . Posee el formato $E^2 = c^2 p^2 + m^2 c^4$, donde $E_0 = mc^2$ es la energía en reposo. El problema que enfrentó Dirac fue cómo incorporar el formato del operador de mecánica cuántica para p y E . Dentro de la relatividad restringida esto debía llevarse a cabo mientras que simultáneamente se mantenía intacta la interpretación probabilística de Marx Born acerca de la función de onda. La probabilidad debía de ser rigurosamente no negativa a la vez que también adecuadamente relativista, la parte escalar de la cuatro-corriente de probabilidad. La intención de

Dirac era obtener una ecuación diferencial de primer orden similar a la ecuación de Schroedinger que dependía del tiempo. Resolvió el problema en forma matemática mediante el empleo del álgebra de Clifford del siglo XIX para obtener una ecuación en la que se incorporaba un conjunto de cuatro matrices de 4×4 conocidas como las matrices de Dirac. La función de onda de la ecuación de Dirac debía de ser un vector columna con cuatro entradas, los espinotensores de derecha e izquierda de Pauli colocados uno encima del otro.

Este procedimiento le pareció artificial a Heisenberg, y éste reaccionó enérgicamente en contra de la ecuación de Dirac, denominándola un "punto bajo en la física". Sin embargo, pronto resultó claro que el hamiltoniano de la ecuación de Dirac producía el factor Landé y el factor Thomas relativista, inferido entre 1926 y 1927 por Llewelyn Thomas, a la vez que brindaba una probabilidad de Born rigurosamente no negativa. Más aún, la cuatro-corriente de probabilidad se conservaba adecuadamente. El factor de Thomas aparece en los espectros a través de una interacción orbital de espín, la cual provoca la división de ciertas líneas. Sin embargo, la ecuación de Dirac poseía un defecto fundamental - parecía producir energía negativa. Este concepto ha causado incomodidad en la física teórica durante 80 años, hasta el surgimiento de la ecuación del fermión de la teoría ECE.

La ecuación del fermión es una ecuación diferencial de primer orden en matrices de Pauli de 2×2 , y brinda la misma información ofrecida por la ecuación matricial de Dirac de 4×4 sin el problema de la energía negativa. Esto significa que la ecuación del fermión es la primera ecuación verdadera de una partícula aislada para el electrón y el positrón, y para todos los otros fermiones en la física de partículas. Las ventajas de la ecuación del fermión son múltiples, y actualmente sólo se comienzan a descubrir. En especial, la ecuación del fermión no tiene eigenvalores de energía negativa, de manera que no se requiere de una interpretación de partículas múltiples, tampoco se requiere de una mar de Dirac y tampoco de algún desarrollo en teoría de campo cuántico basada en el mar de Dirac. La ecuación del fermión forma parte de una teoría del campo unificado covariante generalizada, y fue inferida a partir de la teoría ECE, la cual demostró que el espinotensor del fermión debía de ser una matriz de 2×2 y no un vector columna. Esta matriz de 2×2 constituye un ejemplo de una tétrada de Cartan en el espacio complejo de dos dimensiones. La ecuación del fermión es, por lo tanto, covariante generalizada, en tanto que la ecuación de Dirac sólo es covariante según Lorentz. Tal como lo demuestra Lewis Ryder, la ecuación de Dirac es una forma de expresar la transformación del Lorentz de los dos espinotensores de Pauli, derecho e izquierdo; de esta manera la ecuación del fermión logra este elegante resultado en una manera más sencilla y más poderosa.

Por lo tanto, toda la mecánica cuántica relativista y la teoría del campo cuántico pueden desarrollarse nuevamente sobre la base de la ecuación del fermión y dentro del contexto de una teoría del campo unificado covariante generalizada, la cual es mucho más sencilla y poderosa que los intentos del modelo establecido de desarrollar una teoría del campo unificado durante el siglo XX. Las soluciones de la ecuación del fermión pueden comprenderse de una manera mucho más clara que aquellos de la ecuación de Dirac, debido a que no hay eigenfunciones de la ecuación del fermión que conduzcan a eigenvalores de energía negativa, movimientos de retroceso en el tiempo y demás. Éstos eran artificios matemáticos de una teoría incompleta y excesivamente complicada. En la química cuántica computacional, la ecuación del fermión posee una estructura más sencilla y puede resolverse numéricamente de una manera más simple. La unificación del campo del fermión con los campos gravitacional, electromagnético, débil y fuerte se ha logrado sobre la base de geometría de Cartan, debido a que todas las eigenfunciones son tétradas de

varios tipos en el espaciotiempo general. Finalmente, la prescripción mínima se incorpora fácilmente en la ecuación del fermión, la cual puede resolverse en forma directa a través del nuevo método del medio operador explicado en el documento UFT 173. La prescripción mínima puede utilizarse para cualquier campo.