TEORÍA ECE2

EL SEGUNDO CAMBIO PARADIGMÁTICO

Myron W. Evans, Horst Eckardt,
Douglas W. Lindstrom, Stephen Crothers

Traducción: Alex Hill

2017

CAPÍTULO UNO

ECE2: EL SEGUNDO CAMBIO PARADIGMÁTICO.

El primer volumen de este libro [1-12], se titula "Principios de la Teoría ECE: Un nuevo cambio paradigmático en la Física”, (PECE) un cambio paradigmático que se basa en la geometría.”*Ubi materia ibi geometría*”, significa “donde hay materia hay geometría”, y fue una afirmación utilizada por Johannes Kepler hace varios siglos. La enseñanza de la teoría ECE en los portales www.aias.us y www.upitec.org ha provocado un gran impacto en la física, y el gran cambio paradigmático se ha desarrollado rápidamente. PECE describió el desarrollo de esta teoría hasta principios del año 2014. Desde entonces, se han publicado un centenar de nuevos documentos técnicos, de manera que resulta importante y oportuno recopilar los principales avances que ellos contienen, comenzando con el documento UFT313. Este documento desarrolla la rigurosa segunda identidad de Bianchi, utilizando las identidades de Jacobi y Ricci. Éste fue el método utilizado por Bianchi, y previamente por Ricci. Sin embargo, la torsión del espacio-tiempo no se conocía en su época, de manera que procedieron con una teoría basada sólo en su curvatura. UFT313 corrige rigurosamente su trabajo por la presencia de la torsión, inferida inicialmente por Cartan y otros, a principios de la década de 1920. Al basar la corrección en la identidad fundamental de Jacobi, emerge una rigurosa nueva identidad, denominada la identidad de Jacobi Cartan Evans (JCE), puramente con el objeto de distinguirla de otras identidades en la literatura.

El primero, y ahora célebre, desarrollo de la segunda identidad de Bianchi en el documento UFT88, ha recorrido las mejores universidades del mundo, porque es el primer documento que llama la atención en cuanto a que la estructura de la relatividad general einsteiniana cambia completa y fundamentalmente por causa de la torsión. La teoría ECE se basa en la torsión, y desde un principio reestableció la geometría correcta. UFT88 se vio seguido por el documento UFT99, que utiliza el método del conmutador para demostrar que, si la torsión es igual a cero, entonces la curvatura también es igual a cero. De manera que al no tomar en cuenta la torsión significa que la teoría de Einstein es fundamentalmente errónea. La curvatura einsteiniana se vuelve igual a cero, de manera que su campo gravitacional es igual a cero, *reductio ad absurdum*. A partir del documento UFT99, se obtuvo alrededor de una docena de demostraciones definitivas, y todas han sido leídas ávidamente durante casi una década, sin que se detectasen objeciones. Nada podría hacer una demostración más clara acerca del fracaso completo de la teoría einsteiniana. Fue una teoría influyente en su época, pero el progreso significa que ahora se ha vuelto obsoleta. Los documentos UFT muestran ahora muchos defectos en la teoría de Einstein, la cual resulta muy mejorada por la teoría ECE2.

Se decidió basar la teoría ECE2 en la identidad de JCE porque la misma se basa, a su vez, en la rigurosa identidad de Jacobi. Esto requirió del empleo de la identidad de torsión de Evans del documento UFT 109, y de la identidad de Ricci generalizada para la torsión. El álgebra tensorial del documento UFT313 debe de traducirse al álgebra vectorial, con el objeto de definir la geometría de las ecuaciones de campo de la teoría ECE2. Éstas son ecuaciones de campo de la gravitación, electrodinámica, dinámica de fluidos y de hecho cualquier área de la física, una demostración del significado fundamental de una teoría del campo unificado covariante generalizada. Esta traducción al álgebra vectorial se llevó a cabo en el documento UFT314, y forma parte del Capítulo 2 sobre geometría. El Capítulo 2 es una sinopsis de los documentos UFT313, UFT314 y UFT354. Éste último demuestra que una consideración correcta de la torsión en el teorema fundamental de compatibilidad métrica cambia completamente la relación entre la conexión y la métrica utilizadas por Ricci, Bianchi y posteriormente Einstein. UFT354 concluye que el tensor de torsión debe de ser completamente anti-simétrico, en sus tres índices, un nuevo descubrimiento en geometría fundamental que va más allá de la obra de Cartan. Esto significa que la ecuación de campo de Einstein es completamente incorrecta. La ecuación de campo de Einstein fue abandonada luego de que los descubrimientos e implicaciones del documento UFT88 fuesen aceptados a nivel mundial.

La geometría vectorial ECE2 del documento UFT314 genera una estructura esencialmente similar a las ecuaciones de campo electromagnéticas de la relatividad restringida, las cuales son covariantes según Lorentz en un espacio-tiempo de Minkowski, como es bien sabido. Sin embargo, en el espacio-tiempo de Minkowski tanto la torsión como la curvatura son iguales a cero. Las ecuaciones de campo ECE2 son covariantes generalizadas en un espacio matemático en el que tanto la torsión como la curvatura deben ser distintos de cero. Esto constituye un requisito fundamental de cualquier geometría en cualquier espacio matemático de cualquier número de dimensiones. Tal como se demostró en el documento UFT99, el requisito resulta a partir de la acción del conmutador de derivadas covariantes sobre cualquier tensor, por ejemplo un vector. El resultado de la operación del conmutador sobre el vector es la definición de la curvatura y la torsión simultáneamente. Esto se demuestra con todo detalle en el documento UFT99 y en las demostraciones definitivas. Estas últimas son simplificaciones del UFT99. La física obsoleta eliminaba arbitrariamente el tensor de torsión mediante el empleo de una conexión simétrica, y continuó despreciando incorrectamente la torsión. La conexión simétrica implica un conmutador simétrico, el cual desaparece, de manera que la curvatura desaparece si se desprecia arbitrariamente la torsión. La teoría ECE no utiliza una "censura" arbitraria de la torsión.

El documento UFT315 introdujo un nuevo axioma fundamental, el cual demostró que las ecuaciones de campo podrían basarse en curvatura tanto como en torsión. Este descubrimiento extiende ampliamente el alcance de las ecuaciones de campo ECE originales. Las ecuaciones basadas en la curvatura se basaban en la identidad JCE. Este nuevo axioma constituye la base de la teoría ECE2 y se desarrolla en el Capítulo 3, acerca de la electrodinámica y la gravitación, y en los capítulos siguientes. Las ecuaciones de campo se simplificaron mediante la eliminación de índices de Cartan internos, de manera que su estructura matemática también se simplifica. Su aspecto resulta idéntico a las ecuaciones de campo de Maxwell Heaviside (MH), pero con grandes diferencias y ventajas. La diferencia clave es que las ecuaciones de campo de la teoría ECE2 son covariantes generalizadas, en un espacio con curvatura y torsión distintas de cero. La covariancia generalizada de la teoría ECE2 se reduce a la covariancia de Lorentz, pero el espacio matemático subyacente es uno en el que tanto la torsión como la curvatura son ambos distintos de cero. Esto recibió el nombre de "covariancia ECE2".

Las ecuaciones de campo ECE2 de la electrodinámica, gravitación, dinámica de fluidos, y cualquier otro tema de la física, son todas covariantes según Lorentz en un espacio con torsión y curvatura finitas. La propiedad de la covariancia según Lorentz posee la gran ventaja de permitir el empleo de propiedades que, hasta el surgimiento de la teoría ECE2, se asociaban con la relatividad restringida en un espacio-tiempo plano de Minkowski. Por ejemplo, el hamiltoniano y el lagrangiano, y la ecuación de fuerza de Lorentz. Sin embargo, la teoría ECE2 posee una estructura considerablemente más rica que la relatividad restringida, y posee la suprema ventaja de ser capaz de unificar aquellos que se consideran como los campos de fuerza fundamentales de la naturaleza: la gravitación, el electromagnetismo, y los campos nucleares débil y fuerte. La unificación se lleva a cabo con covariancia ECE2.

La teoría ECE2 ofrece una flexibilidad mucho mayor en las definiciones de campos y potenciales en comparación con la teoría ECE, de manera que posee un amplio campo de desarrollo. El Capítulo 3 de este libro ejemplifica este desarrollo a través de los documentos UFT315 a UFT319, los cuales definen las ecuaciones de campo ECE2 de la gravitación y del electromagnetismo, y dan origen a varias inferencias completamente originales.

En el documento UFT316, los axiomas previos de la teoría ECE, basados en la torsión, se vieron incrementados por los axiomas basados en la curvatura, y esto constituye el avance clave aportado en aquello que ahora se conoce como la teoría ECE2. Por ejemplo, la densidad de flujo magnético puede definirse en la teoría ECE2 como proporcional a la torsión de espín, y también proporcional a la curvatura de espín. En el primer caso, la proporcionalidad es la magnitud escalar del potencial vectorial, mientras que en el segundo caso posee las unidades de flujo magnético, que se conocen como *weber*. Análogamente, la fuerza de campo eléctrico se define en la teoría ECE2 como proporcional a la torsión orbital, y también proporcional a la curvatura orbital. Otro descubrimiento clave del documento UFT316 es que pueden eliminarse los índices internos de Cartan, lo cual trae como resultado que sean ecuaciones de campo con un aspecto idéntico a las ecuaciones de Maxwell Heaviside (MH), pero con la diferencia de que éstas últimas son ecuaciones de campo definidas en un espacio con torsión y curvatura iguales a cero. Esto constituye la esencia de la teoría ECE2.

En el documento UFT317, se incluye el conjunto completo de ecuaciones de la electrodinámica ECE2 sin los índices internos de Cartan. En general, la densidad de corriente de carga magnética es distinta de cero, y desaparece si y sólo si se selecciona un valor de conexión de espín. El conjunto de ecuaciones se basa directamente en la geometría de Cartan, y posee el mismo formato que las ecuaciones de MH en un espacio matemático con torsión y curvatura distintas de cero. Esta propiedad define la covariancia ECE2, y también define la relatividad restringida en un espacio con torsión y curvatura distintas de cero. En ECE2, tanto la torsión como la curvatura son siempre distintas de cero, tal como requieren las consideraciones fundamentales del conmutador antes descritas. Esto se cumple para cualquier geometría, en cualquier número de dimensiones, en cualquier espacio matemático. El espacio de la teoría ECE2 es el espacio-tiempo de cuatro dimensiones. La conexión de espín entra directamente en estas ecuaciones. En el documento UFT317, se deduce la ecuación de continuidad de la teoría ECE2 a partir de geometría, y se define un nuevo conjunto de relaciones de potenciales de campo.

En el documento UFT318, las ecuaciones de campo ECE2 de la gravitación se deducen a partir de la misma geometría de Cartan que las ecuaciones de campo del electromagnetismo, de manera que se deriva una teoría de campo unificado covariante generalizada. Las ecuaciones de campo gravitacionales son también covariantes ECE2, y poseen las mismas propiedades generales del electromagnetismo. Ejemplos de dichas propiedades se incluyen en el documento UFT318: anti-simetría, principio de equivalencia, efectos de contra-gravitación y de Aharonov Bohm. La gravitación newtoniana constituye una pequeña parte de la teoría de campo gravitacional ECE2.

Esta situación se subraya en el documento UFT319, el cual desarrolla gravitación newtoniana y no newtoniana. Se define el límite newtoniano de la teoría gravitacional ECE2, y se utiliza la ley de anti-simetría ECE2 para deducir el principio de equivalencia entre la masa gravitacional y la masa inercial. Los efectos no newtonianos en la teoría ECE2 se ejemplifican a través de la desviación de la luz por causa gravitacional, y se llevan a cabo estimaciones sencillas de la masa del fotón. Estos grandes avances volvieron muy popular al documento UFT319, el cual recibe alrededor de mil doscientas lecturas anuales a partir de los portales combinados www.aias.us y www.upitec.org. La combinación de documentos ECE2, utilizados como base para este libro, reciben anualmente del orden de cuarenta y un mil lecturas.

Los avances logrados en los documentos UFT313 a UFT319 constituyen la base para los Capítulos 2 y 3 de este libro.

Los Capítulos 5 y 6 desarrollan el principio de covariancia ECE2 a partir de documentos fuente relevantes. En el documento UFT320, se desarrolla la transformación de Lorentz gravitomagnética en base a la covariancia ECE2, la cual se define como una covariancia de Lorentz en un espacio con una torsión y curvatura finitas. Aplicando la transformación de ECE2 al tensor de campo de la gravitación se produce la ecuación de fuerza de Lorentz, que se expresa en términos de relatividad general. Las leyes gravitomagnética de Biot Savart y de Ampere se desarrollan como comparación. Las leyes se aplican a órbitas planas para hallar el campo gravitomagnético de la órbita y la densidad de masa de corriente de la órbita plana. El método posee validez general y puede utilizarse en todas las escalas.

En el documento UFT322, se desarrolla la precesión del perihelio y la desviación de la luz por causa gravitacional a partir de la ley de Ampere gravitomagnética de la teoría ECE2. Se desarrolla el campo gravitomagnético ECE2 para la dinámica en general y para una órbita en tres dimensiones. Para órbitas de dos dimensiones, la precesión del perihelio y la desviación de la luz por causa gravitacional se expresan en términos del campo gravitomagnético de la masa relevante. En el documento UFT323, se desarrolla la teoría orbital en general en términos de la transformación de Lorentz del tensor de campo de las teorías gravitomagnética y dinámica de ECE2. Se extiende el concepto de transformación de Lorentz a la transformación de Lorentz de marcos de referencia. En la teoría ECE2, la transformación de Lorentz deviene un concepto de relatividad general en lugar de relatividad restringida. La teoría se aplica a un cálculo *a priori* de la precesión del perihelio en términos del campo gravitomagnético.

En el documento UFT324, la ecuación relativista de Binet (ERB) se infiere y utiliza para resolver la ecuación de fuerza de Lorentz de la teoría ECE2. La ERB se infiere a partir del hamiltoniano de Sommerfeld, y se calcula directamente la velocidad orbital relativista. Se utiliza la ecuación de velocidad orbital para deducir la curva de velocidad de una galaxia en espiral y también para dar una explicación precisa de la desviación de la luz y de la radiación electromagnética por causa gravitacional. Estos avances fundamentales se reúnen en el Capítulo 5, y derrumban la obsoleta teoría de Einstein. En UFT325, la solución de la ecuación de fuerza de Lorentz gravitomagnética según ECE se expresa en términos del hamiltoniano y lagrangiano covariantes según ECE2. El lagrangiano es el lagrangiano clásico de Sommerfeld, y se resuelve mediante álgebra computacional y métodos relativistas. Se utiliza un método de graficación dispersa para inferir la verdadera órbita de precesión. Se demuestra que esto no constituye el resultado de la teoría de Einstein, la cual desarrolla severas dificultades. Por lo tanto, la teoría ECE2 proporciona el resultado exactamente correcto, tanto para la precesión del perihelio como para la desviación de la luz por causa gravitacional.

El Capítulo 7 se refiere a la cuantización de la teoría ECE2 y aplicaciones a espectroscopía. Se infieren nuevos tipos de espectroscopía. La cuantización se basa en covariancia según ECE2, de manera que la cuantización de la relatividad restringida puede aplicarse, pero en un espacio con torsión y curvatura finitas. Se desarrollan en el documento UFT327 varios esquemas de cuantización, los cuales resultan en nuevos tipos de desplazamientos que pueden evaluarse experimentalmente. Se introduce un nuevo axioma de la relatividad ECE2, y que se refiere a que la velocidad del marco de referencia del laboratorio en la transformación de ECE posee un límite superior igual a ($c/\sqrt{2}$), donde c es la constante universal de los laboratorios de normas, conocida como la velocidad de la luz en el vacío. Este axioma permite a una partícula con una masa m (en especial el fotón) moverse a una velocidad c, eliminando así muchos puntos oscuros de la relatividad restringida tradicional. El axioma resulta inmediatamente en la desviación de la luz por causa gravitacional observada a nivel experimental, el resultado igual al “doble del valor de Newton”.

En el documento UFT327, se utiliza la métrica de ECE2 para producir una ecuación orbital que puede interpretarse como una elipse con precesión. Este resultado confirma la demostración de que el lagrangiano y el hamiltoniano de la relatividad ECE2 producen una elipse con precesión sin suposiciones adicionales. No se requiere ninguna de las suposiciones utilizadas en la obsoleta teoría de Einstein. Esto constituye un desarrollo sano, porque la teoría de Einstein está llena de errores, siendo fundamentalmente incorrecta debido a que no toma en cuenta la torsión. UFT327 proporciona una importante demostración de las fallas de la teoría de Einstein. Esta última proclama su capacidad de producir una elipse con precesión, que fracasa por completo en la práctica, debido a pobres métodos de aproximación.

En el documento UFT328 se confirma la existencia de órbitas con precesión a partir de la relatividad ECE2, utilizando métodos tanto numéricos como teóricos. Éstos se utilizan para encontrar la verdadera órbita con precesión, utilizando covariancia ECE2. La verdadera órbita viene dada por la solución simultánea del lagrangiano y hamiltoniano mediante métodos numéricos. Los únicos conceptos utilizados son el elemento lineal infinitesimal, el lagrangiano y el hamiltoniano de la relatividad ECE2. El problema analítico resulta en general inmanejable, pero la solución numérica es precisa. Los elaborados e incorrectos métodos de la relatividad einsteiniana se vuelven claramente obsoletos.

En el documento UFT329 se desarrollan nuevos tipos de resonancia de espín electrónico (REE) y de resonancia magnética nuclear (RMN). Éstos resultan de utilidad general en átomos y moléculas, y en todos los materiales. Los términos novedosos de resonancia se expresan en términos del potencial W de la teoría ECE2, el cual posee las mismas unidades que el potencial A de la obsoleta teoría de Maxwell Heaviside (MH). El documento UFT330 desarrolla la teoría de acoplamiento orbital de espín hiperfino, mediante el reemplazo de la restrictiva aproximación de Dirac. Este método revela la presencia de varias espectroscopías novedosas de gran utilidad potencial. Se proponen nuevos esquemas de cuantización y se efectúan estimaciones, en órdenes de magnitud, de partición hiperfina.

El documento UFT331 desarrolla un nuevo tipo de partición de Zeeman relativista, mediante el descarte de la aproximación de Dirac. El efecto Zeeman desarrolla una nueva estructura intrincada, que se ilustra gráficamente con las transiciones 2p a 3d (visibles), y las 4p a 5d (infrarrojo). La primera se parte en 9 líneas, mientras que la segunda se parte en 45 líneas. Éstas pueden resolverse para producir una espectroscopía completamente nueva. Este es un documento muy popular, profundamente estudiado. Desafía el enfoque tradicional de muchas maneras. El documento UFT332 continúa con la teoría ECE2 del efecto Zeeman anómalo, produciendo nuevas estructuras espectroscópicas que pueden evaluarse experimentalmente. Este documento demuestra que la aproximación de Dirac, efectuada hace 90 años, implica la desaparición del hamiltoniano clásico. Este resultado, sin sentido físico, significa que se ha pasado por alto una gran cantidad de estructura hiperfina. Si esta estructura existe, resulta de gran utilidad en el laboratorio, mientras que si no existe ello generaría una gran crisis en la mecánica cuántica relativista. Se ha vuelto claro que Dirac seleccionó aproximaciones cuidadosamente, y de una manera subjetiva, con el objeto de que su desarrollo teórico coincidiese con los resultados experimentales. Einstein también utilizó este enfoque subjetivo de una manera incorrecta.

El documento UFT333 desarrolla esquemas novedosos y rigurosos de cuantización de la relatividad ECE2. Cada esquema conduce a diferentes resultados espectrales. El método utilizado por Dirac, en la década de 1920, empleaba una selección de aproximación subjetiva, la cual si se toma literalmente significa que el hamiltoniano clásico siempre desaparece, lo cual constituye un resultado absurdo. Dirac evitó el problema mediante un lavado subjetivo de las aproximaciones. UFT333 revela la fragilidad de su método, porque demuestra que diferentes esquemas rigurosos de aproximación dan diferentes espectros. Ello significa que la mecánica cuántica relativista no es rigurosa, sino que constituye una teoría transicional hacia una teoría todavía desconocida. Einstein consideraba a la mecánica cuántica de la misma manera, y rechazó la interpretación de Copenhague desde un principio, junto con de Broglie, Schroedinger y otros.

El documento UFT334 desarrolla una evaluación rigurosa de la mecánica cuántica relativista mediante REE. Se utilizan dos ejemplos de construcción: un haz de electrones y el efecto Zeeman anómalo en átomos y moléculas. UFT335 continúa este análisis al considerar el efecto sobre RMN del descarte de la aproximación de Dirac y su reemplazo con cuantización ECE2 rigurosa. Hay efectos medibles de desplazamiento químico, órbitas de espín e interacción espín-espín.

El documento UFT336 inicia una nueva fase de desarrollo de la teoría ECE2 del vacío, al considerar el vacío ECE2 necesario para el efecto Aharonov Bohm (AB). Este vacío se define tradicionalmente como regiones en donde los potenciales son distintos de cero pero en los cuales el campo es igual a cero. Se demuestra que el vacío AB contiene un potencial vectorial ECE2 que puede causar REE y RMN en ausencia de un campo magnético. Debiera de ser posible evaluar estos efectos a nivel experimental, mediante el empleo de una variación de los experimentos de Chambers. UFT337 continúa este trabajo al demostrar que la teoría ECE2 es un vacío de tipo AB ricamente estructurado, y que puede definirse íntegramente mediante la conexión de espín. El vacío ECE2 puede utilizarse para explicar las correcciones radiativas, de manera que la teoría puede evaluarse experimentalmente. La prescripción mínima se define mediante el potencial W del vacío ECE2, el cual se desarrolla en términos del vacío de Tesla y un flujo de partículas relativista.

El documento UFT338 introduce la partícula de vacío ECE2, y define su masa mediante el empleo de datos experimentales acerca del factor anómalo g del electrón. La masa de partícula de vacío puede utilizarse para definir el factor g hasta cualquier grado de precisión. Se analizan las severas limitaciones de la teoría de Dirac del electrón. Estas limitaciones se deben al hecho de que la aproximación de Dirac, aplicada en forma directa literal, significa que el hamiltoniano clásico siempre desaparece. La teoría del UFT338 sustituye a la electrodinámica cuántica, que está llena de subjetividad y que no puede evaluarse experimentalmente sin un ajuste arbitrario de variables y la eliminación arbitraria de infinitos, conocida como *renormalización*.

El documento UFT399 continúa el desarrollo anterior, mediante el desarrollo de la dinámica de la partícula de vacío ECE2. Se infiere el hamiltoniano relativista del vacío ECE2, y se reinterpreta la constante de Hilbert como la velocidad de la partícula de vacío multiplicada por el coeficiente de absorción de energía universal del documento UFT49, publicado en el portal www.aias.us . Se argumenta que el universo constituye un equilibrio entre partículas elementales y de vacío. Este proceso no tiene inicio ni fin. La masa del universo está constituida a partir de la masa combinada de partículas elementales y de vacío, y no existe una "*masa ausente*" como establece la física obsoleta. Se establecen algunos ejemplos de procesos de dispersión de tipo Compton, que podrían utilizarse para ensayos experimentales. UFT340 continúa este tema mediante el desarrollo de la teoría ECE2 para el desplazamiento de Lamb a partir del vacío ECE2, un vacío de AB constituido por ondas-partículas que pueden transferir energía y momento a partículas elementales.

El documento UFT341 es un documento referido a la amplificación gravitacional mediante emisión estimulada de radiación (GASER). Este diseño de aparato se basa en el del LASER, y se sustenta en las ecuaciones de campo gravitacional ECE2, cuya estructura es la misma que la de las ecuaciones de campo electromagnético ECE. Se infieren las leyes gravitacionales de Rayleigh Jeans y Stephan Boltzmann. La densidad de energía de la radiación gravitacional, si se observa sin controversia, es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura. Resulta razonable asumir que los átomos y moléculas absorben y emiten gravitones. Pudiera ser posible amplificar la radiación gravitacional al punto en que se vuelva observable en el laboratorio.

El documento UFT342 comienza una serie de documentos sobre cosmología, y desarrolla una descripción exacta y sencilla de la desviación de la luz por causa gravitacional, así como la precesión del perihelio a partir de la relatividad ECE2. Por lo tanto, la teoría ECE2 unifica la ahora obsoleta relatividad restringida y general. UFT343 desarrolla la precesión de Thomas y de de Sitter a partir de los conceptos introducidos en el documento UFT342, y utilizando la definición fundacional del momento relativista. UFT344 desarrolla la teoría de la precesión planetaria como una precesión de Larmor producida por el torque entre el campo gravitomagnético ECE2 del Sol y el momento dipolar gravitomagnético de la Tierra, o cualquier planeta. En general, cualquier precesión observable puede explicarse mediante las ecuaciones de campo ECE2. UFT345 continúa aplicando el método geodético y las precesiones de Lense Thirring, utilizando la gravitomagnetostática ECE2 en una teoría covariante ECE2. El cálculo de Lense Thirring concuerda exactamente con los datos obtenidos de la sonda espacial Gravity Probe B, y hay buena coincidencia con el cálculo precesional geodético. UFT346 es un documento muy estudiado, el cual da una teoría general para cualquier precesión en términos de la vorticidad. El resultado se obtiene en términos de la tétrada y de la conexión de espín de la geometría de Cartan. La teoría se aplica a las precesiones planetaria, geodética y de Lense Thirring, generando una coincidencia exacta en cada caso, en términos de la vorticidad del espacio matemático de las ecuaciones de campo ECE2. En UFT347, en la precesión de una órbita elíptica, se consideran términos de la ecuación de fuerza de Lorentz ECE2. El método consiste en utilizar la relatividad ECE2 y la prescripción mínima. Se define el hamiltoniano de una partícula en presencia de un potencial vectorial gravitomagnético, con las unidades de velocidad. El lagrangiano se calcula a partir del hamiltoniano, utilizando el momento canónico y la ecuación de Euler Lagrange, empleada para deducir la ecuación de fuerza de Lorentz. En ausencia del gravitomagnetismo, esta ecuación se reduce a la ecuación de Newton. Cualquier frecuencia precesional, de cualquier clase, puede describirse por la precesión de la ecuación de fuerza de Lorentz. UFT348 continúa este tema al considerar la prescripción mínima introducida en UFT347, con el objeto de demostrar que la precesión emerge directamente a partir del hamiltoniano relevante. Para un campo gravitomagnético uniforme, la ecuación de fuerza puede deducirse a partir de un lagrangiano sencillo, y el primero puede expresarse como una ecuación de Binet. El documento UFT348 es estudiado por muchos lectores.

El documento UFT349 inicia el desarrollo de la teoría ECE2 de dinámica de fluidos, y demuestra que posee la misma estructura covariante ECE2 que las ecuaciones de gravitación y electromagnetismo ECE2, logrando así una unificación triple en términos de la relatividad ECE2, descrita en el Capítulo 8. La serie UFT349 a UFT360 recibe abundante lectura. UFT349 demuestra que la turbulencia del espacio-tiempo puede detectarse por su efecto sobre un circuito tal como el descrito en UFT311 en el portal www.aias.us . Se demuestra que la Ley de Ohm y la ecuación de fuerza de Lorentz son intrínsecos a las ecuaciones de campo ECE2, y emergen a partir de su geometría. Por lo tanto, poseen equivalentes en gravitación y en dinámica de fluidos.

El documento UFT350 es una publicación de "Los Principios de la Teoría ECE".

El documento UFT351 desarrolla el nuevo tema de la electrodinámica de fluidos. El número de Reynolds se incorpora en los cálculos, produciendo la transición hacia la turbulencia. La energía eléctrica a partir del espacio-tiempo constituye una consecuencia directa de la electrodinámica de fluidos. Se demuestra que las derivadas de Stokes y convectiva son ejemplos de la derivada covariante de Cartan. La conexión de espín para la derivada convectiva es el jacobiano, y constituye un concepto fundamental de la dinámica de fluidos y la electrodinámica de fluidos. Las soluciones numéricas ilustran los flujos. UFT352 desarrolla un esquema de cómputo y animación para calcular la fuerza de campo eléctrico (E) y la densidad de flujo magnético (B) impartidos a un circuito a partir del vacío, o espacio-tiempo. Todas las cantidades relevantes se calculan a partir del campo de velocidad, el cual se vuelve turbulento a un dado valor de número de Reynolds. Se trata de un documento muy estudiado.

El documento UFT353 generaliza la dinámica de fluidos ECE2, introduciendo efectos viscosos, y utilizando el formato más general de las ecuaciones de Navier Stokes y de vorticidad. La estructura resultante es aquella de la relatividad ECE2, y se demuestra que la totalidad de la dinámica de fluidos puede reducirse a una ecuación de onda. UFT354 se refiere a conexiones del tensor de torsión anti-simétrico y totalmente anti-simétrico, y se incorpora en el Capítulo 2 sobre geometría fundamental.

El documento UFT355 es el documento más estudiado de la serie ECE2 en la actualidad, e introduce ecuaciones de campo y de onda sencillas de la electrodinámica de fluidos. Éstas describen la transferencia de energía y potencia desde un espacio-tiempo fluido, éter o vacío, a un circuito, en específico aquel del documento UFT311. Se demuestra que el proceso conserva la energía/momento totales y densidad de carga/corriente totales, los cuales se transfieren a partir del espacio-tiempo fluido a un circuito. Se continúa con el documento UFT356, otro documento fuertemente estudiado que considera la inducción de propiedades del espacio-tiempo mediante campos y potenciales materiales. Demuestra que el espacio-tiempo es un fluido ricamente estructurado, descrito mediante electrodinámica de fluidos. El espacio-tiempo, a su vez, induce propiedades en un circuito. UFT357 verifica experimentalmente la electrodinámica de fluidos mediante el empleo de correcciones radiativas conocidas, y que se conocen experimentalmente con gran precisión. Éstas incluyen los factores g de partículas elementales tales como el electrón, y el corrimiento de Lamb del hidrógeno atómico. El factor g anómalo del electrón se explica con cualquier grado de precisión mediante la vorticidad del espacio-tiempo, mientras que el corrimiento de Lamb se explica, también con cualquier grado de precisión, mediante el potencial del espacio-tiempo.

El documento UFT358 introduce el tema de la gravitación de fluidos, que es la unificación mediante ECE2 de la gravitación y la dinámica de fluidos. En dinámica de fluidos, la aceleración debida a la gravedad, la densidad de masa y otros conceptos fundamentales, se originan en el espacio-tiempo considerado como un fluido. Finalmente, todos los conceptos se deducen a partir de un marco de referencia en movimiento. Se demuestra que las principales características de una galaxia en espiral pueden describirse mediante dinámica de fluidos sin el empleo de *materia oscura* ni de *hoyos negros*. UFT359 describe la estructura del espacio-tiempo generado mediante la gravitación newtoniana, que se ilustra con el campo de velocidad, la carga definida por la diferencia del campo de velocidad, la vorticidad (el rotacional del campo de velocidad, la corriente y demás). Éstos se ilustran mediante gráficas de *gnuplot*. Esto se continúa mediante el contenido del documento UFT360, el cual brinda la ley del cuadrado de la inversa covariante generalizada para todas las órbitas, en donde la aceleración debida a la gravitación se define como la derivada de Lagrange o convectiva de la velocidad orbital. Esta es la derivada en un marco de referencia en movimiento, y constituye un ejemplo de la derivada covariante de Cartan.

El Capítulo 9 se dedica al diseño de circuitos basados en la teoría ECE2, y es de gran importancia para la energía a partir del espacio-tiempo. Por primera vez, el proceso se ha comprendido en términos de una teoría que va más allá que el modelo establecido de la física, y donde se ha demostrado una coincidencia precisa en el documento UFT311. El objeto del Capítulo 9 es incluir detalles completos de diseño de circuitos, y describir métodos de aplicación de la teoría ECE2.

El Capítulo 10 aplica la teoría ECE2 a los desarrollos más recientes en reacciones nucleares de baja energía (RNBE), dando detalles completos del aparato y de cómo triunfa la teoría ECE2 donde fracasa la obsoleta teoría de MH.

El Capítulo 11 pasa revista a muchas críticas definitivas de los métodos utilizados en la física obsoleta para resolver la incorrecta ecuación de campo de Einstein.

CAPITULO DOS

EL EFECTO DE LA TORSIÓN SOBRE LA GEOMETRÍA.

El efecto de la torsión sobre la geometría de Riemann es amplio y profundo. Esto no se había comprendido del todo hasta el año 2003, cuando se infirió la teoría del campo unificado de Einstein, Cartan y Evans (ECE). Gradualmente se volvió claro, a medida que se publicaron los documentos de la serie ECE, que el edificio íntegro de la geometría de Riemann sufre un colapso si se provoca la desaparición de la torsión mediante el empleo del símbolo de Christoffel simétrico. Esto significa que la relatividad general de Einstein pierde todo su sentido, porque la ecuación de campo de Einstein se basa en una geometría de Riemann sin torsión. La mayoría de los libros de texto obsoletos del siglo XX ni siquiera menciona la torsión, y si lo hacen se le considera como una molestia eliminable. Estos libros de texto se basan en la afirmación, arbitraria y no demostrable, que la torsión no existe porque la conexión de Christoffel es, por definición, simétrica en sus dos índices inferiores.

Este dogma sin sentido se basa en una asombrosa falta de flexibilidad de pensamiento. Una mirada casual a las matemáticas de la conexión nos demuestra que es, en general, asimétrica en sus dos índices inferiores. La misma consiste de una parte simétrica y de una parte anti-simétrica. Ésta última define el tensor de torsión, o su equivalente en la geometría diferencial de Cartan, la forma de torsión, una dos-forma con valor vectorial anti-simétrica en sus dos índices inferiores. La forma de torsión se define a través de una de las ecuaciones estructurales de Maurer Cartan, mientras que la forma de curvatura se define mediante la otra ecuación estructural. La forma de torsión es la derivada covariante de la tétrada, y la forma de curvatura es la derivada covariante de la conexión de espín de Cartan. La torsión y la curvatura se relacionan a través de la identidad de Cartan [1-12], y mediante la identidad de Evans, inferida en los primeros documentos de la serie UFT. La identidad de Evans es la identidad de Cartan para duales de Hodge. Las identidades de Cartan y Evans constituyen la base geométrica de las ecuaciones de campo de la teoría ECE. Esto constituye un cambio paradigmático que condujo a la primera teoría exitosa del campo unificado de la física. Ha sido descrita por Alwyn van der Merwe como el cambio paradigmático post-einsteiniano, y ha provocado un enorme impacto en la física, el cual se ha medido con exactitud a través de la *cientometría* en el portal www.aias.us.

El segundo gran cambio paradigmático se produjo a partir del documento UFT313, publicado en los portales www.aias.us y www.upitec.org . Simplificó las ecuaciones de la teoría ECE e introdujo ecuaciones basadas tanto en la torsión como en la curvatura. Las ecuaciones de campo ECE2 de la electrodinámica poseen un aspecto idéntico a las obsoletas ecuaciones de campo de Maxwell Heaviside (MH), pero se expresan en un espacio matemático en el que tanto la torsión como la curvatura son distintas de cero. Esto se resume en el Capítulo 1. El segundo cambio paradigmático se denomina la teoría ECE2, la cual posee ventajas de simplicidad y mayor alcance. La obsoleta ecuación de campo de Einstein se ve reemplazada por un conjunto de ecuaciones de campo en la teoría ECE2, cuyo aspecto es idéntico a las ecuaciones de campo MH de la electrodinámica, pero que se han expresado ahora en un espacio con una torsión y curvatura finitas. La teoría MH se expresa en el espacio-tiempo de Minkowski, el cual no posee ni torsión ni curvatura, y que por lo tanto se conoce como el espacio matemático de la relatividad restringida, la cual es covariante según Lorentz pero no es covariante generalizada. En los avances más recientes de la teoría ECE2, llevadas a cabo durante la segunda mitad de 2016, las ecuaciones de la dinámica de fluidos también se han desarrollado como ecuaciones de campo con un aspecto idéntico a las ecuaciones MH, pero que nuevamente se expresan en un espacio con una torsión y curvatura finitas. De manera que se ha logrado una triple unificación; la de la gravitación, la electrodinámica y la dinámica de fluidos, permitiendo la posibilidad de avances ulteriores.

Las bases para el segundo cambio paradigmático se establecieron en el ya clásico documento UFT88, el cual ya ha sido leído varias decenas de miles de veces desde que fue inferido en 2007. Ha sido leído en varios centenares de las mejores universidades del mundo y constituye un clásico aceptado. Se ha determinado la calidad de las universidades a partir de las clasificaciones elaboradas por *webometrics*, *Times* , *Shangai* y *QS world rankings*, por ejemplo. Los lectores de las teorías ECE y ECE2 siempre provinieron de las mejores universidades del mundo, a menudo de las veinte mejores. El documento UFT88 fue el primer intento de incorporar la torsión en la segunda identidad de Bianchi, sobre la que se basa directamente la ecuación de campo de Einstein. Este documento demuestra que la incorporación de la torsión cambia por completo la identidad, de manera que la ecuación de campo de Einstein queda descartada por incorrecta y obsoleta en 2007. La *cientometría*, publicada en el portal www.aias.us (su sección de estadísticas filtradas y el documento UFT307, por ejemplo), demuestran que la ecuación de campo de Einstein ha sido completamente descartada a nivel internacional por un gran porcentaje de colegas. Esto, en sí mismo, constituye un importante cambio paradigmático en la historia de la ciencia, porque una teoría mayor de la física ha quedado descartada mediante la revolución del conocimiento generada por Internet. El conocimiento ya no se encuentra confinado dentro de la caverna dogmática de Platón, y una vez que sale de la misma se continúa a través de una libertad de pensamiento en la que prevalece la luz de la razón.

En el documento UFT99 se demostró que el conocido método del conmutador para la generación simultánea de los tensores de curvatura y torsión, también demuestra que si desaparece la torsión, también lo hace la curvatura. De manera que la eliminación arbitraria de la torsión por parte de la física obsoleta también elimina la curvatura, desapareciendo la geometría, *reductio ad absurdum*. Cualquier geometría válida debe desarrollarse en un espacio en el que tanto la torsión como la curvatura son idénticamente distintas de cero. El documento UFT99 se complementó mediante demostraciones definitivas conocidas, las cuales simplificaron UFT99 a su mera esencia: el conmutador es, por definición, anti-simétrico. Los índices del conmutador de derivadas covariantes son los índices de torsión, de manera que si se elimina forzosamente la torsión utilizando índices iguales, desaparece el conmutador. En consecuencia, también desaparece la curvatura. La eliminación de la torsión elimina la curvatura. Si se elimina la curvatura, la totalidad de la teoría einsteiniana se derrumba.

En el documento UFT109 se infirió una nueva identidad del tensor de torsión, la cual se denominó la identidad de torsión de Evans para distinguirla de la identidad de Evans de los duales de Hodge, que es una variación de la identidad de Cartan. Estos documentos constituyen lectura imprescindible de respaldo para comprender el documento UFT313, en el cual se infiere la identidad de Jacobi Cartan Evans (JCE). Esta es la forma final de UFT88, e incorpora completamente la torsión en la segunda identidad de Bianchi, utilizando los métodos empleados por Ricci y Bianchi, pero desarrollándolos para la torsión.

Ricci y Bianchi fueron estudiantes y amigos en la Scuola Normale Superiore, en Pisa. Se cree que Ricci fue el primero en inferir la segunda identidad de Bianchi, como seguimiento a su inferencia de la identidad de Ricci. Ésta última debe utilizarse para demostrar la segunda identidad de Bianchi. Ricci parece haber extraviado o descartado sus apuntes, de manera que quedó para Bianchi la demostración de la identidad, alrededor de 1902. El punto de inicio de la demostración de Bianchi fue la identidad de Jacobi de las derivadas covariantes, un teorema muy fundamental que también se cumple en presencia de la torsión. En 1902, fue una identidad de la entonces nueva teoría de grupos. Puede expresarse como:

$$\left([D_\rho,[D_\mu,D_\nu]]+[D_\nu,[D_\rho,D_\mu]]+[D_\mu,[D_\nu,D_\rho]]\right)V^\kappa := 0 \qquad (1)$$

donde V^κ es un vector en cualquier espacio de cualquier número de dimensiones, y donde D_μ denota la derivada covariante. Considerando el primer término y el empleo del teorema de Leibnitz se encuentra que:

$$[D_\rho,[D_\mu,D_\nu]]V^\kappa = D_\rho\left([D_\mu,D_\nu]V^\kappa\right)-[D_\mu,D_\nu]D_\rho V^\kappa \qquad (2)$$

A partir de UFT99:

$$[D_\mu, D_\nu]V^\kappa = R^\kappa_{\ \lambda\mu\nu}V^\lambda - T^\lambda_{\ \mu\nu}D_\lambda V^\kappa \tag{3}$$

donde $R^\kappa_{\ \lambda\mu\nu}$ es el tensor de curvatura y $T^\lambda_{\ \mu\nu}$ es el tensor de torsión, definido como:

$$T^\lambda_{\ \mu\nu} = \Gamma^\lambda_{\ \mu\nu} - \Gamma^\lambda_{\ \nu\mu} \tag{4}$$

El tensor de torsión posee los mismos índices que el conmutador, de manera que si desaparece la torsión desaparece el conmutador, y en consecuencia desaparece la curvatura, *reductio ad absurdum*. El conmutador es antisimétrico en sus índices, por definición, y entonces se deduce que la conexión es anti-simétrica:

$$\Gamma^\lambda_{\ \mu\nu} = -\Gamma^\lambda_{\ \nu\mu} \tag{5}$$

La identidad de Ricci también debe de corregirse para la torsión, y deviene:

$$[D_\mu, D_\nu]D_\rho V^\kappa = R^\kappa_{\ \lambda\mu\nu}D_\rho V^\lambda - R^\lambda_{\ \rho\mu\nu}D_\lambda V^\kappa - T^\lambda_{\ \mu\nu}D_\lambda D_\rho V^\kappa \tag{6}$$

en donde el conmutador actúa sobre un tensor de segundo rango $D_\rho V^\kappa$. Por lo tanto, como se demuestra en UFT313, el primer término de la identidad de Jacobi es:

$$\begin{aligned}[D_\rho, [D_\mu, D_\nu]]V^\kappa &= D_\rho R^\kappa_{\ \lambda\mu\nu}V^\lambda - D_\rho T^\lambda_{\ \mu\nu}D_\lambda V^\kappa \\ &+ R^\lambda_{\ \rho\mu\nu}D_\lambda V^\kappa - T^\lambda_{\ \mu\nu}[D_\rho, D_\lambda]V^\kappa\end{aligned} \tag{7}$$

Sumando los otros dos términos de la identidad de Jacobi y utilizando la identidad de Cartan:

$$D_\rho T^\lambda_{\mu\nu} + D_\nu T^\lambda_{\rho\mu} + D_\mu T^\lambda_{\nu\rho} := R^\lambda_{\rho\mu\nu} + R^\lambda_{\nu\rho\mu} + R^\lambda_{\mu\nu\rho} \quad (8)$$

se obtiene la identidad de Jacobi Cartan Evans (JCE), una identidad exacta en cualquier espacio matemático de cualquier número de dimensiones:

$$\begin{aligned}&\left([D_\rho,[D_\mu,D_\nu]]+[D_\nu,[D_\rho,D_\mu]]+[D_\mu,[D_\nu,D_\rho]]\right)V^\kappa\\&=\left(D_\rho R^\kappa_{\lambda\mu\nu}+D_\nu R^\kappa_{\lambda\rho\mu}+D_\mu R^\kappa_{\lambda\nu\rho}\right)V^\lambda\\&\quad-\left(T^\lambda_{\mu\nu}[D_\rho,D_\lambda]+T^\lambda_{\rho\mu}[D_\nu,D_\lambda]+T^\lambda_{\nu\rho}[D_\mu,D_\lambda]\right)V^\kappa := 0\end{aligned} \quad (9)$$

En esta identidad:

$$\begin{aligned}&\left(T^\lambda_{\mu\nu}[D_\rho,D_\lambda]+T^\lambda_{\rho\mu}[D_\nu,D_\lambda]+T^\lambda_{\nu\rho}[D_\mu,D_\lambda]\right)V^\kappa\\&=\left(T^\lambda_{\mu\nu}R^\kappa_{\alpha\rho\lambda}+T^\lambda_{\rho\mu}R^\kappa_{\alpha\nu\lambda}+T^\lambda_{\nu\rho}R^\kappa_{\alpha\mu\lambda}\right)V^\alpha\\&\quad-\left(T^\lambda_{\mu\nu}T^\alpha_{\rho\lambda}+T^\lambda_{\rho\mu}T^\alpha_{\nu\lambda}+T^\lambda_{\nu\rho}T^\alpha_{\mu\nu}\right)D_\alpha V^\kappa\end{aligned} \quad (10)$$

Utilizamos ahora la identidad de torsión de Evans del documento UFT109:

$$T^\lambda_{\mu\nu}T^\alpha_{\rho\lambda}+T^\lambda_{\rho\mu}T^\alpha_{\nu\lambda}+T^\lambda_{\nu\rho}T^\alpha_{\mu\lambda} := 0 \quad (11)$$

para reducir la identidad de JCE a:

$$\begin{aligned}&D_\rho R^\kappa_{\lambda\mu\nu}+D_\nu R^\kappa_{\lambda\rho\mu}+D_\mu R^\kappa_{\lambda\nu\rho}\\&:= T^\alpha_{\mu\nu}R^\kappa_{\lambda\rho\alpha}+T^\alpha_{\rho\mu}R^\kappa_{\lambda\nu\alpha}+T^\alpha_{\nu\rho}R^\kappa_{\lambda\mu\alpha}\end{aligned} \quad (12)$$

Esta ecuación significa que:

$$D_\rho R^\kappa_{\lambda\mu\nu} + D_\nu R^\kappa_{\lambda\rho\mu} + D_\mu R^\kappa_{\lambda\nu\rho} \neq 0 \tag{13}$$

Q.E.D.

La segunda identidad de Bianchi original de 1902 es:

$$D_\rho R^\kappa_{\lambda\mu\nu} + D_\nu R^\kappa_{\lambda\rho\mu} + D_\mu R^\kappa_{\lambda\nu\rho} = ?\, 0 \tag{14}$$

y fue inferida inicialmente, según parece, por Ricci en 1880. La Ec.(14) es completamente incorrecta porque se basa en una torsión igual a cero, lo cual significa una curvatura igual a cero, *reductio ad absurdum*.

Desafortunadamente, la Ec.(14) fue utilizada acríticamente por Einstein y todos sus contemporáneos, porque la torsión era desconocida hasta que Cartan y sus colaboradores la infirieron a principios de la década de 1920.

En el documento UFT313 la identidad de Bianchi Cartan Evans (BCE) también se demostró:

$$\begin{aligned} &D_\mu D_\lambda T^\kappa_{\nu\rho} + D_\rho D_\lambda T^\kappa_{\mu\nu} + D_\nu D_\lambda T^\kappa_{\rho\mu} \\ &:= D_\mu R^\kappa_{\lambda\nu\rho} + D_\rho R^\kappa_{\lambda\mu\nu} + D_\nu R^\kappa_{\lambda\rho\mu}. \end{aligned} \tag{15}$$

Esto se infirió originalmente en UFT255. Es un desarrollo de la identidad de Cartan, la Ec.(8). Si se desprecia la torsión, la identidad BCE deviene la segunda identidad de Bianchi original de 1902, y la identidad de Cartan deviene la primera identidad de Bianchi:

$$R^\lambda_{\rho\mu\nu} + R^\lambda_{\nu\rho\mu} + R^\lambda_{\mu\nu\rho} = ?\, 0. \tag{16}$$

Cartan infirió la torsión a principios de la década de 1920, y comunicó su descubrimiento a Einstein. Esto dio origen a la conocida correspondencia entre Einstein y Cartan, pero Einstein no hizo intento alguno para incorporar la torsión en su ecuación de campo. El primer intento de hacerlo se llevó a cabo en el documento clásico UFT88, y que culminó en UFT313, resumido en este capítulo. La ecuación de campo de Einstein, siendo geométricamente incorrecta, no pudo haber inferido ninguna expresión física correcta. Fue sustituida por la teoría ECE, y por la teoría ECE2 utilizando el segundo cambio paradigmático descrito en este libro.

Van der Merwe describe éstos como los cambios paradigmáticos post-einsteinianos. Los mismos modifican íntegramente la fisonomía de la física, de manera que ésta última se encuentra actualmente dividida en dos escuelas de pensamiento, la teoría ECE2 y el modelo establecido de la física, obsoleto y dogmático.

Resulta de utilidad desarrollar estas nuevas identidades tensoriales en identidades vectoriales, porque ello conduce a las ecuaciones de campo de la teoría ECE2. Consideremos en primer lugar la identidad de torsión de Evans del UFT109 en formato de Riemann:

$$T^{\lambda}_{\mu\nu} T^{\alpha}_{\rho\lambda} + T^{\lambda}_{\rho\mu} T^{\alpha}_{\nu\lambda} + T^{\lambda}_{\nu\rho} T^{\alpha}_{\mu\lambda} := 0. \tag{17}$$

Reemplazamos los índices λ por los índices *a* de la geometría de Cartan:

$$T^{a}_{\mu\nu} T^{\alpha}_{\rho a} + T^{a}_{\rho\mu} T^{\alpha}_{\nu a} + T^{a}_{\nu\rho} T^{\alpha}_{\mu a} := 0 \tag{18}$$

y utilizamos:

$$T^{\alpha}_{\rho\lambda} = T^{a}_{\rho\lambda} q^{\alpha}_{a} \tag{19}$$

donde q^{α}_{a} es la inversa de la tétrada. Se deduce entonces que:

$$\left(T^{a}_{\mu\nu} T^{b}_{\rho a} + T^{a}_{\rho\mu} T^{b}_{\nu a} + T^{a}_{\nu\rho} T^{b}_{\mu a}\right) q^{\alpha}_{b} := 0 \tag{20}$$

de la cual una posible solución es:

$$T^{a}_{\mu\nu} T^{b}_{\rho a} + T^{a}_{\rho\mu} T^{b}_{\nu a} + T^{a}_{\nu\rho} T^{b}_{\mu a} = 0. \tag{21}$$

En la notación de geometría diferencial, la Ec.(21) es un producto cuña

$$T^{b}_{\rho a} \wedge T^{a}_{\mu\nu} = 0 \tag{22}$$

entre una uno-forma con valor tensorial $T^{b}_{\rho a}$ y una dos-forma con valor vectorial $T^{a}_{\mu\nu}$.

Con el objeto de transformar esta geometría a la electrodinámica, se utilizan las hipótesis ECE originales:

$$F^{b}_{\rho a} = A^{(0)} T^{b}_{\rho a} \; ; \quad F^{a}_{\mu\nu} = A^{(0)} T^{a}_{\mu\nu} \tag{23}$$

con el objeto de obtener una nueva identidad para la electrodinámica:

$$F^{b}_{\rho a} \wedge F^{a}_{\mu\nu} = 0. \tag{24}$$

Pueden obtenerse ecuaciones similares para la gravitación y una mezcla de gravitación y electrodinámica. Expresamos ahora la Ec.(24) como:

$$F^{b}_{\mu a} \tilde{F}^{a\mu\nu} = 0 \tag{25}$$

donde el tilde denota el dual de Hodge. Los tensores de campo del espacio libre se definen como:

$$\tilde{F}^{a\mu\nu} = \begin{bmatrix} 0 & -cB^{a}_{X} & -cB^{a}_{Y} & -cB^{a}_{Z} \\ cB^{a}_{X} & 0 & E^{a}_{Z} & -E^{a}_{Y} \\ cB^{a}_{Y} & -E^{a}_{Z} & 0 & E^{a}_{X} \\ cB^{a}_{Z} & E^{a}_{Y} & -E^{a}_{X} & 0 \end{bmatrix} ; \quad F^{b}_{\mu\nu} = \begin{bmatrix} 0 & E^{b}_{X} & E^{b}_{Y} & E^{b}_{Z} \\ -E^{b}_{X} & 0 & -cB^{b}_{Z} & cB^{b}_{Y} \\ -E^{b}_{Y} & cB^{b}_{Z} & 0 & -cB^{b}_{X} \\ -E^{b}_{Z} & -cB^{b}_{Y} & cB^{b}_{X} & 0 \end{bmatrix} \tag{26}$$

donde $\underline{E}$ es la fuerza de campo eléctrico, en unidades de voltios por metro, y donde $\underline{B}$ es la densidad del flujo magnético, en unidades de tesla. Aquí, c es la constante universal conocida como la velocidad de la luz en el vacío.

El tensor $F^b{}_{\mu a}$ es una uno-forma con valor tensorial:

$$F^b{}_{\mu a} = \left(F^b{}_{0a}, -\underline{F}^b{}_a \right) \tag{27}$$

y la ecuación tensorial (25) se parte en dos ecuaciones vectoriales de la electrodinámica:

$$\underline{F}^b{}_a \cdot \underline{B}^a = 0, \tag{28}$$

$$c F^b{}_{0a} \underline{B}^a = \underline{F}^b{}_a \times \underline{E}^b. \tag{29}$$

Hay también ecuaciones equivalentes de la gravitación. Utilizamos ahora:

$$F^b{}_{\mu a} = F^b{}_{\mu\nu} q^\nu{}_a \tag{30}$$

en la Ec.(25) para obtener:

$$q^\nu{}_a F^b{}_{\mu\nu} \tilde{F}^{a\mu\nu} = 0 \tag{31}$$

de la cual una posible solución es:

$$F^b{}_{\mu\nu} \tilde{F}^{a\mu\nu} = 0, \tag{32}$$

este es el segundo formato de la identidad de torsión de Evans. Utilizando los tensores de campo (26a) y (26b) se obtienen los resultados:

$$\underline{E}^b \cdot \underline{B}^a + \underline{B}^b \cdot \underline{E}^a = 0 \tag{33}$$

que es una nueva ecuación fundamental de la electrodinámica. Utilizando la ecuación:

$$F^{b}_{\mu\nu} = q^{a}_{\nu} F^{b}_{\mu a} \tag{34}$$

se deduce que:

$$F^{b}_{\mu\nu} = A^{a}_{\nu} T^{b}_{\mu a} \tag{35}$$

y ésta constituye una nueva relación entre campo y potencial en electrodinámica.

También se deduce que la identidad de torsión de Evans da una nueva ecuación estructural para la geometría diferencial:

$$T^{b}_{\mu\nu} = q^{a}_{\nu} T^{b}_{\mu a}. \tag{36}$$

La Nota 314(3) desarrolla sistemáticamente las propiedades del tensor de campo $F^{a}{}_{\mu b}$ y demuestra que una posible solución es:

$$\underline{F}^{b}_{a} \times \underline{E}^{a} = \underline{0} \tag{37}$$

La identidad de torsión de Evans, aplicada a duales de Hodge, da origen a la segunda identidad de torsión de Evans:

$$\tilde{T}^{\lambda}_{\mu\nu} \tilde{T}^{\alpha}_{\rho\lambda} + \tilde{T}^{\lambda}_{\rho\mu} \tilde{T}^{\alpha}_{\nu\lambda} + \tilde{T}^{\lambda}_{\nu\rho} \tilde{T}^{\alpha}_{\mu\lambda} := 0 \tag{38}$$

la cual sólo es válida en cuatro dimensiones por la forma en que se definen los duales de Hodge. La identidad de torsión de Evans es ella misma válida en cualquier espacio de cualquier número de dimensiones. La Ec.(38) puede expresarse como:

$$\tilde{T}^{b}_{\mu\nu} T^{a\mu\nu} = 0 \tag{39}$$

y utilizando los tensores de campo:

$$F^{\mu\nu a} = \begin{bmatrix} 0 & -E_X^a & -E_Y^a & -E_Z^a \\ E_X^a & 0 & -cB_Z^a & cB_Y^a \\ E_Y^a & cB_Z^a & 0 & -cB_X^a \\ E_Z^a & -cB_Y^a & cB_X^a & 0 \end{bmatrix}; \quad \tilde{F}^{b}_{\mu\nu} = \begin{bmatrix} 0 & cB_X^b & cB_Y^b & cB_Z^b \\ -cB_X^b & 0 & E_Z^b & -E_Y^b \\ -cB_Y^b & -E_Z^b & 0 & E_X^b \\ -cB_Z^b & E_Y^b & -E_X^b & 0 \end{bmatrix} \tag{40}$$

se obtienen dos ecuaciones de la electrodinámica:

$$\underline{\tilde{F}}^a_{\ b} \cdot \underline{E}^b = 0 \tag{41}$$

y

$$c\,\underline{\tilde{F}}^a_{\ b} \times \underline{B}^b + \tilde{F}^a_{\ 0b}\,\underline{E}^b = \underline{0}. \tag{42}$$

La Ec.(39) también da:

$$\underline{E}^b \cdot \underline{B}^a + \underline{B}^b \cdot \underline{E}^a = 0. \tag{43}$$

Por lo tanto, el conjunto completo de ecuaciones es

$$\underline{F}^b_{\ a} \cdot \underline{B}^a = 0 \tag{44}$$

$$c\,F^b_{\ 0a}\,\underline{B}^a = \underline{F}^b_{\ a} \times \underline{E}^a \tag{45}$$

$$\underline{\tilde{F}}^b_{\ a} \cdot \underline{E}^a = \underline{0} \tag{46}$$

$$\tilde{F}^a_{\ 0b}\,\underline{E}^b + c\,\underline{\tilde{F}}^a_{\ b} \times \underline{B}^b = \underline{0} \tag{47}$$

y de ambas identidades:

$$\underline{E}^b \cdot \underline{B}^a + \underline{B}^b \cdot \underline{E}^a = 0. \tag{48}$$

Las Ecs.(44) a (47) son idénticas en estructura a las ecuaciones del espacio libre de la teoría ECE dadas en el Modelo de Ingeniería (UFT303):

$$\underline{\omega}^a{}_b \cdot \underline{B}^b = 0 \tag{49}$$

$$c\,\omega^a{}_{0b}\,\underline{B}^b = \underline{\omega}^a{}_b \times \underline{E}^b \tag{50}$$

$$\underline{\omega}^a{}_b \cdot \underline{E}^b = 0 \tag{51}$$

$$c\,\underline{\omega}^a{}_b \times \underline{B}^b + \omega^a{}_{0b}\,\underline{E}^b = \underline{0} \tag{52}$$

donde la conexión de espín se define como:

$$\omega^a{}_{\mu b} = \left(\omega^a{}_{0b}, -\underline{\omega}^a{}_b\right). \tag{53}$$

CAPÍTULO TRES

LAS ECUACIONES DE CAMPO DE ECE2.

Las ecuaciones de campo de la teoría ECE2 unifican la gravitación, el electromagnetismo y la dinámica de fluidos basadas en la identidad de Jacobi Cartan Evans (JCE) del documento UFT313, publicado en los portales www.aias.us y www.upitec.org. Poseen la misma estructura matemática básica que las obsoletas ecuaciones de campo de Maxwell Heaviside (MH), de la electrodinámica del siglo XIX, pero se expresan en un espacio matemático en el que la curvatura y la torsión son idénticamente distintas de cero. Son ecuaciones de una teoría de campo unificado covariante generalizada. Las ecuaciones de MH son covariantes según Lorentz y no son ecuaciones de una teoría de campo unificado, siendo ecuaciones de un espacio-tiempo de Minkowski, o plano, en donde tanto la torsión como la curvatura desaparecen idénticamente. La identidad de JCE de la geometría se transforma en ecuaciones de campo, utilizando una nueva hipótesis que diferencia la teoría ECE2 de la anterior teoría ECE. Este es el segundo cambio paradigmático post-einsteiniano, desarrollado en este libro.

La identidad de JCE corrige la identidad original de Bianchi de 1902, probablemente desarrollada primero por Ricci, a fin de que tome en cuenta la torsión. El desarrollo del documento UFT313 se inició con el clásico UFT88, publicado en el año 2007, el cual ha sido leído en varios centenares de las mejores universidades e institutos y demás a nivel mundial, y que se ha aceptado como refutación de la relatividad einsteiniana. La nueva hipótesis se basa en la curvatura, y existe además de la hipótesis original ECE basada en la torsión. La identidad JCE desarrolla ecuaciones de campo unificado para aquellos considerados como los campos de fuerza fundamentales: la gravitación, el electromagnetismo y los campos nucleares fuerte y débil. Las ecuaciones de campo de la dinámica de fluidos pueden unificarse con aquellas de la gravitación y la electrodinámica, utilizando la estructura geométrica de la identidad JCE. Este proceso conduce eventualmente a la unificación de la dinámica clásica y la dinámica de fluidos.

En la teoría ECE2, las ecuaciones originales de la teoría ECE se simplifican mediante una eliminación bien definida y rigurosa de los índices internos de Cartan. Esto puede lograrse sin pérdida de generalidad, y cuando se requieren más detalles (tal como en el proceso que conduce al campo $B^{(3)}$), los índices pueden reinstalarse. La eliminación de los índices resulta, por ejemplo, en ecuaciones de campo de la electrodinámica que son covariantes según Lorentz, en un espacio con torsión y curvatura finitas. Esto recibe el apelativo de "covariancia ECE2". Una de las principales ventajas de ECE2 sobre MH es que en la primera teoría las densidades de corriente de carga magnética y eléctrica se definen geométricamente. En la teoría ECE2, las ecuaciones de campo de la gravitación, la dinámica de fluidos y las fuerzas nucleares débil y fuerte poseen precisamente el mismo formato que las ecuaciones de campo de la electrodinámica, de manera que resulta claro que la unificación de los cuatro campos fundamentales, y también de la dinámica de fluidos, se ha alcanzado por primera vez en la historia de la física.

Intentos de unificación a través del empleo del modelo establecido son conocidos por estar llenos de incógnitas e inobservables, una teoría que Pauli hubiera descrito como "ni siquiera equivocada", queriendo decir que no puede ser evaluada experimentalmente y por ende resulta no baconiana.

Consideremos la identidad de JCE en un espacio de cualquier dimensionalidad, y con torsión y curvatura idénticamente distintas de cero:

$$D_\rho R^a{}_{\lambda\mu\nu} + D_\nu R^a{}_{\lambda\rho\mu} + D_\mu R^a{}_{\lambda\nu\rho} := R^a{}_{\lambda\rho\alpha} T^\alpha{}_{\mu\nu} + R^a{}_{\lambda\nu\alpha} T^\alpha{}_{\rho\mu} + R^a{}_{\lambda\mu\alpha} T^\alpha{}_{\nu\rho} \tag{1}$$

utilizando la notación del Capítulo 2. La identidad es una suma cíclica de derivadas covariantes de tensores de curvatura. En la Ec. (1) se ha utilizado el índice a del espacio de Cartan [1-12]. En la célebre segunda identidad de Bianchi de 1902, sobre la cual se basa directamente la ecuación de campo de Einstein, esta ecuación con suma cíclica es incorrectamente igual a cero. De manera que la identidad de JCE, que forma parte del segundo cambio paradigmático einsteiniano, así denominado por Alwyn van der Merwe, de inmediato señala el hecho de que la ecuación de campo de Einstein es incorrecta y debiera descartarse como obsoleta. La *cientometría* del portal www.aias.us indica claramente que éste es un punto de vista compartido por la mayoría de los científicos. De manera que hay dos principales escuelas de pensamiento, ECE y ECE2 por un lado, y por el otro el obsoleto modelo establecido.

Claramente, la identidad JCE rigurosamente correcta contiene tensores de torsión. En un espacio de cuatro dimensiones, el dual de Hodge de un tensor anti-simétrico, o uno-forma con valor tensorial de la geometría diferencial, es otro tensor anti-simétrico o dos-forma con valor vectorial. El dual de Hodge se indica con un tilde. De manera que, en cuatro dimensiones, la segunda identidad JCE es:

$$D_\rho \tilde{R}^a{}_{\lambda\mu\nu} + D_\nu \tilde{R}^a{}_{\lambda\rho\mu} + D_\mu \tilde{R}^a{}_{\lambda\nu\rho} := R^a{}_{\lambda\rho\alpha} \tilde{T}^\alpha{}_{\mu\nu} + R^a{}_{\lambda\nu\alpha} \tilde{T}^\alpha{}_{\rho\mu} + R^a{}_{\lambda\mu\alpha} \tilde{T}^\alpha{}_{\nu\rho} \tag{2}$$

Las Ecs. (1) y (2) pueden re-expresarse como:

$$D_\mu \tilde{R}^a{}_\lambda{}^{\mu\nu} := R^a{}_{\lambda\mu\alpha} \tilde{T}^{\alpha\mu\nu} \tag{3}$$

y

$$D_\mu R^a{}_\lambda{}^{\mu\nu} := R^a{}_{\lambda\mu\alpha} T^{\alpha\mu\nu} \tag{4}$$

respectivamente.

Definimos ahora un nuevo tensor de curvatura como sigue:

$$R^{\mu\nu} := q^\lambda{}_a R^a{}_\lambda{}^{\mu\nu} . \tag{5}$$

Su dual de Hodge es:

$$\tilde{R}^{\mu\nu} := q_a^{\lambda}\, \tilde{R}^{a}{}_{\lambda}{}^{\mu\nu}. \qquad (6)$$

La nueva curvatura $R^{\mu\nu}$ y su dual de Hodge conducen a dos ecuaciones de campo nuevas de la teoría ECE2, y forman parte del segundo cambio paradigmático. Conducen a ecuaciones de campo vectoriales que poseen la misma estructura fundamental que las ecuaciones de MH, pero que contienen mucha más información.

El utilizar el postulado de la tétrada, como se describe en la Nota 315(7) en el portal www.aias.us , conduce a

$$D_\mu \tilde{R}^{\mu\nu} = R_{\mu\alpha} \tilde{T}^{\alpha\mu\nu}; \quad D_\mu R^{\mu\nu} = R_{\mu\alpha} T^{\alpha\mu\nu} \qquad (7)$$

Ahora empleamos la identidad de Ricci, que es la misma cosa que la derivada covariante de un tensor de rango dos:

$$D_\sigma T^{\mu_1 \mu_2} = \partial_\sigma T^{\mu_1\mu_2} + \Gamma^{\mu_1}_{\sigma\lambda} T^{\lambda\mu_2} + \Gamma^{\mu_2}_{\sigma\lambda} T^{\mu_1\lambda} \qquad (8)$$

para encontrar que:

$$D_\mu \tilde{R}^{\mu\nu} = \partial_\mu \tilde{R}^{\mu\nu} + \Gamma^{\mu}_{\mu\lambda} \tilde{R}^{\lambda\nu} + \Gamma^{\nu}_{\mu\lambda} \tilde{R}^{\mu\lambda} \qquad (9)$$

y

$$D_\mu R^{\mu\nu} = \partial_\mu R^{\mu\nu} + \Gamma^{\mu}_{\mu\lambda} R^{\lambda\nu} + \Gamma^{\nu}_{\mu\lambda} R^{\mu\lambda}. \qquad (10)$$

Se deduce entonces que:

$$\partial_\mu \tilde{R}^{\mu\nu} = j^\nu \qquad (11)$$

y

$$\partial_\mu R^{\mu\nu} = J^\nu \qquad (12)$$

donde:

$$j^\nu = R_{\mu\alpha} \tilde{T}^{\alpha\mu\nu} - \Gamma^{\mu}_{\mu\lambda} \tilde{R}^{\lambda\nu} - \Gamma^{\nu}_{\mu\lambda} \tilde{R}^{\mu\lambda} \qquad (13)$$

y

$$J^{\nu} = R_{\mu\alpha} T^{\alpha\mu\nu} - \Gamma^{\mu}_{\mu\lambda} R^{\lambda\nu} - \Gamma^{\nu}_{\mu\lambda} R^{\mu\lambda}. \tag{14}$$

Esta geometría se transforma en electrodinámica utilizando la hipótesis ECE2:

$$F^{\mu\nu} = W^{(0)} R^{\mu\nu} \tag{15}$$

donde $W^{(0)}$ es un escalar con las unidades de flujo magnético (weber o tesla metros cuadrados). Se deduce entonces que las ecuaciones tensoriales de la electrodinámica en la teoría ECE2 son:

$$\partial_{\mu} \tilde{F}^{\mu\nu} = W^{(0)} j^{\nu} = j^{\nu}_{m} \tag{16}$$

y

$$\partial_{\mu} F^{\mu\nu} = W^{(0)} J^{\nu} = J^{\nu}_{E}$$

donde j_m y J_E son densidades de corriente/carga eléctrica y magnética. Para traducir las ecuaciones de campo tensoriales a ecuaciones de campo vectoriales, definimos:

$$F^{\mu\nu} := \begin{bmatrix} 0 & -E_X/c & -E_Y/c & -E_Z/c \\ E_X/c & 0 & -B_Z & B_Y \\ E_Y/c & B_Z & 0 & -B_X \\ E_Z/c & -B_Y & B_X & 0 \end{bmatrix} \tag{18}$$

y

$$\tilde{F}^{\mu\nu} := \begin{bmatrix} 0 & -B_X & -B_Y & -B_Z \\ B_X & 0 & E_Z/c & -E_Y/c \\ B_Y & -E_Z/c & 0 & E_X/c \\ B_Z & E_Y/c & -E_X/c & 0 \end{bmatrix} \tag{19}$$

En la notación del Capítulo 2. Se deduce entonces que las ecuaciones de campo ECE2 de la electrodinámica son las siguientes cuatro ecuaciones

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{B} = W^{(0)} j^0 \tag{20}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{E} + \frac{\partial \underline{B}}{\partial t} = c W^{(0)} \underline{j} \tag{21}$$

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{E} = c W^{(0)} J^0 \tag{22}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{B} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} = W^{(0)} \underline{J} \tag{23}$$

En estas ecuaciones:

$$\underline{j} = j^1 \underline{i} + j^2 \underline{j} + j^3 \underline{k} = j_x \underline{i} + j_y \underline{j} + j_z \underline{k} \tag{24}$$

y

$$\underline{J} = J^1 \underline{i} + J^2 \underline{j} + J^3 \underline{k} = J_x \underline{i} + J_y \underline{j} + J_z \underline{k} \tag{25}$$

En las Ecs. (20) a (25), los índices internos son implícitos (UFT315 en el portal www.aias.us). Tal como se describe en este capítulo, pueden eliminarse sin pérdida de generalidad.

Las Ecs. (20) a (23) poseen la misma estructura general que las ecuaciones de MH, pero contienen mucha más información. Este libro inicia su desarrollo.

Las ecuaciones de campo ECE2 (20) a (23) permiten la existencia de la carga magnética, o monopolo magnético:

$$j_m^0 = W^{(0)} j^0 \tag{26}$$

donde

$$j^0 = R_{\mu\alpha} \tilde{T}^{\alpha\mu 0} - \Gamma^{\mu}_{\mu\lambda} \tilde{R}^{\lambda 0} - \Gamma^{0}_{\mu\lambda} \tilde{R}^{\mu\lambda}. \tag{27}$$

La densidad de corriente magnética es:

$$\underline{j}_m = c W^{(0)} \underline{j} \tag{28}$$

donde

$$j^{\nu} = R_{\mu\alpha} \tilde{T}^{\alpha\mu\nu} - \Gamma^{\mu}_{\mu\lambda} \tilde{R}^{\lambda\nu} - \Gamma^{\nu}_{\mu\lambda} \tilde{R}^{\mu\lambda} \tag{29}$$

para los tres índices (30)

$$\nu = 1, 2, 3.$$

La densidad de carga eléctrica se define mediante:

$$J^{0}_{E} = c W^{(0)} J^{0} \tag{31}$$

donde

$$J^{0} = R_{\mu\alpha} T^{\alpha\mu 0} - \Gamma^{\mu}_{\mu\lambda} R^{\lambda 0} - \Gamma^{0}_{\mu\lambda} R^{\mu\lambda} \tag{32}$$

y la densidad de corriente eléctrica es:

$$\underline{J}_{E} = W^{(0)} \underline{J} \tag{33}$$

donde

$$\underline{J} = J^{1} \underline{i} + J^{2} \underline{j} + J^{3} \underline{k} \tag{34}$$

Para los tres índices: (35)

$$\nu = 1, 2, 3.$$

entonces:

$$J^{\mu} = R_{\mu\alpha} T^{\alpha\mu\nu} - \Gamma^{\mu}_{\mu\lambda} R^{\lambda\nu} - \Gamma^{\nu}_{\mu\lambda} R^{\mu\lambda} \tag{36}$$

Las Ecs. (20) a (23) son las leyes de Gauss, Faraday, Coulomb y Ampere Maxwell, basadas en la curvatura.

En la segunda hipótesis ECE2, introducida en el documento UFT315, el campo electromagnético se define como:

$$F^a_{\lambda\mu\nu} := W^{(0)} R^a_{\lambda\mu\nu} \tag{37}$$

que se comprara con la hipótesis original de la teoría ECE del año 2003:

$$F^a_{\mu\nu} := A^{(0)} T^a_{\mu\nu} \tag{38}$$

Utilizando la identidad de Cartan:

$$D_\mu T^a_{\nu\rho} + D_\rho T^a_{\mu\nu} + D_\nu T^a_{\rho\mu} := R^a_{\mu\nu\rho} + R^a_{\rho\mu\nu} + R^a_{\nu\rho\mu} \tag{39}$$

se deduce que:

$$D_\mu F^a_{\nu\rho} + D_\rho F^a_{\mu\nu} + D_\nu F^a_{\rho\mu} := \frac{A^{(0)}}{W^{(0)}}\left(F^a_{\mu\nu\rho} + F^a_{\rho\mu\nu} + F^a_{\nu\rho\mu}\right) \tag{40}$$

Los índices tangenciales de Cartan pueden eliminarse sin pérdida de generalidad, tal como se describe en UFT316. En la notación vectorial introducida en UFT254 y UFT255, la identidad de Cartan se divide en dos ecuaciones vectoriales, la primera de las cuales es:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{T}^a(\text{espín}) + \underline{\omega}^a{}_b \cdot \underline{T}^b(\text{espín}) = \underline{q}^b \cdot \underline{R}^a{}_b(\text{espín}) \tag{41}$$

donde $\underline{T}^a$ (espín) es el vector de torsión de espín, $\underline{\omega}^a{}_b$ es el vector de conexión de espín, $\underline{q}^b$ es el vector de la tétrada y $\underline{R}^a{}_b$ (espín) es el vector de curvatura de espín. En la teoría ECE original, la densidad de flujo magnético se define como:

$$\underline{B}^a = A^{(0)} \underline{T}^a(\text{espín}) \tag{42}$$

donde el escalar $A^{(0)}$ posee las unidades de densidad de flujo (tesla o weber por metro cuadrado). Esta definición también se utiliza en la teoría ECE2, y se suplementa con la nueva hipótesis:

$$\underline{B}^a{}_b = W^{(0)} \underline{R}^a{}_b(\text{espín}) \tag{43}$$

donde $W^{(0)}$ tiene las unidades de weber y donde las unidades de la curvatura de espín son la inversa de metros cuadrados.

Por lo tanto, la Ec. (41) de la geometría deviene:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{B}^a + \underline{\omega}^a{}_b \cdot \underline{B}^b = \left(\frac{A^{(0)}}{W^{(0)}}\right) \underline{A}^b \cdot \underline{B}^a{}_b = \frac{1}{r^{(0)}} \underline{q}^b \cdot \underline{B}^a{}_b \tag{44}$$

de la electrodinámica, donde la longitud característica $r^{(0)}$ tiene las unidades de metros. El potencial electromagnético $\underline{A}^b$ se define en la teoría ECE original:

$$\underline{A}^b = A^{(0)} \underline{q}^b \tag{45}$$

de manera que la Ec. (44) deviene la ley del magnetismo de Gauss, Q. E. D.:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{B}^a = \frac{1}{W^{(0)}} \underline{A}^b \cdot \underline{B}^a{}_b - \underline{\omega}^a{}_b \cdot \underline{B}^b \tag{46}$$

La carga magnética, o monopolo, se define como:

$$J_m^{(0)} = \frac{1}{W^{(0)}} \underline{A}^b \cdot \underline{B}^a{}_b - \underline{\omega}^a{}_b \cdot \underline{B}^b \tag{47}$$

Los índices tangenciales pueden eliminarse sin pérdida de generalidad, utilizando el procedimiento introducido en el documento UFT316:

$$\underline{B} := - e_a \underline{B}^a \tag{48}$$

donde $\underline{e}_a$ es el vector unitario en el espacio tangente. En la base cartesiana:

$$e_a = (1, -1, -1, -1) \tag{49}$$

y en la base circular compleja:

$$e_a = \left(1, -\frac{1}{\sqrt{2}}(1+i), -\frac{1}{\sqrt{2}}(1-i), -1\right) \tag{50}$$

De manera que en la base circular compleja:

$$\underline{B} = e_{(0)} \underline{B}^{(0)} - e_{(1)} \underline{B}^{(1)} - e_{(2)} \underline{B}^{(2)} - e_{(3)} \underline{B}^{(3)} \tag{51}$$

Por definición:

$$\underline{B}^{(0)} = \underline{0} \tag{52}$$

porque el vector $\underline{B}$ de naturaleza espacial no tiene componente temporal. En general:

$$\underline{B}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(B_X \underline{i} - i B_Y \underline{j}\right) \tag{53}$$

y:

$$\underline{B}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(B_X \underline{i} + B_Y \underline{j}\right) \tag{54}$$

De manera que en la Ec. (51):

$$\begin{aligned}\underline{B} &= \frac{1}{\sqrt{2}}(1+i)\frac{1}{\sqrt{2}}\left(B_X\underline{i} - iB_Y\underline{j}\right) + \frac{1}{\sqrt{2}}(1-i)\left(B_X\underline{i} + iB_Y\underline{j}\right) + B_Z\underline{k} \\ &= B_X \underline{i} + B_Y \underline{j} + B_Z \underline{k}\end{aligned} \tag{55}$$

donde utilizamos:

$$\underline{B}^{(3)} = B_Z \underline{k}. \tag{56}$$

Multiplicamos ahora ambos lados de la Ec. (46) por $-\underline{e}_a$ para obtener:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{B} = \frac{1}{W^{(0)}} \underline{A}^b \cdot \underline{B}_b - \underline{\omega}_b \cdot \underline{B}^b \tag{57}$$

en donde:

$$\underline{A}^b \cdot \underline{B}_b = e^b e_b \underline{A} \cdot \underline{B} \tag{58}$$

$$\underline{\omega}_b \cdot \underline{B}^b = e_b e^b \underline{\omega} \cdot \underline{B} \tag{59}$$

En la base cartesiana:

$$e_b e^b = e^b e_b = -2 \tag{60}$$

y

$$e_b e^{b*} = e^b e^*_b = -2 \tag{61}$$

donde * denota complejo conjugado. De manera que:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{B} = 2\, \underline{B} \cdot \left(\underline{\omega} - \frac{1}{W^{(0)}} \underline{A} \right) \tag{62}$$

y el monopolo magnético puede definirse como:

$$J^0_m = 2\, \underline{B} \cdot \left(\underline{\omega} - \frac{1}{W^{(0)}} \underline{A} \right) \tag{63}$$

y desaparece si y sólo si:

$$\underline{A} = W^{(0)} \underline{\omega} . \tag{64}$$

La torsión de espín y la curvatura de espín se definen en notación vectorial como:

$$\underline{T}^b(\text{espín}) = \underline{\nabla} \times \underline{q}^b - \underline{\omega}^b_c \times \underline{q}^c \tag{65}$$

y

$$\underline{R}^a{}_b(\text{espín}) = \underline{\nabla} \times \underline{\omega}^a_b - \underline{\omega}^a_c \times \underline{\omega}^c_b \tag{66}$$

a partir de la cual se deduce, luego de un poco de álgebra, que:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{q}^b \times \underline{\omega}^a_b = 0. \tag{67}$$

Este es el formato más sucinto de la ecuación vectorial (41).

En la teoría ECE2, el potencial de flujo magnético se define mediante:

$$\underline{W}^a_b = W^{(0)} \underline{\omega}^a_b \tag{68}$$

en unidades de tesla metros. La hipótesis ECE2 (68) aumenta la hipótesis ECE original:

$$\underline{A}^a = A^{(0)} \underline{q}^a \tag{69}$$

Se deduce, a partir de la ecuación geométrica (67), que:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{A}^b \times \underline{W}^a_{\ b} = 0 \tag{70}$$

y luego de la eliminación de índices:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{A} \times W = 0 \tag{71}$$

dando una relación fundamental entre $\underline{A}$ y $\underline{W}$.

La ley de inducción de Faraday se deduce a partir del segundo formato vectorial de la identidad de Cartan:

$$\begin{aligned} &\frac{1}{c}\frac{\partial \underline{T}^a}{\partial t}(\text{espín}) + \underline{\nabla} \times \underline{T}^a(\text{orb}) \\ &= q^b_{\ 0}\, \underline{R}^a_{\ b}(\text{espín}) + \underline{q}^b \times \underline{R}^a_{\ b}(\text{orb}) \\ &\quad - \left(\omega^a_{\ 0b}\, \underline{T}^b(\text{espín}) + \underline{\omega}^a_{\ b} \times \underline{T}^b(\text{orb}) \right) \end{aligned} \tag{72}$$

en donde:

$$\underline{T}^a(\text{orb}) = -\underline{\nabla} q^a_{\ 0} - \frac{1}{c}\frac{\partial \underline{q}^a}{\partial t} - \omega^a_{\ 0b}\, \underline{q}^b + q^b_{\ 0}\, \underline{\omega}^a_{\ b} \tag{73}$$

es la torsión orbital y

$$\underline{R}^a_{\ b}(\text{orb}) = -\underline{\nabla}\, \omega^a_{\ 0b} - \frac{1}{c}\frac{\partial \underline{\omega}^a_{\ b}}{\partial t} - \omega^a_{\ 0c}\, \underline{\omega}^c_{\ b} + \omega^c_{\ 0b}\, \underline{\omega}^a_{\ c} \tag{74}$$

es la curvatura orbital. Las Notas 316(6) y 316(7) en el portal www.aias.us traducen éstas en ecuaciones de electromagnetismo, utilizando:

$$\begin{aligned} &\underline{B}^a = A^{(0)}\, \underline{T}^a(\text{espín})\ ; \quad \underline{B}^a_{\ b} = W^{(0)}\, \underline{R}^a_{\ b}(\text{espín})\ ; \\ &\underline{E}^a = cA^{(0)}\, \underline{T}^a(\text{orb})\ ; \quad \underline{E}^a_{\ b} = cW^{(0)}\, \underline{R}^a_{\ b}(\text{orb}) \end{aligned} \tag{75}$$

Luego de cierta álgebra vectorial, expresada con todo detalle en la Nota 316(7), se deduce la ley de inducción de Faraday:

$$\frac{\partial \underline{B}}{\partial t} + \underline{\nabla} \times \underline{E} = \underline{J}_m \qquad (76)$$

donde la densidad de corriente magnética es:

$$\underline{J}_m = 2\left(c\left(\omega_0 - \frac{q_0}{r^{(0)}}\right)\underline{B} + \left(\underline{\omega} - \frac{1}{r^{(0)}}\underline{q}\right)\times\underline{E}\right) \qquad (77)$$

Esto es igual a cero si y sólo si

$$q_0 = r^{(0)}\omega_0 \qquad (78)$$

y

$$\underline{q} = r^{(0)}\underline{\omega} \qquad (79)$$

El conjunto completo de ecuaciones de campo y de potencial de la teoría ECE2 también puede deducirse a partir de las identidades de Cartan y de Cartan Evans, mediante dos hipótesis fundamentales. Los índices tangenciales pueden eliminarse y las ecuaciones de la electrodinámica se deducen exactamente, junto con las leyes de conservación. Las relaciones de potencial de campo ECE2 se deducen a partir de las ecuaciones estructurales de Maurer Cartan. Las ecuaciones de campo resultantes, tal como se deducen en el documento UFT317, son las siguientes:

$$\underline{\nabla}\cdot\underline{B} = \underline{K}\cdot\underline{B} \qquad (80)$$

$$\underline{\nabla}\cdot\underline{E} = \underline{K}\cdot\underline{E} \qquad (81)$$

$$\frac{\partial \underline{B}}{\partial t} + \underline{\nabla}\times\underline{E} = -\left(K_0 c\underline{B} + \underline{K}\times\underline{E}\right) \qquad (82)$$

$$\underline{\nabla}\times\underline{B} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial \underline{E}}{\partial t} = \frac{K_0}{c}\underline{E} + \underline{K}\times\underline{B} \qquad (83)$$

donde:

$$K_0 = 2\left(\frac{q_0}{r^{(0)}} - \omega_0\right) \qquad (84)$$

$$\underline{K} = 2\left(\frac{1}{r^{(0)}}\underline{q} - \underline{\omega}\right) \qquad (85)$$

y donde el cuatro-vector de la tétrada es:

$$q_\mu = \left(q_0, -\underline{q}\right). \qquad (86)$$

El cuatro-vector de la conexión de espín es:

$$\omega_\mu = \left(\omega_0 , -\underline{\omega} \right). \tag{87}$$

Aquí, $\underline{\kappa}$ es el vector de onda del espacio-tiempo, y $c\kappa_0$ posee las unidades de frecuencia. La tétrada y la conexión de espín se incorporan al cuatro-vector de onda del espacio-tiempo mismo:

$$K^\mu = \left(K^0 , \underline{K} \right), \tag{88}$$

$$K_\mu = \left(K_0 , -\underline{K} \right). \tag{89}$$

En ausencia de la densidad de corriente/carga magnética:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{B} = 0 \tag{90}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{E} + \frac{\partial \underline{B}}{\partial t} = \underline{0} \tag{91}$$

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{E} = \underline{K} \cdot \underline{E} = \rho / \epsilon_0 \tag{92}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{B} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} = \mu_0 \underline{J} = \underline{K} \times \underline{B} . \tag{93}$$

Esta es, precisamente, la estructura de la teoría de MH, pero expresada en un espacio en que tanto la curvatura como la torsión son idénticamente distintas de cero. En ausencia de una densidad de corriente de carga magnética

$$K_0 = 2 \left(\frac{q_0}{r^{(0)}} - \omega_0 \right) = 0 \tag{94}$$

y

$$\underline{B} \perp \underline{K} \; ; \; \underline{E} \parallel \underline{K} \tag{95}$$

Se deduce entonces que:

$$\underline{E} \perp \underline{B} \tag{96}$$

un resultado que es consistentemente deducible a partir de la identidad de JCE del documento UFT313 en los documentos UFT314 y sigs. y resumidos en este capítulo.

La densidad de carga eléctrica es:

$$\rho = \epsilon_0 \underline{K} \cdot \underline{E} \tag{97}$$

y la densidad de corriente eléctrica es:

$$\underline{J} = \frac{1}{\mu_0} \underline{K} \times \underline{B} \tag{98}$$

donde

$$\epsilon_0 \mu_0 = \frac{1}{c^2} . \tag{99}$$

La densidad de corriente de carga eléctrica es, por lo tanto:

$$J^\mu = (c\rho, \underline{J}) = \frac{1}{\mu_0} \left(\frac{1}{c} \underline{K} \cdot \underline{E}, \underline{K} \times \underline{B} \right) \tag{100}$$

en ausencia de un monopolo magnético. La conservación de la densidad de corriente de carga es una ley fundamental de la física, que surge inmediatamente a través de ECE2 como sigue. A partir de la Ec. (93)

$$\mu_0 \underline{\nabla} \cdot \underline{J} = \underline{\nabla} \cdot \underline{\nabla} \times \underline{B} - \frac{1}{c^2} \underline{\nabla} \cdot \frac{\partial \underline{E}}{\partial t} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t} (\underline{\nabla} \cdot \underline{E}) = -\mu_0 \frac{\partial \rho}{\partial t} \tag{101}$$

utilizando la Ec. (91). Por lo tanto:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \underline{\nabla} \cdot \underline{J} = 0 \tag{102}$$

es decir

$$\partial_\mu J^\mu = 0 \tag{103}$$

Esto significa que:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\underline{K} \cdot \underline{E}) + c^2 \underline{\nabla} \cdot (\underline{K} \times \underline{B}) = 0 \tag{104}$$

en ausencia de la densidad de carga / corriente magnética. Por lo tanto, si $\underline{E}$ y $\underline{B}$ se conocen, $\underline{\kappa}$ puede hallarse a partir de la Ec. (104). Las ecuaciones del espacio libre se definen a través de la Ec. (94) junto con

$$\underline{q} = r^{(0)} \underline{\omega} \tag{105}$$

y así, en el espacio libre:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{B} = 0 \tag{106}$$

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{E} = 0 \tag{107}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{E} + \partial \underline{B} / \partial t = \underline{0} \tag{108}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{B} - \frac{1}{c^2} \partial \underline{E} / \partial t = \underline{0} \tag{109}$$

De manera que la electrodinámica clásica puede inferirse a partir de las identidades de Cartan y Evans junto con las hipótesis (75a) a (75b).

ECE2 ofrece toda la información contenida en ECE en un formato mucho más sencillo, que puede utilizarse de una manera más sencilla por científicos e ingenieros.

La diferencia clave entre ECE2 y MH es que en MH:

$$A^\mu = (\phi, c\underline{A}) ; \quad \underline{B} = \underline{\nabla} \times \underline{A} \tag{110}$$

mientras que en ECE2:

$$\underline{B} = \underline{\nabla} \times \underline{A} + 2\, \underline{\omega} \times \underline{A} \tag{111}$$

donde el cuatro-vector de la conexión de espín se define por:

$$\omega_\mu = (\omega_0, -\underline{\omega}) . \tag{112}$$

Análogamente, en MH:

$$\underline{E} = -\underline{\nabla} \phi - \frac{\partial \underline{A}}{\partial t} \tag{113}$$

y en ECE2:

$$\underline{E} = -\underline{\nabla} \phi - \frac{\partial \underline{A}}{\partial t} + 2 \left(c\omega_0 \underline{A} - \phi \underline{\omega} \right) \tag{114}$$

La existencia de la conexión de espín se demostró recientemente en el documento UFT311, en donde se logra una coincidencia precisa con los datos experimentales a través del empleo de la conexión de espín. De manera que ECE2 se basa firmemente en datos experimentales y es una teoría baconiana.

En ECE2 hay nuevas relaciones entre los campos y las conexiones de espín, basadas en los formatos vectoriales de la segunda ecuación estructural de Maurer Cartan:

$$\underline{R}^a{}_b(\text{espín}) = \underline{\nabla} \times \underline{\omega}^a{}_b - \underline{\omega}^a{}_c \times \underline{\omega}^c{}_b \tag{115}$$

y:

$$\underline{R}^a{}_b(\text{orb}) = -\underline{\nabla}\omega^a{}_{0b} - \frac{1}{c}\frac{\partial \underline{\omega}^a{}_b}{\partial t} - \omega^a{}_{0c}\,\underline{\omega}^c{}_b + \underline{\omega}^c{}_{0b}\,\underline{\omega}^a{}_c \tag{116}$$

Los índices tangenciales se eliminan empleando:

$$\underline{R}(\text{espín}) = e^b e_a \underline{R}^a{}_b(\text{espín}) \tag{117}$$

y:

$$\underline{R}(\text{orb}) = e^b e_a \underline{R}^a{}_b(\text{orb}) \tag{118}$$

Por lo tanto:

$$\underline{R}(\text{espín}) = \underline{\nabla} \times \underline{\omega} - \underline{\omega}_c \times \underline{\omega}^c = \underline{\nabla} \times \underline{\omega} \tag{119}$$

y:

$$\begin{aligned}\underline{R}(\text{orb}) &= -\underline{\nabla}\omega_0 - \frac{1}{c}\frac{\partial \underline{\omega}}{\partial t} - \omega_{0c}\underline{\omega}^c + \omega_0^c\underline{\omega}_c \\ &= -\underline{\nabla}\omega_0 - \frac{1}{c}\frac{\partial \underline{\omega}}{\partial t}\end{aligned} \tag{120}$$

La geometría se convierte en electrodinámica utilizando:

$$\underline{B} = W^{(0)}\underline{R}(\text{espín}) \tag{121}$$

$$\underline{E} = cW^{(0)}\underline{R}(\text{orb}) \tag{122}$$

y:

$$W^\mu = W^{(0)}\omega^\mu \tag{123}$$

y el nuevo cuatro-vector de potencial:

$$W^{\mu} = (\phi_W, c\underline{W}) \quad (124)$$

que posee las mismas unidades que A^{μ}. Aquí, $W^{(0)}$ posee las unidades de flujo magnético (weber). Por lo tanto:

$$\underline{B} = \underline{\nabla} \times \underline{W} \quad (125)$$

y:

$$\underline{E} = -c\,\underline{\nabla}\, W_0 - \partial \underline{W}/\partial t = -\underline{\nabla}\,\phi_W - \partial \underline{W}/\partial t \quad (126)$$

donde:

$$\phi_W = c\, W_0 . \quad (127)$$

El resultado global es:

$$\underline{B} = \underline{\nabla} \times \underline{W} = \underline{\nabla} \times \underline{A} + 2\, \underline{\omega} \times \underline{A} \quad (128)$$

y

$$\underline{E} = -\underline{\nabla}\,\phi_W - \frac{\partial \underline{W}}{\partial t} = -\underline{\nabla}\,\phi - \frac{\partial \underline{A}}{\partial t} + 2\left(c\,\omega_0 \underline{A} - \phi\, \underline{\omega}\right) \quad (129)$$

Las ecuaciones de campo gravitacionales ECE2 se deducen a partir de la misma geometría que las ecuaciones de campo electrodinámicas. Uno de los principales descubrimientos de este método es que el campo gravitacional puede desaparecer bajo condiciones bien definidas, y puede volverse positivo, de manera que un objeto con masa *m* puede verse repelido por un objeto de masa *M*. Las leyes de antisimetría de ECE2 se deducen en el siguiente desarrollo y se emplean para deducir el principio de equivalencia newtoniano a partir de geometría. La teoría de la resonancia de conexión de espín puede desarrollarse para obtener una gravitación igual a cero. Se analizan los efectos de Aharonov Bohm de la teoría ECE2 del vacío.

Las ecuaciones gravitacionales de ECE2 son como sigue (UFT317 y Notas de

Acompañamiento correspondientes):

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{g} = \underline{\kappa} \cdot \underline{g} = 4\pi G \rho_m \tag{130}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{g} + \frac{\partial \underline{\Omega}}{\partial t} = -\left(c\kappa_0 \underline{\Omega} + \underline{\kappa} \times \underline{g} \right) = \frac{4\pi G}{c} \underline{J}_\Omega \tag{131}$$

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{\Omega} = \underline{\kappa} \cdot \underline{\Omega} = \frac{4\pi G}{c} \rho_\Omega \tag{132}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{\Omega} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial \underline{g}}{\partial t} = \frac{\kappa_0}{c} \underline{g} + \underline{\kappa} \times \underline{\Omega} = \frac{4\pi G}{c^2} \underline{J}_m \tag{133}$$

Aquí, g es el campo gravitacional, G es la constante de Newton, ρ_m es la densidad de masa, $\underline{J}_m$ es la corriente de densidad de masa, $\underline{\Omega}$ es el campo gravitomagnético, ρ_Ω es la densidad de masa gravitomagnética, y $\underline{J}_\Omega$ es la corriente de masa gravitomagnética. En estas ecuaciones, κ_0 y $\underline{\kappa}$ se definen de la misma manera que en electrodinámica, así como sucede con los vectores de la tétrada y de conexión de espín, por tratarse de cantidades geométricas. Las relaciones de potencial de campo se deducen de la misma manera que las de la electrodinámica, a partir de las identidades de Cartan y Evans. Son:

$$\underline{g} = -\underline{\nabla}\Phi - \frac{\partial \underline{Q}}{\partial t} + 2\left(c\omega_0 \underline{Q} - \Phi \underline{\omega} \right) \tag{134}$$

y

$$\underline{\Omega} = \underline{\nabla} \times \underline{Q} + 2\,\underline{\omega} \times \underline{Q} \tag{135}$$

donde el cuatro-vector de la densidad de masa/corriente es:

$$J_m^\mu = \left(c\rho_m, \underline{J}_m \right) \tag{136}$$

y donde el cuatro-vector del potencial gravitacional es:

$$Q^\mu = \left(\Phi, c\underline{Q} \right). \tag{137}$$

En electrodinámica siempre se supone que la densidad de carga/corriente magnética es igual a cero. La suposición paralela en teoría gravitacional conduce a las ecuaciones de campo gravitacional:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{\Omega} = 0 \tag{138}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{g} + \frac{\partial \underline{\Omega}}{\partial t} = \underline{0} \tag{139}$$

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{g} = \underline{K} \cdot \underline{g} = 4\pi G \rho_m \tag{140}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{\Omega} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial \underline{g}}{\partial t} = \underline{K} \times \underline{\Omega} = \frac{4\pi G}{c^2} \underline{J}_m \tag{141}$$

cuya estructura global es la misma que la de las ecuaciones electrodinámicas ECE2, y ambos conjuntos de ecuaciones de campo son covariantes según ECE2. A partir de las Ecs. (140) y (141):

$$\frac{4\pi G}{c^2} \underline{\nabla} \cdot \underline{J}_m = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t} \left(\underline{\nabla} \cdot \underline{g} \right) = -\frac{4\pi G}{c^2} \frac{\partial \rho_m}{\partial t} \tag{142}$$

y se deduce entonces que:

$$\frac{\partial \rho_m}{\partial t} + \underline{\nabla} \cdot \underline{J}_m = 0 \tag{143}$$

es decir,

$$\partial_\mu J^\mu_m = 0 \tag{144}$$

que es la ecuación ECE2 de conservación de la densidad de corriente de masa.

En gravitación newtoniana, se sabe a través de experimentos que:

$$\underline{g} = g_r \underline{e}_r = -\frac{MG}{r^2} \underline{e}_r \tag{145}$$

con un excelente grado de aproximación, aun cuando la ley (145) no toma en cuenta la precesión del perihelio y similares, ni toma en cuenta las aceleraciones de Coriolis sin el empleo de un marco en rotación, tal como el de las coordenadas polares planas. Se deduce que:

$$\frac{\partial g_r}{\partial r} = \frac{2MG}{r^3} = 2 g_r \left(\frac{1}{r(0)} q_r - \omega_r \right) = -\frac{2MG}{r^2} \left(\frac{1}{r(0)} q_r - \omega_r \right) \tag{146}$$

y que:

$$K_r = -\frac{2}{r}. \tag{147}$$

Esta ecuación reduce la gravitación ECE2 a la gravitación newtoniana, cuyas únicas ecuaciones de campo son:

$$\underline{g} = -\underline{\nabla} \underline{\Phi} \tag{148}$$

y

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{g} = 4\pi G \rho_m \tag{149}$$

junto con el principio de equivalencia newtoniano:

$$\underline{F} = m\underline{g} = -\frac{mMG}{r^2} \underline{e}_r \tag{150}$$

En la teoría newtoniana, la Ec. (150) no se ha demostrado a nivel teórico, pero en gravitación ECE2 puede deducirse a partir de geometría y asimetría, como sigue.

Consideremos las generalizaciones ECE2 de las leyes de Coulomb y Newton:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{E} = \underline{\kappa} \cdot \underline{E} = \rho_e / \epsilon_0 \tag{151}$$

y

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{g} = \underline{\kappa} \cdot \underline{g} = 4\pi G \rho_m \tag{152}$$

La fuerza de campo eléctrico se define por:

$$\underline{E} = -\underline{\nabla} \phi_e - \frac{\partial \underline{A}}{\partial t} + 2\left(c\omega_0 \underline{A} - \phi_e \underline{\omega}\right) \tag{153}$$

y el cuatro-potencial electromagnético es:

$$A^\mu = \left(c\rho_e, \underline{J}_e\right) \tag{154}$$

Las leyes de antisimetría de ECE2 [1-12] son, por lo tanto:

$$-\underline{\nabla} \phi_e + 2c\omega_0 \underline{A} = -\frac{\partial \underline{A}}{\partial t} - 2\phi_e \underline{\omega} \tag{155}$$

y

$$-\underline{\nabla} \Phi_m + 2c\omega_0 \underline{Q} = -\frac{\partial \underline{Q}}{\partial t} - 2\Phi_m \underline{\omega} . \tag{156}$$

En ausencia de un potencial vectorial $\underline{A}$ y un potencial gravitomagnético $\underline{Q}$:

$$\underline{E} = -\underline{\nabla}\phi_e = -2\phi_e\underline{\omega} \tag{157}$$

y

$$\underline{g} = -\underline{\nabla}\Phi_m = -2\Phi_m\underline{\omega} \tag{158}$$

El principio de equivalencia newtoniano se deduce de inmediato a partir de la Ec. (158):

$$\underline{F} = m\underline{g} = -m\underline{\nabla}\Phi = -2m\Phi\underline{\omega} \tag{159}$$

donde el potencial gravitacional escalar de la gravitación universal newtoniana es:

$$\Phi = -\frac{MG}{r} \tag{160}$$

De manera que:

$$\underline{F} = m\underline{g} = -\frac{mM}{r^2}\underline{e}_r = -2\frac{mMG}{r}\underline{\omega} \tag{160.b}$$

Se deduce que el vector de conexión de espín es:

$$\underline{\omega} = \frac{1}{2r}\underline{e}_r \tag{161}$$

Análogamente, en electrostática:

$$\underline{F} = e\underline{E} = -e\underline{\nabla}\phi_e = -2m\phi_e\underline{\omega} \tag{162}$$

donde el potencial escalar es:

$$\phi_e = -\frac{e_1}{4\pi\epsilon_0 r} \tag{163}$$

De manera que

$$\underline{F} = e\underline{E} = -\frac{ee_1}{4\pi\epsilon_0 r^2}\underline{e}_r = -2\frac{e_1}{4\pi\epsilon_0 r}\underline{\omega} \tag{164}$$

y el vector de conexión de espín es, nuevamente:

$$\underline{\omega} = \frac{1}{2r}\,\underline{e}_r \tag{165}$$

En ausencia de un potencial vectorial:

$$\underline{E} = -\underline{\nabla}\phi_e - 2\phi_e\underline{\omega} \tag{166}$$

y:

$$\underline{\nabla}\cdot\underline{E} = \rho_e/\epsilon_0 \tag{167}$$

ó:

$$\left(\nabla^2 + k_0^2\right)\phi_e = -\rho_e/\epsilon_0 \tag{168}$$

donde k_0^2 se define mediante:

$$k_0^2 = 2\,\underline{\nabla}\cdot\underline{\omega} \tag{169}$$

La Ec.(168) deviene una ecuación de Euler Bernoulli no amortiguada con la siguiente elección de densidad de carga eléctrica:

$$\rho_e = -\epsilon_0 A\cos(kZ) \tag{170}$$

de manera que la ecuación de Euler Bernoulli es:

$$\frac{\partial^2\phi_e}{\partial Z^2} + k_0^2\phi_e = A\cos(kZ) \tag{171}$$

cuya solución es:

$$\phi_e = A\,\frac{\cos(kZ)}{k_0^2 - k^2}\,. \tag{172}$$

Análogamente, en teoría gravitacional:

$$\left(\nabla^2 + k_0^2\right)\Phi_m = -4\pi G\rho_m\,. \tag{173}$$

Esta ecuación deviene una ecuación de Euler Bernoulli si:

$$4\pi G \rho_m = -A \cos(kZ) \tag{174}$$

dando la solución:

$$\Phi_m = A \frac{\cos(kZ)}{k_0^2 - k^2} \tag{175}$$

La Ec. (173) se reduce a la ecuación de Poisson de dinámica newtoniana:

$$\nabla^2 \Phi_m = -4\pi G \rho_m \tag{176}$$

cuando:

$$k_0^2 = 2 \underline{\nabla} \cdot \underline{\omega} = 0. \tag{177}$$

La aceleración debida a la gravedad de la masa *m* en la teoría ECE2 es:

$$\underline{g}_m = -\nabla \Phi_m - 2 \underline{\omega} \Phi_m \tag{178}$$

y la fuerza gravitacional entre una masa de prueba *m* y una masa *M* tal como la de la Tierra, es:

$$\underline{F} = M \underline{g}_m \tag{179}$$

En el eje Z:

$$\Phi_m = A \frac{\cos(k_Z Z)}{k_0^2 - k_Z^2} \tag{180}$$

y:

$$-\underline{\nabla} \Phi_m = -\frac{\partial \Phi_m}{\partial Z} = A k_Z \frac{\operatorname{sen}(k_Z Z)}{k_0^2 - k_Z^2} \tag{181}$$

de manera que

$$g_Z = \frac{A}{k_0^2 - k_Z^2}\left(k_Z \operatorname{sen}(k_Z Z) - 2\omega_Z \cos(k_Z Z)\right) \tag{182}$$

Bajo la condición:

$$\tan(k_Z Z) = 2\frac{\omega_Z}{k_Z} \tag{183}$$

se deduce que:

$$g_Z = 0 \tag{184}$$

y

$$\underline{F} = M g_Z = 0. \tag{185}$$

Por lo tanto, en la teoría ECE2 es posible que la gravitación desaparezca.

La energía potencial gravitacional, en unidades de joules, de la masa *m* es:

$$U_m = m\Phi_m \tag{186}$$

y la energía potencial electrostática, en unidades de joules, de una carga *e* es:

$$U_e = e\phi_e . \tag{187}$$

Por lo tanto:

$$(\nabla^2 + k_0^2)\, U_m = -4\pi m G \rho_m \tag{188}$$

y:

$$(\nabla^2 + k_0^2)\, U_e = -e\rho_e / \epsilon_0 . \tag{189}$$

Todas las formas de energía son inter-convertibles, de manera que:

$$(\nabla^2 + k_0^2)(U_m + U_e) = -\left(4\pi m G \rho_m + \frac{e \rho_e}{\epsilon_0}\right) \tag{190}$$

Para una masa *m* de un kg y una carga *e* de un Coulomb en un volumen de un metro cúbico

$$\frac{e \rho_e}{\epsilon_0} \gg 4\pi m G \rho_m \tag{191}$$

de manera que, con un excelente grado de aproximación:

$$(\nabla^2 + k_0^2)(m \Phi_m + e \phi_e) = -\frac{e}{\epsilon_0} \rho_e \tag{192}$$

Esta ecuación demuestra que la gravitación puede modificarse técnicamente a través de un dispositivo a bordo de una nave, diseñado para producir la fuerza impulsora:

$$A \cos(k_Z Z) = \frac{-e \rho_e}{\epsilon_0} \tag{193}$$

dando la ecuación de Euler Bernoulli:

$$(\nabla^2 + k_0^2)(m \Phi_m + e \phi_e) = A \cos(\underline{k} \cdot \underline{r}) \tag{194}$$

cuya solución es:

$$m \Phi_m + e \phi_e = \frac{A \cos(k_Z Z)}{k_0^2 - k_Z^2} \tag{195}$$

En el eje Z:

$$\Phi_{mZ} = \frac{1}{m}\left(\frac{A \cos(k_Z Z)}{k_0^2 - k_Z^2} - e \phi_e\right) \tag{196}$$

y así:

$$-\frac{\partial \Phi_{mZ}}{\partial Z} = \frac{1}{m}\left(A \frac{k_Z \operatorname{sen}(k_Z Z)}{k_0^2 - k_Z^2} - e \frac{\partial \phi_e}{\partial Z}\right) \tag{197}$$

dando la aceleración debida a la gravedad:

$$g_Z = \frac{1}{m}\left[\left(\frac{A k_Z \operatorname{sen}(k_Z Z)}{k_0^2 - k_Z^2} - 2 \omega_Z \cos(k_Z Z) + e\left(\frac{\partial \phi_e}{\partial Z} + 2 \omega_Z \phi_e\right)\right]\right. \tag{198}$$

No hay fuerza gravitacional entre *m* y *M* bajo la condición:

$$\tan(k_Z Z) = 2\omega_Z / k_Z \tag{199}$$

y:

$$\frac{\partial \phi_e}{\partial Z} = -2\omega_Z \phi_e \tag{200}$$

A partir de las Ecs. (196) y (193) el potencial gravitacional es:

$$\Phi_m = \frac{e}{m}\left(\frac{\rho_e}{\epsilon_0(k_Z^2 - k_0^2)} - \phi_e\right) \tag{201}$$

y no hay fuerza gravitacional entre *m* y *M* si Φ_m es igual a cero, de manera que en este caso:

$$\phi_e = \frac{\rho_e}{\epsilon_0(k_Z^2 - k_0^2)} \tag{202}$$

y la fuerza de campo eléctrico necesario para la condición (202) es:

$$\underline{E} = -\underline{\nabla}\phi_e - 2\phi_e\underline{\omega}\,. \tag{203}$$

Cuando la fuerza de campo eléctrico de un dispositivo abordo, contenido dentro de un vehículo con una masa *m,* se sintoniza a la condición (202), las fuerzas *g* entre *m* y *M* desaparecen. El vehículo ya no se ve atraído hacia la masa *M* de la Tierra.

La condición para contra-gravitación (g positiva) es una conexión de espín negativa, de manera que utilizando:

$$\underline{g} = -\underline{\nabla}\Phi_m + 2\Phi_m\underline{\omega} \tag{204}$$

g se vuelve positiva, o repulsiva, cuando

$$2\underline{\omega}\Phi_0 > \underline{\nabla}\Phi_m \tag{205}$$

y una masa *m* se levanta desde la superficie terrestre, es decir que se ve repelida por la masa *M* de la Tierra. Este proceso puede amplificarse mediante resonancia de conexión de espín, como ya se ha descrito.

El vacío ECE2 se define de diferentes maneras en este libro. Resulta conveniente iniciar el desarrollo de teoría del vacío utilizando las ecuaciones:

$$\underline{E} = -\underline{\nabla}\phi - \frac{\partial \underline{A}}{\partial t} + 2\left(c\omega_0 \underline{A} - \phi \underline{\omega}\right) = \underline{0} \tag{206}$$

y

$$\underline{B} = \underline{\nabla} \times \underline{A} + 2\underline{\omega} \times \underline{A} = \underline{0} \tag{207}$$

que demuestran que ϕ y $\underline{A}$ pueden ser distintas de cero cuando $\underline{E}$ y $\underline{B}$ son iguales a cero. Éstas son condiciones conocidas para los efectos Aharonov Bohm (AB), y se observa la existencia de potenciales a nivel experimental en ausencia de los campos.

Bajo la condición AB, los potenciales ECE2 describen la energía electromagnética presente en el espacio-tiempo (o vacío, o éter).

Por anti-simetría:

$$-\underline{\nabla}\phi + 2c\omega_0 \underline{A} = -\frac{\partial \underline{A}}{\partial t} - 2\phi \underline{\omega} \tag{208}$$

y se deduce que los potenciales del vacío se definen mediante:

$$-\underline{\nabla}\phi + 2c\omega_0 \underline{A} = \underline{0} , \tag{209}$$

$$-\partial \underline{A}/\partial t = 2\phi \underline{\omega} , \tag{210}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{A} + 2\underline{\omega} \times \underline{A} = \underline{0} \tag{211}$$

Si se supone, por simplicidad, que:

$$\omega_0 = 0 \tag{212}$$

entonces hay tres ecuaciones con tres incógnitas:

$$-\underline{\nabla}\phi + 2c\omega_0 \underline{A} = \underline{0} \tag{213}$$

$$-\partial \underline{A}/\partial t = 2\phi \underline{\omega} \tag{214}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{A} + 2\underline{\omega} \times \underline{A} = 0$$

Éstas puedan resolverse para ϕ , $\underline{A}$ y $\underline{\omega}$ del vacío.

Utilizando la prescripción mínima, el momento de energía contenido en el vacío es:

$$E^\mu = \left(\frac{E}{c}, \underline{p} \right) = eA^\mu = e\left(\frac{\phi}{c}, \underline{A} \right) \quad (215)$$

Por lo tanto, el vacío ECE2 se compone de fotones con masa y con el momento de energía:

$$E^\mu = eA^\mu = \hbar \kappa^\mu = \hbar \left(\frac{\omega}{c}, \underline{\kappa} \right) \quad (216)$$

que cumplen las ecuaciones del vacío de Einstein / de Broglie:

$$E = e\phi = \hbar\omega = \gamma mc^2 \quad (217)$$

y

$$\underline{p} = e\underline{A} = \hbar \underline{\kappa} = \gamma m \underline{v} \quad (218)$$

donde *m* es la masa del fotón y donde el factor de Lorentz es

$$\gamma = \left(1 - \frac{v^2}{c^2} \right)^{-1/2} \quad (219)$$

En el documento UFT311 publicado en los portales www.aias.us y www.upitec.org , el diseño de circuito requerido para extraer energía del vacío se describe con todo detalle, y se reporta una excelente coincidencia con la teoría ECE previa, la cual se desarrolló en la teoría ECE2 en este libro.

La teoría ECE2 proporciona una explicación nueva y sencilla para la desviación de la luz por causa gravitacional, y al así hacerlo da nuevas estimaciones de la masa del fotón utilizando covariancia ECE2. En la teoría ECE2, la fuerza debida a la gravedad es:

$$\underline{F} = m\underline{g} = -\underline{\nabla} U - \frac{\partial \underline{p}}{\partial t} - 2U\underline{\omega} + 2c\omega_0 \underline{p} \quad (220)$$

donde la energía potencial, en unidades de joules, es:

$$U = m\Phi . \quad (221)$$

El cuatro-vector de la conexión de espín es:

$$\omega^\mu = \left(\omega_0, \underline{\omega} \right) \quad (222)$$

y a partir de la prescripción mínima, el momento lineal $\underline{p}$ es:

$$\underline{p} = m\,\underline{Q} \tag{223}$$

donde el cuatro-potencial gravitacional es:

$$\Phi^{\mu} = \left(\frac{\Phi}{c}, \underline{Q} \right). \tag{224}$$

Por anti-simetría:

$$-\underline{\nabla} U - \frac{\partial \underline{p}}{\partial t} = -2U\underline{\omega} + 2c\omega_0 \underline{p} \tag{225}$$

de manera que la fuerza gravitacional es:

$$\underline{F} = m\underline{g} = 2\left(-\underline{\nabla} U - \frac{\partial \underline{p}}{\partial t} \right) = 4\left(c\omega_0 \underline{p} - U\underline{\omega} \right). \tag{226}$$

Es bien sabido [1-12] que existen severas limitaciones para la teoría newtoniana; no da la precesión del perihelio, y no puede explicar la desviación de la luz por causa de la gravedad o la curva de velocidad de una galaxia en espiral. También se sabe que la teoría de Einstein está llena de errores y omisiones, y no puede describir la curva de velocidad de una galaxia en espiral [1-12]. Ya se ha demostrado en este capítulo cómo la teoría ECE2 se reduce a la teoría newtoniana, pero la primera tiene varias ventajas fundamentales. Por ejemplo, da una razón para la gravitación, la cual no es otra cosa que geometría con una torsión y una curvatura distintas de cero. Newton nunca dio una razón para la existencia de la gravitación.

La teoría ECE2 puede reducirse a su límite newtoniano mediante el empleo de:

$$\underline{\nabla} U = \partial \underline{p} / \partial t \tag{227}$$

y

$$c\omega_0 \underline{p} = -U\underline{\omega} \tag{228}$$

que son expresiones del principio de equivalencia, tal como se comenta en el documento UFT319 y en sus Notas de Acompañamiento, publicados en el portal www.aias.us. Utilizando las Ecs. (227) y (228) en la Ec. (225):

$$\underline{F} = m\underline{g} = -4\underline{\nabla}U = -8U\underline{\omega} = -\frac{mMG}{r^2}\underline{e}_r \tag{229}$$

de manera que:

$$U = -\frac{mMG}{4r} \tag{230}$$

y se deduce entonces que el vector de conexión de espín es:

$$\underline{\omega} = \frac{1}{2r}\underline{e}_r \tag{231}$$

A partir de las Ecs. (147) y (231):

$$K_r = \frac{1}{r^{(0)}} q_r - \omega_r = -\frac{2}{r} \tag{232}$$

de manera que el vector de la tétrada es:

$$\underline{K} = K_r \underline{e}_r \underline{q} = -\frac{3}{2}\frac{r^{(0)}}{r}\underline{e}_r \tag{233}$$

Utilizando:

$$\omega_0 c \underline{p} = -U\underline{\omega} = \frac{mMG}{8r^2}\underline{e}_r \tag{234}$$

se deduce que el vector momento es:

$$\underline{p} = p_r \underline{e}_r = -\int_0^{\tau} \frac{mMG}{8r^2}\underline{e}_r \, dt \tag{235}$$

de manera que la parte escalar de la conexión de espín se define en el límite newtoniano como:

$$\omega_0 = -\frac{1}{cr^2}\left(\int_0^{\tau}\frac{1}{r^2}dt\right)^{-1}. \tag{236}$$

El potencial newtoniano ϕ y el potencial ECE2 Φ están relacionados por

$$\phi = 4\Phi. \tag{237}$$

Por lo tanto, la fuerza se define en el límite newtoniano de ECE2 como:

$$\underline{F} = m\underline{g} = -4\underline{\nabla} U = -8U\underline{w} = 4\,\partial \underline{p}/\partial t = 8c\,w_0 \underline{p} \tag{238}$$

y en ausencia de la densidad de corriente de carga gravitomagnética:

$$q_0 = r^{(0)} w_0 \tag{239}$$

En forma más general, la definición habitual de fuerza:

$$\underline{F} = m\underline{g} \tag{240}$$

debiera de sustituirse por la fuerza de Lorentz gravitacional, un concepto que no existe en la física establecida. La Nota 319(2) publicada en el portal www.aias.us, muestra que una posible solución de operador del límite newtoniano de la teoría ECE es:

$$\left(w_0, \underline{w}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}, -\underline{\nabla}\right) \tag{241}$$

ó

$$w^\mu = \frac{1}{2}\partial^\mu . \tag{242}$$

Utilizando la condición cuántica de Schroedinger:

$$p^\mu = i\hbar\partial^\mu = 2i\hbar w^\mu \tag{243}$$

la condición newtoniana (227) deviene:

$$\underline{\nabla}\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t}\underline{\nabla} = \underline{0} \tag{244}$$

dando una nueva ecuación de anti-conmutador de la gravedad cuántica:

$$\left[\underline{\nabla}, \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\right]\psi = 0 \tag{245}$$

Los efectos no newtonianos pueden explicarse mediante desviaciones respecto del conjunto de ecuaciones anterior. Por ejemplo, en la Nota 319(3) se demuestra que la condición para una gravedad igual a cero es:

$$\omega^{\mu} = -\frac{1}{2}\gamma^{\mu} \tag{246}$$

que es lo opuesto a la Ec. (242). En la Nota 319(4) se demuestra que la teoría ECE2 ofrece una explicación sencilla y original para la desviación de la luz por causa gravitacional.

La covariancia ECE2 significa que el elemento lineal infinitesimal de la teoría conduce a:

$$c^2 d\tau^2 = (c^2 - v^2)\, dt^2 \tag{247}$$

donde la velocidad orbital en coordenadas polares planas es:

$$v^2 = \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2. \tag{248}$$

Aquí, τ es el tiempo propio. Para la desviación de la luz por el Sol, una excelente aproximación de la órbita es la hipérbola:

$$r = \frac{\alpha}{1 + \epsilon\cos\theta} \tag{249}$$

con una gran excentricidad ϵ , de manera que la órbita es casi una línea recta, y la luz desde una estrella que roza la superficie solar se ve desviada muy ligeramente. Aquí, α es la semi latitud recta. Tal como se demostró en la Nota 319(4), la velocidad a partir de las Ecs. (248) y (249) es

$$v^2 = \frac{MG}{R_0}(1 + \epsilon) \tag{250}$$

donde R_0 es la distancia de máxima aproximación, igual a la semi latitud recta:

$$R_0 = \alpha. \tag{251}$$

El ángulo de desviación es:

$$\xi = 2\psi = \frac{2}{\epsilon} \sim \frac{2MG}{R_0 v^2} \tag{252}$$

con un excelente grado de aproximación. El resultado observado experimentalmente es:

$$\xi = \frac{4MG}{R_0 c^2} \tag{253}$$

de manera que se deduce que:

$$v^2 = \frac{1}{2} c^2 \tag{254}$$

que resulta equivalente a un factor de Lorentz:

$$\gamma = \frac{dt}{d\tau} = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} = 0.707 \tag{255}$$

Por lo tanto, la covariancia ECE2 da una explicación sencilla y directa del resultado experimental (253). El resultado (254) posee una interpretación adicional en UFT324. Significa también que existe un límite superior a la velocidad no relativista utilizada en la transformación de Lorentz. La existencia de este límite superior explica inmediatamente la desviación observada de la luz y la radiación electromagnética debida a la gravitación en términos de la covariancia ECE2.

La masa del fotón puede calcularse a partir de

$$\hbar\omega = \gamma m c^2 \tag{256}$$

y se representa gráficamente más adelante en este capítulo.

y a partir de la prescripción mínima, el momento lineal $\underline{p}$ es:

$$\underline{p} = m\,\underline{Q} \tag{223}$$

donde el cuatro-potencial gravitacional es:

$$\Phi^{\mu} = \left(\frac{\Phi}{c}, \underline{Q}\right). \tag{224}$$

Por anti-simetría:

$$-\underline{\nabla} U - \frac{\partial \underline{p}}{\partial t} = -2U\underline{\omega} + 2c\omega_0 \underline{p} \tag{225}$$

de manera que la fuerza gravitacional es:

$$\underline{F} = m\underline{g} = 2\left(-\underline{\nabla} U - \frac{\partial \underline{p}}{\partial t}\right) = 4\left(c\omega_0 \underline{p} - U\underline{\omega}\right). \tag{226}$$

Es bien sabido [1-12] que existen severas limitaciones para la teoría newtoniana; no da la precesión del perihelio, y no puede explicar la desviación de la luz por causa de la gravedad o la curva de velocidad de una galaxia en espiral. También se sabe que la teoría de Einstein está llena de errores y omisiones, y no puede describir la curva de velocidad de una galaxia en espiral [1-12]. Ya se ha demostrado en este capítulo cómo la teoría ECE2 se reduce a la teoría newtoniana, pero la primera tiene varias ventajas fundamentales. Por ejemplo, da una razón para la gravitación, la cual no es otra cosa que geometría con una torsión y una curvatura distintas de cero. Newton nunca dio una razón para la existencia de la gravitación.

La teoría ECE2 puede reducirse a su límite newtoniano mediante el empleo de:

$$\underline{\nabla} U = \partial \underline{p} / \partial t \tag{227}$$

y

$$c\omega_0 \underline{p} = -U\underline{\omega} \tag{228}$$

que son expresiones del principio de equivalencia, tal como se comenta en el documento UFT319 y en sus Notas de Acompañamiento, publicados en el portal www.aias.us. Utilizando las Ecs. (227) y (228) en la Ec. (225):

$$\underline{F} = m\underline{g} = -4\underline{\nabla}U = -8U\underline{\omega} = -\frac{mMG}{r^2}\underline{e}_r \tag{229}$$

de manera que:

$$U = -\frac{mMG}{4r} \tag{230}$$

y se deduce entonces que el vector de conexión de espín es:

$$\underline{\omega} = \frac{1}{2r}\underline{e}_r \tag{231}$$

A partir de las Ecs. (147) y (231):

$$K_r = \frac{1}{r^{(0)}} q_r - \omega_r = -\frac{2}{r} \tag{232}$$

de manera que el vector de la tétrada es:

$$\underline{K} = K_r \underline{e}_r \underline{q} = -\frac{3}{2}\frac{r^{(0)}}{r}\underline{e}_r \tag{233}$$

Utilizando:

$$\omega_0 c \underline{p} = -U\underline{\omega} = \frac{mMG}{8r^2}\underline{e}_r \tag{234}$$

se deduce que el vector momento es:

$$\underline{p} = p_r \underline{e}_r = -\int_0^{\tau} \frac{mMG}{8r^2}\underline{e}_r \, dt \tag{235}$$

de manera que la parte escalar de la conexión de espín se define en el límite newtoniano como:

$$\omega_0 = -\frac{1}{cr^2}\left(\int_0^{\tau}\frac{1}{r^2}dt\right)^{-1}. \tag{236}$$

El potencial newtoniano ϕ y el potencial ECE2 Φ están relacionados por

$$\phi = 4\Phi. \tag{237}$$

Por lo tanto, la fuerza se define en el límite newtoniano de ECE2 como:

$$\underline{F} = m\underline{g} = -4\underline{\nabla} U = -8U\underline{w} = 4\,\partial\underline{p}/\partial t = 8c\,w_0\underline{p} \tag{238}$$

y en ausencia de la densidad de corriente de carga gravitomagnética:

$$q_0 = r^{(0)} \omega_0 \tag{239}$$

En forma más general, la definición habitual de fuerza:

$$\underline{F} = m\underline{g} \tag{240}$$

debiera de sustituirse por la fuerza de Lorentz gravitacional, un concepto que no existe en la física establecida. La Nota 319(2) publicada en el portal www.aias.us, muestra que una posible solución de operador del límite newtoniano de la teoría ECE es:

$$(\omega_0, \underline{\omega}) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}, -\underline{\nabla}\right) \tag{241}$$

ó

$$\omega^\mu = \frac{1}{2}\partial^\mu . \tag{242}$$

Utilizando la condición cuántica de Schroedinger:

$$p^\mu = i\hbar\partial^\mu = 2i\hbar\omega^\mu \tag{243}$$

la condición newtoniana (227) deviene:

$$\underline{\nabla}\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t}\underline{\nabla} = \underline{0} \tag{244}$$

dando una nueva ecuación de anti-conmutador de la gravedad cuántica:

$$\left\{\underline{\nabla}, \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\right\}\psi = 0 \tag{245}$$

Los efectos no newtonianos pueden explicarse mediante desviaciones respecto del conjunto de ecuaciones anterior. Por ejemplo, en la Nota 319(3) se demuestra que la condición para una gravedad igual a cero es:

$$\omega^{\mu} = -\frac{1}{2}\gamma^{\mu} \tag{246}$$

que es lo opuesto a la Ec. (242). En la Nota 319(4) se demuestra que la teoría ECE2 ofrece una explicación sencilla y original para la desviación de la luz por causa gravitacional.

La covariancia ECE2 significa que el elemento lineal infinitesimal de la teoría conduce a:

$$c^2 d\tau^2 = (c^2 - v^2)\, dt^2 \tag{247}$$

donde la velocidad orbital en coordenadas polares planas es:

$$v^2 = \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2\left(\frac{d\phi}{dt}\right)^2 . \tag{248}$$

Aquí, τ es el tiempo propio. Para la desviación de la luz por el Sol, una excelente aproximación de la órbita es la hipérbola:

$$r = \frac{\alpha}{1 + \epsilon \cos\theta} \tag{249}$$

con una gran excentricidad ϵ, de manera que la órbita es casi una línea recta, y la luz desde una estrella que roza la superficie solar se ve desviada muy ligeramente. Aquí, α es la semi latitud recta. Tal como se demostró en la Nota 319(4), la velocidad a partir de las Ecs. (248) y (249) es

$$v^2 = \frac{MG}{R_0}(1 + \epsilon) \tag{250}$$

donde R_0 es la distancia de máxima aproximación, igual a la semi latitud recta:

$$R_0 = \alpha . \tag{251}$$

El ángulo de desviación es:

$$\xi = 2\psi = \frac{2}{\epsilon} \sim \frac{2MG}{R_0 v^2} \tag{252}$$

con un excelente grado de aproximación. El resultado observado experimentalmente es:

$$\xi = \frac{4MG}{R_0 c^2} \quad (253)$$

de manera que se deduce que:

$$v^2 = \frac{1}{2} c^2 \quad (254)$$

que resulta equivalente a un factor de Lorentz:

$$\gamma = \frac{dt}{d\tau} = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} = 0.707 \quad (255)$$

Por lo tanto, la covariancia ECE2 da una explicación sencilla y directa del resultado experimental (253). El resultado (254) posee una interpretación adicional en UFT324. Significa también que existe un límite superior a la velocidad no relativista utilizada en la transformación de Lorentz. La existencia de este límite superior explica inmediatamente la desviación observada de la luz y la radiación electromagnética debida a la gravitación en términos de la covariancia ECE2.

La masa del fotón puede calcularse a partir de

$$\hbar\omega = \gamma mc^2 \quad (256)$$

y se representa gráficamente más adelante en este capítulo.

CAPÍTULO CUATRO

TEORÍA ORBITAL

En ese capítulo, se desarrolla la covariancia ECE2 para producir la ecuación de fuerza de Lorentz, y para desarrollar la cuantización y la teoría orbital. En la sección de apertura, se desarrollan las leyes gravitomagnéticas de Biot Savart y Ampere, y se aplican estas leyes a órbitas planas y a la corriente de densidad de masa de la órbita plana. El método es válido en forma general y puede utilizarse en todas las escalas. Puede calcularse el campo gravitomagnético responsable de la fuerza centrífuga en las órbitas planas. Las siguientes secciones de este capítulo desarrollan la cuantización ECE2 y la teoría precesional, junto con otros aspectos de la teoría orbital.

A partir del Capítulo 3, las ecuaciones ECE2 del gravitomagnetismo son

$$\partial_\mu \tilde{G}^{\mu\nu} = 0 \tag{1}$$

y

$$\partial_\mu G^{\mu\nu} = J^\nu \tag{2}$$

donde los tensores de campo se definen como:

$$\tilde{G}^{\mu\nu} = \begin{bmatrix} 0 & -c\Omega^1 & -c\Omega^2 & -c\Omega^3 \\ c\Omega^1 & 0 & g^3 & -g^2 \\ c\Omega^2 & -g^3 & 0 & g^1 \\ c\Omega^3 & g^2 & -g^1 & 0 \end{bmatrix} \tag{3}$$

y

$$G^{\mu\nu} = \begin{bmatrix} 0 & -g^1 & -g^2 & -g^3 \\ g^1 & 0 & -c\Omega^3 & c\Omega^2 \\ g^2 & c\Omega^3 & 0 & -c\Omega^1 \\ g^3 & -c\Omega^2 & c\Omega^1 & 0 \end{bmatrix} \tag{4}$$

En estas ecuaciones, $\underline{g}$ denota el campo gravitacional y $\underline{\Omega}$ el campo gravitomagnético. Se supone que la densidad de carga/corriente gravitomagnética desaparece. La notación de índices contravariantes significa que:

$$g^1 = g_x, \quad g^2 = g_y, \quad g^3 = g_z \tag{5}$$
$$\Omega^1 = \Omega_x, \quad \Omega^2 = \Omega_y, \quad \Omega^3 = \Omega_z$$

La transformación de Lorentz [1-10] de los tensores de campo da el resultado:

$$\underline{g}' = \gamma\left(\underline{g} + \underline{v} \times \underline{\Omega}\right) - \frac{\gamma^2}{1+\gamma}\frac{\underline{v}}{c}\left(\frac{\underline{v}}{c} \cdot \underline{g}\right) \tag{6}$$

$$\underline{\Omega}' = \gamma\left(\underline{\Omega} - \frac{1}{c^2}\underline{v} \times \underline{g}\right) - \frac{\gamma^2}{1+\gamma}\frac{\underline{v}}{c}\left(\frac{\underline{v}}{c} \cdot \underline{\Omega}\right) \tag{7}$$

donde γ es el factor de Lorentz:

$$\gamma = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} \tag{8}$$

en donde $\underline{v}$ es la velocidad no relativista. En el marco en reposo:

$$\underline{v} = \underline{0}. \tag{9}$$

las Ecs. (6) y (7) constituyen un paralelo exacto de la electrodinámica [1-10]:

$$\underline{E}' = \gamma\left(\underline{E} + \underline{v} \times \underline{B}\right) - \frac{\gamma^2}{1+\gamma}\frac{\underline{v}}{c}\left(\frac{\underline{v}}{c} \cdot \underline{E}\right) \tag{10}$$

y

$$\underline{B}' = \gamma\left(\underline{B} - \frac{1}{c^2}\underline{v} \times \underline{E}\right) - \frac{\gamma^2}{1+\gamma}\frac{\underline{v}}{c}\left(\frac{\underline{v}}{c} \cdot \underline{B}\right) \tag{11}$$

donde $\underline{E}$ es la fuerza de campo eléctrico, en unidades de voltios por metro, y $\underline{B}$ es la densidad de flujo magnético. En el límite no relativista:

$$v \ll c, \quad \gamma \rightarrow 1 \tag{12}$$

la fuerza de Lorentz gravitomagnética es

$$\underline{F} = m\left(\underline{g} + \underline{v} \times \underline{\Omega}\right) \tag{13}$$

En coordenadas polares planas la velocidad orbital de una masa m que se ve atraída hacia una masa M es, en general:

$$\underline{v} = \dot{r}\underline{e}_r + \underline{\omega} \times \underline{r} = \dot{r}\underline{e}_r + \omega r \underline{e}_\theta \tag{14}$$

donde los vectores unitarios del sistema polar cilíndrico se encuentran relacionados en forma cíclica como sigue:

$$\begin{aligned} \underline{e}_r &= \underline{e}_\theta \times \underline{k} \\ \underline{e}_\theta &= \underline{k} \times \underline{e}_r \\ \underline{k} &= \underline{e}_r \times \underline{e}_\theta . \end{aligned} \tag{15}$$

Para una órbita plana, la aceleración en general es:

$$\underline{a} = \left(\ddot{r} - \omega^2 r\right)\underline{e}_r = \ddot{r}\underline{e}_r - \underline{\omega} \times \left(\underline{\omega} \times \underline{r}\right) \tag{16}$$

donde $\underline{r}$ es el vector radial definido por:

$$\underline{r} = r\underline{e}_r \tag{17}$$

y donde el vector velocidad angular es:

$$\underline{\omega} = \omega \underline{k} \tag{18}$$

La fuerza orbital plana es, por lo tanto:

$$\underline{F} = m\underline{g} - \underline{\omega} \times \left(\underline{\omega} \times \underline{r}\right) = -\frac{mMG}{r^2}\,\underline{e}_r \tag{19}$$

donde G es la constante de Newton. La Ec. (19) es la ecuación de Leibnitz de 1689 para las órbitas.

La ecuación de fuerza orbital puede expresarse como:

$$\underline{F} = m\underline{g} + \underline{v}_{rot} \times \underline{\omega} \tag{20}$$

donde

$$\underline{v}_{rot} = \underline{\omega} \times \underline{r} \tag{21}$$

es la velocidad debida al marco en rotación, inferido inicialmente por Coriolis en 1835. La ecuación de fuerza orbital es la ecuación de fuerza de Lorentz si:

$$\underline{\Omega} = \underline{\omega} = \frac{d\theta}{dt}\, \underline{k} \tag{22}$$

y

$$\underline{v} = \underline{v}_{rot} = \underline{\omega} \times \underline{r}\,. \tag{23}$$

Por lo tanto, $\underline{\Omega}$ es el campo gravitomagnético responsable de la fuerza centrífuga de cualquier órbita plana. La velocidad debida al marco en rotación de las coordenadas polares planas es:

$$\underline{v}_{rot} = \underline{\omega} \times \underline{r}\,. \tag{24}$$

En el límite no relativista, las transformaciones electromagnéticas de Lorentz son:

$$\underline{E}' = \underline{E} + \underline{v} \times \underline{B} \tag{25}$$

$$\underline{B}' = \underline{B} - \frac{1}{c^2}\, \underline{v} \times \underline{E} \tag{26}$$

y las transformaciones gravitomagnéticas de Lorentz son:

$$\underline{g}' = \underline{g} + \underline{v} \times \underline{\Omega} \tag{27}$$

$$\underline{\Omega}' = \underline{\Omega} - \frac{1}{c^2}\, \underline{v} \times \underline{g}\,. \tag{28}$$

Los índices primados indican el campo en el marco del observador, en el que la velocidad de una carga o masa es distinta de cero. La ley del magnetismo de Biot Savart se obtiene a partir de la Ec. (26) con:

$$\underline{B} = \underline{0} \tag{29}$$

lo cual significa que no hay campo magnético en el marco en reposo, o sea el marco en el que la carga eléctrica no se mueve. La ley electromagnética de Biot Savart es, por lo tanto:

$$\underline{B}' = -\frac{1}{c^2}\underline{v}\times\underline{E} \tag{30}$$

en unidades del S. I. El primado en la Ec. (30) significa que la ley se expresa en el marco del observador, el marco en el cual la velocidad $\underline{v}$ de la carga eléctrica es distinta de cero. En los libros de texto habituales de electrodinámica, se omite el primado por convención, y la ley deviene:

$$\underline{B} = -\frac{1}{c^2}\underline{v}\times\underline{E}. \tag{31}$$

La ley de Biot Savart puede escribirse [1-12] como:

$$\underline{\nabla}\times\underline{B} = \mu_0\underline{J} \tag{32}$$

que es la ley de Ampere de la magnetostática, que describe la densidad de flujo magnético generado por un ciclo de corriente de cualquier forma. Se deduce en la teoría ECE2 que:

$$\underline{\nabla}\times\underline{B} = -\frac{1}{c^2}\underline{\nabla}\times(\underline{v}\times\underline{E}) = \mu_0\underline{J} \tag{33}$$

de manera que la densidad de corriente de la electrodinámica es:

$$\underline{J} = -\frac{1}{\mu_0 c^2}\underline{\nabla}\times(\underline{v}\times\underline{E}) = -\epsilon_0\underline{\nabla}\times(\underline{v}\times\underline{E}). \tag{34}$$

Aquí:

$$\underline{\nabla}\times(\underline{v}\times\underline{E}) = \underline{v}(\underline{\nabla}\cdot\underline{E}) - (\underline{\nabla}\cdot\underline{v})\underline{E} + (\underline{E}\cdot\underline{\nabla})\underline{v} - (\underline{v}\cdot\underline{\nabla})\underline{E} \tag{35}$$

La densidad de corriente de carga electromagnética es:

$$J^\mu = (c\rho, \underline{J}). \tag{36}$$

En exacta analogía, la densidad de masa/corriente gravitomagnética ECE2 es:

$$J_m^\mu = (c\rho_m, \underline{J}_m) \tag{37}$$

Por lo tanto:

$$\underline{\nabla} \times \underline{\Omega} = -\frac{1}{c^2} \underline{\nabla} \times (\underline{v} \times \underline{g}) = \frac{4\pi G}{c^2} \underline{J}_m \quad (38)$$

y la densidad de masa de corriente es:

$$\underline{J}_m = -\frac{1}{4\pi G} \underline{\nabla} \times (\underline{v} \times \underline{g}) \quad (39)$$

Utilizamos ahora:

$$\Omega^2 = \frac{1}{c^4} \underline{v} \times \underline{g} \cdot \underline{v} \times \underline{g} = \frac{1}{c^4}\left(v^2 g^2 - (\underline{v} \cdot \underline{g})^2\right) \quad (40)$$

Las Ecs. (38) y (40) son generales para cualquier órbita.

Para la ley del cuadrado de la inversa de Hooke / Newton:

$$\underline{F} = -\frac{mMG}{r^2} \underline{e}_r \quad (41)$$

la órbita en coordenadas polares planas es la sección cónica [1-12]:

$$r = \frac{\alpha}{1+\epsilon\cos\theta} \quad (42)$$

y la velocidad lineal orbital es:

$$v^2 = \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = MG\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right) \quad (43)$$

donde el semieje mayor de una elipse, por ejemplo, es:

$$a = \frac{\alpha}{1-\epsilon^2} . \quad (44)$$

Aquí, α es la semi-latitud recta y ϵ es la excentricidad. Más adelante en este capítulo se desarrollan y representan gráficamente algunos ejemplos del campo gravitomagnético.

El campo gravitomagnético ECE2 puede calcularse para la dinámica general y para una órbita tridimensional. Para la parte plana de esta órbita, puede utilizarse la ley gravitomagnética de Ampere para calcular la desviación de la luz por causa de la gravitación, y la precesión del perihelio a partir de las ecuaciones de campo ECE2.

En teoría orbital plana, es bien sabido [1-12] que la velocidad angular se define a partir de un análisis lagrangiano, en términos del momento angular del sistema conformado por una masa *m* que gira en órbita alrededor de una masa *M*:

$$\frac{d\theta}{dt}\underline{k} = \underline{\omega} = \frac{L}{mr^2}\underline{k} . \quad (45)$$

En este caso, el campo gravitomagnético es:

$$\underline{\Omega} = -\left(\frac{MG}{mc^2}\right)\frac{L}{r^3}\underline{k} \quad (46)$$

y la densidad de masa de corriente es:

$$\underline{J}_m = -\frac{3ML}{4\pi m r^4}\underline{e}_\theta \quad (47)$$

donde los vectores unitarios se definen como:

$$\underline{e}_\theta = -\underline{i}\,\mathrm{sen}\,\theta + \underline{j}\cos\theta \quad (48)$$

$$\underline{e}_r = \underline{i}\cos\theta + \underline{j}\,\mathrm{sen}\,\theta \quad (49)$$

en términos de los vectores unitarios cartesianos $\underline{i}$ y $\underline{j}$. A partir de un análisis hamiltoniano para una ley de fuerza:

$$\underline{F} = -\frac{mMG}{r^2}\underline{e}_r \quad (50)$$

se deduce que:

$$L^2 = m^2 MG\alpha \quad (51)$$

con el objeto de que la órbita sea una sección cónica (42). Para una elipse:

$$\alpha = (1-\epsilon^2)a \quad (52)$$

y para una hipérbola:

$$\alpha = \left(\epsilon^2 - 1\right) a \tag{53}$$

donde *a* es el semieje mayor de la elipse.

La ley gravitomagnética de Ampere ECE2 (38) se desarrolló inicialmente en los documentos UFT117 y UFT119, y la teoría orbital puede describirse mediante esta ley.

En coordenadas polares cilíndricas, el vector posición es:

$$\underline{r} = r\,\underline{e}_r + Z\,\underline{k} \tag{54}$$

el vector velocidad es:

$$\underline{v} = \dot{r}\,\underline{e}_r + \omega r\,\underline{e}_\theta + \dot{Z}\,\underline{k} \tag{55}$$

y el vector aceleración es:

$$\underline{a} = \left(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2\right)\underline{e}_r + \left(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta}\right)\underline{e}_\theta + \ddot{Z}\,\underline{k} \tag{56}$$

En dinámica en general, el campo gravitomagnético es:

$$\underline{\Omega} = -\frac{1}{c^2}\,\underline{v} \times \underline{a}\,. \tag{57}$$

Si la energía potencial gravitacional se define como:

$$U = \frac{mMG}{r} \tag{58}$$

el lagrangiano es:

$$\mathcal{L} = T - U \tag{59}$$

donde la energía cinética es:

$$T = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m\left(\dot{r}^2 + \ddot{\theta}^2 r^2 + \dot{Z}^2\right) \tag{60}$$

Hay tres ecuaciones de Euler Lagrange:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \theta} = \frac{d}{dt}\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\theta}} \tag{61}$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial r} = \frac{d}{dt}\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{r}} \tag{62}$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial Z} = \frac{d}{dt}\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{Z}} \tag{63}$$

La Ec. (62) da la ecuación de Leibnitz:

$$F(r) = -\frac{\partial U}{\partial r} = m\left(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2\right). \tag{64}$$

La Ec. (63) da:

$$\ddot{Z} = \frac{d^2 Z}{dt^2} = 0. \tag{65}$$

y la Ec. (61) da el momento angular conservado

$$L = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\theta}} \tag{66}$$

En coordenadas polares cilíndricas:

$$\underline{L} = m\underline{r} \times \underline{v} = m\left(\omega r Z\, \underline{e}_r + \dot{r} Z\, \underline{e}_\theta + \omega r^2 \underline{k}\right) \tag{67}$$

de manera que para una órbita tridimensional, $\underline{L}$ no es perpendicular al plano orbital. Se deduce a partir de la Ec.(67) que el componente Z del momento angular es:

$$L_Z = m r^2 \omega \tag{68}$$

y es una constante de movimiento conservada:

$$\frac{dL_Z}{dt} = 0 \tag{69}$$

si la velocidad angular se define como en la Ec. (45). El momento angular total se define mediante:

$$L^2 = L_r^2 + L_\theta^2 + L_Z^2 \tag{70}$$

y no se conserva, es decir:

$$\frac{dL}{dt} \neq 0. \tag{71}$$

La ecuación de Binet [1-12] de órbitas se define mediante las Ecs. (64) y (68) y es:

$$F(r) = -\frac{L_Z^2}{mr^2}\left(\frac{d^2}{d\theta^2}\left(\frac{1}{r}\right) + \frac{1}{r}\right). \tag{72}$$

Da la ley de fuerza para cualquier órbita, no sólo para órbitas de sección cónica.

Para órbitas planas puede mostrarse [1-12] que:

$$r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta} = 0 \tag{73}$$

de manera que la velocidad es:

$$\underline{v} = \dot{r}\,\underline{e}_r + \omega r\,\underline{e}_\theta \tag{74}$$

y las aceleraciones:

$$\underline{a} = \left(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2\right)\underline{e}_r\,. \tag{75}$$

En tres dimensiones, el vector posición es:

$$\underline{r} = r\,\underline{e}_r + Z\,\underline{k} \tag{76}$$

y el vector momento angular es:

$$\underline{L} = m\left(Z\left(\omega r\,\underline{e}_r + \dot{r}\,\underline{e}_\theta\right) + \omega r^2\,\underline{k}\right) \tag{77}$$

de manera que una órbita plana de cualquier tipo se encuentra incluida en las tres dimensiones definidas por r, θ y Z. En la teoría orbital plana habitual, se supone que

$$Z = 0 \tag{77a}$$

en la Ec. (77).

La Ec. (76) puede definirse como:

$$\underline{r}_{total} = r\,\underline{e}_r + Z\,\underline{k} \tag{78}$$

de manera que:

$$r_{total}^2 = r^2 + Z^2 \tag{79}$$

por lo que una órbita de sección cónica en coordenadas cilíndricas se define en general mediante:

$$r_{total}^2 = \left(\frac{\alpha}{1+\epsilon\cos\theta}\right)^2 + Z^2. \tag{80}$$

En general, el lagrangiano es:

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} m\left(\dot{r}^2 + \dot{\theta}^2 r^2 + \dot{Z}^2\right) - U(r, \theta, Z) \tag{81}$$

y la energía potencial y la fuerza dependen de *Z* así como de *r*. En la forma más general, la velocidad en el marco del observador es:

$$\underline{v} = \dot{r}\,\underline{e}_r + \underline{\omega} \times \underline{r}\ , \tag{82}$$

y la aceleración en el marco del observador es:

$$\underline{a} = \ddot{r}\,\underline{e}_r - \underline{\omega} \times (\underline{\omega} \times \underline{r}) + \frac{d\underline{\omega}}{dt} \times \underline{r} + 2\,\underline{\omega} \times \frac{dr}{dt}\,\underline{e}_r \tag{83}$$

Las definiciones del vector (82) y (83) son equivalentes a:

$$\underline{v} = \dot{r}\,\underline{e}_r + r\dot{\theta}\,\underline{e}_\theta \tag{84}$$

y

$$\underline{a} = (\ddot{r} - \omega^2 r)\, \underline{e}_r + (2\dot{r}\dot{\theta} + r\ddot{\theta})\, \underline{e}_\theta \tag{85}$$

El campo gravitomagnético es proporcional al producto vectorial de $\underline{v}$ de la Ec. (82) y $\underline{a}$ de la Ec. (83).

Utilizando estos conceptos, los fenómenos de desviación de la luz por causa gravitacional y precesión del perihelio pueden describirse en forma directa mediante la teoría ECE2, como sigue.

Una órbita con precesión puede modelarse mediante:

$$r = \frac{\alpha}{1 + \epsilon \cos(x\theta)} \tag{86}$$

y los avances mediante:

$$\Delta\theta = (x - 1)\theta \tag{87}$$

En el Sistema Solar, x posee un valor muy cercano a la unidad. Más adelante en este capítulo se desarrolla una teoría ECE2 exacta de la precesión del perihelio mediante la resolución simultánea del lagrangiano y del hamiltoniano ECE2. Sin embargo, la Ec. (86) es suficientemente exacta en el Sistema Solar con un buen grado de aproximación. Dado que x es muy cercano a la unidad:

$$L^2 = m^2 M G \alpha \tag{88}$$

con una excelente aproximación. A partir de las Ecs. (72) y (86), la fuerza necesaria para el modelo orbital con precesión (86) es:

$$F = mMG\left(-\frac{x^2}{r^2} + \frac{(x^2 - 1)\alpha}{r^3}\right)\underline{e}_r \tag{89}$$

Nótese cuidadosamente que ésta no es la ley de fuerza de la incorrecta teoría de Einstein, cuyas afirmaciones de exactitud se ven eliminadas porque su geometría subyacente es errónea [1-12]. Para la luz que roza la superficie del Sol, la órbita es una hipérbola con una gran excentricidad, de manera que la trayectoria de la luz que roza la superficie solar es casi una línea recta. A la distancia de máxima aproximación (R_0):

$$a = R_0 . \tag{90}$$

El ángulo de desviación de la luz se define mediante:

$$\Delta \xi = \frac{2}{\epsilon} \tag{91}$$

y el campo gravitomagnético es:

$$\underline{\Omega} = \frac{MGL}{mc^2}\left(-\frac{x^2}{r^3} + \frac{(x^2-1)\alpha}{r^4}\right)\underline{k} \tag{92}$$

Con una excelente aproximación:

$$x \sim 1 \tag{93}$$

y el campo gravitomagnético a la máxima aproximación es:

$$\Omega_Z^2 = \frac{(MG)^3}{c^4 r^6} a(\epsilon^2 - 1) \tag{94}$$

Utilizamos ahora:

$$r = a = R_0 \tag{95}$$

para encontrar que:

$$\Omega_Z^2 = \frac{(MG)^3}{c^4 R_0^5}(\epsilon^2 - 1). \tag{96}$$

El ángulo de desviación es, por lo tanto:

$$\Delta \xi = \frac{2}{\epsilon} = \frac{2}{\Omega_Z c^2}\left(\frac{(MG)^3}{R_0^5}\right)^{1/2}. \tag{97}$$

Para la luz desviada por el Sol:

$$\Delta \xi = 8.4848 \times 10^{-6} \text{ radianes} \tag{98}$$

de manera que el campo gravitomagnético para la luz desviada por el Sol es:

$$\Omega_Z = 0.000314 \text{ radianes por segundo} \tag{99}$$

La precesión del perihelio de un planeta como Mercurio se define mediante el componente Z del campo gravitomagnético como sigue:

$$\Omega_Z = \frac{MGL}{mc^2}\left(-\frac{x^2}{r^3}+\frac{(x^2-1)\alpha}{r^4}\right) \qquad (100)$$

donde

$$\alpha = b\left(1-\epsilon^2\right)^{1/2} \qquad (101)$$

Aquí, b es el perihelio. Por lo tanto, en el perihelio:

$$\Omega_Z = -\frac{(MG)^{3/2}\left(1-\epsilon^2\right)^{1/4}x^2}{c^2 b^{5/2}} \qquad (102)$$

y

$$\Delta\theta = (x-1)\frac{\pi}{2}. \qquad (103)$$

La precesión observada del perihelio de Mercurio es

$$\Delta\theta = 7.9673 \times 10^{-7} \text{ radianes por año} \qquad (104)$$

y en el perihelio:

$$\theta = \pi/2 \qquad (105)$$

de manera que

$$x = 1 + 1.268 \times 10^{-7} \qquad (106)$$

y con una excelente aproximación:

$$x \sim 1 \qquad (107)$$

justificando así la Ec. (93). Los datos experimentales requeridos son:

$$M = 3.285 \times 10^{23} \text{ kg}$$
$$b = 4.60012 \times 10^{10} \text{ m} \tag{108}$$

$$\epsilon = 0.205630$$

de manera que el campo gravitomagnético responsable de la precesión del perihelio del planeta Mercurio es:

$$\Omega_Z = - 2.489 \times 10^{-24} \text{ rad s-1} \tag{109}$$

Al igual que en el documento UFT323, el concepto de transformación de Lorentz puede extenderse a la transformación de marcos de referencia de Lorentz, de manera que en ECE2 la transformación pertenece entonces a una teoría del campo unificado covariante generalizada. El marco primado es el marco newtoniano o inercial, cuyos ejes están en reposo. Las Notas de Acompañamiento del documento UFT323 incluyen ejemplos para clarificación. En contraste con el concepto habitual de la transformación de Lorentz en relatividad restringida, una partícula sí puede moverse en el marco newtoniano primado. En la teoría original de Lorentz, la partícula se encuentra en reposo en su propio marco de referencia, conocido como el "marco en reposo". El marco no primado, en esta teoría, puede moverse de cualquier manera con respecto al marco newtoniano, o primado, de manera que la teoría de 1835, desarrollada por Coriolis, se desarrolla en una teoría de campo unificado covariante generalizada.

Esta teoría genera la siguiente ecuación de fuerza para las órbitas:

$$\underline{F} = m\left(\gamma\left(\underline{g} + \underline{v} \times \underline{\Omega}\right) - \frac{\gamma^2}{1+\gamma}\frac{\underline{v}}{c}\left(\frac{\underline{v}}{c}\cdot\underline{g}\right)\right) = -\frac{mMG}{r^2}\underline{e}_r \tag{110}$$

y por lo tanto es la ecuación de fuerza de Leibnitz covariante generalizada. Se demuestra, como sigue, que esta ecuación puede describir efectos de precesión en órbitas. La teoría de Coriolis de 1835 se recupera en el límite:

$$\gamma \rightarrow 1, \quad v \ll c \tag{111}$$

a partir de lo cual:

$$\underline{F} = m\left(\underline{g} + \underline{v} \times \underline{\Omega}\right) = -\frac{mMG}{r^2}\underline{e}_r . \tag{112}$$

En notación convencional, la conocida teoría de Coriolis es:

$$\underline{F} = m\left(\left(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2\right)\underline{e}_r + \left(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta}\right)\underline{e}_\theta\right) = -\frac{mMG}{r^2}\underline{e}_r \tag{113}$$

en donde:

$$r\ddot{\theta}+2\dot{r}\dot{\theta}=0 \tag{114}$$

para todas las órbitas planas [1-12]. De manera que para las órbitas planas:

$$\underline{F}=m\left(\ddot{r}-r\dot{\theta}^2\right)\underline{e}_r=-\frac{mMG}{r^2}\,\underline{e}_r \tag{115}$$

La ecuación de Leibnitz de 1689 es:

$$m\ddot{r}=r\dot{\theta}^2-\frac{mMG}{r^2} \tag{116}$$

que se recupera a partir de la teoría general utilizando:

$$\underline{v}=\underline{\omega}\times\underline{r}\,,\quad \underline{\Omega}=-\underline{\omega}. \tag{117}$$

Por lo tanto, en la ecuación de Leibnitz, un marco de referencia se mueve con respecto al otro con la parte circular de la velocidad orbital

$$\underline{v}=\underline{\omega}\times\underline{r}. \tag{118}$$

Esta es la parte angular de la velocidad orbital total:

$$\underline{v}=\dot{r}\,\underline{e}_r+\underline{\omega}\times\underline{r}. \tag{119}$$

La ecuación orbital de Leibnitz produce la sección cónica:

$$r=\frac{\alpha}{1+\epsilon\cos\theta} \tag{120}$$

mientras que la órbita observada se modela con exactitud mediante:

$$r=\frac{\alpha}{1+\epsilon\cos(x\theta)} \tag{121}$$

de manera que la precesión se debe a la generalización de la Ec. (115) a la Ec. (110). En el límite de Coriolis, el campo gravitomagnético viene dado por la Ec. (117), de manera que la Ec.(110) deviene

$$\underline{F}=m\gamma\left(\frac{d^2r}{dt^2}-\Omega^2 r\right)\underline{e}_r \tag{122}$$

Utilizando:

$$\underline{v} = \omega r \, \underline{e}_\theta = \underline{\omega} \times \underline{r} \tag{123}$$

y:

$$\underline{a} = -\frac{MG}{r^2} \underline{e}_r \tag{124}$$

la Ec. (110) se reduce a:

$$\underline{F} = m\gamma\left(\frac{d^2 r}{dt^2} + \underline{v} \times \underline{\Omega}\right)\underline{e}_r \, . \tag{125}$$

La corrección relativista se debe a un potencial efectivo *V* definido por:

$$V = U(r) \tag{126}$$

utilizado con el lagrangiano:

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} m v^2 - U(r) \tag{127}$$

y la ecuación de Euler Lagrange:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial r} = \frac{d}{dt} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{r}} \, . \tag{128}$$

A partir de las Ecs. (121) y (72), la órbita debida a la Ec. (125) es:

$$\frac{d^2}{d\theta^2}\left(\frac{1}{r}\right) + \frac{1}{r} = \frac{1}{\gamma\alpha} \tag{129}$$

en donde el factor de Lorentz se define mediante:

$$\gamma = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} \tag{130}$$

La fuerza dada por la ecuación de Binet (72) debe ser la misma que la fuerza dada por la Ec. (125), de manera que:

$$x^2 + (x^2 - 1)\frac{\alpha}{r} = \frac{1}{\gamma} \, . \tag{131}$$

En el perihelio:

$$r = \frac{\alpha}{1+\epsilon} \qquad (132)$$

de manera que:

$$x^2 + (x^2 - 1)(1+\epsilon) = \frac{1}{\gamma} \qquad (133)$$

o sea que x puede hallarse en términos de γ . La velocidad de la transformación de Lorentz se define mediante:

$$v_\Omega = \Omega r \qquad (134)$$

por lo que:

$$x^2 + (x^2 - 1)(1+\epsilon) = \left(1 - \frac{v_\Omega^2}{c^2}\right)^{1/2}. \qquad (135)$$

La precesión puede calcularse en términos de v_Ω para la órbita de la Tierra alrededor del Sol, y esto se lleva a cabo más adelante en este capítulo.

La ecuación de fuerza de Lorentz de la teoría ECE2 puede resolverse mediante el empleo de la ecuación relativista de Binet para la fuerza, y su forma integral para el hamiltoniano. La ecuación relativista de Binet se deduce a partir del hamiltoniano de Sommerfeld, y puede calcularse directamente la velocidad orbital relativista y utilizarse para deducir la curva de velocidad observada para una galaxia en espiral, así como la desviación precisa observada en la luz por causa gravitacional. Éstos constituyen avances fundamentales en la comprensión de la física, que desechan la obsoleta teoría de Einstein.

La propiedad de la covariancia ECE2 significa que las conocidas ecuaciones e ideas de la relatividad restringida pueden utilizarse en teoría orbital. La transformación de Lorentz resulta suficiente para obtener la curva de velocidad de una galaxia en espiral, y el célebre resultado de la desviación de la luz por causa gravitacional. Por lo tanto, estos fenómenos se explican directamente mediante la teoría ECE2. La ecuación de fuerza relativista de Binet resulta equivalente a la ecuación de fuerzas de Lorentz de la teoría ECE2, deducida previamente en este capítulo. La primera puede deducirse a partir del conocido lagrangiano de la relatividad restringida. La forma integral de la ecuación de Binet permite la evaluación del hamiltoniano para cualquier órbita, mientras que la ecuación de fuerza de Binet permite la evaluación de la fuerza central y el potencial gravitacional para cualquier órbita. Los métodos pueden ejemplificarse mediante el empleo de coordenadas polares planas y una órbita plana con precesión. Sin embargo, puede aplicarse en órbitas tridimensionales.

Se muestra, como sigue, que la solución de la ecuación de fuerza de Lorentz de la teoría ECE2 para una órbita plana es:

$$\underline{F} = m\left(\gamma\left(\underline{\ddot{r}} + \underline{v}_\Omega \times \underline{\Omega}\right) - \frac{\gamma^2}{1+\gamma}\frac{\underline{v}_\Omega}{c}\left(\frac{\underline{v}_\Omega}{c}\cdot\underline{g}\right)\right)$$

$$= \frac{\partial}{\partial r}\left((\gamma-1)mc^2\right)\underline{e}_r . \qquad (136)$$

La ecuación relativista de Binet para una órbita plana es:

$$\underline{F} = \frac{\partial}{\partial r}\left((\gamma-1)mc^2\right)\underline{e}_r \qquad (137)$$

en la que el factor de Lorentz es:

$$\gamma = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} \qquad (138)$$

y en donde la velocidad utilizada en el factor de Lorentz es:

$$v^2 = \dot{r}^2 + \dot{\theta}^2 r^2 \qquad (139)$$

En la ecuación de fuerza de Lorentz, $\underline{v}_\Omega$ es la velocidad de un marco de referencia con respecto a otro.

La ecuación relativista de Binet se deduce a partir del lagrangiano de relatividad restringida:

$$\mathcal{L} = -\frac{mc^2}{\gamma} - U(r) \qquad (140)$$

donde $U(r)$ es el potencial central. El hamiltoniano de relatividad restringida puede deducirse del lagrangiano [1-12] y es:

$$H = E + U(r) \qquad (141)$$

donde la energía relativista total es:

$$E = \gamma mc^2 \qquad (142)$$

El hamiltoniano (142) puede expresarse como el hamiltoniano de Sommerfeld:

$$H(\text{Sommerfeld}) = H - mc^2 = (\gamma-1)mc^2 + U(r) \qquad (143)$$

donde:

$$T = (\gamma - 1) mc^2 \tag{144}$$

es la energía cinética relativista. En el límite no relativista:

$$T \rightarrow \left(1 + \frac{v^2}{2c^2} - 1\right) mc^2 = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{p^2}{2m}. \tag{145}$$

Las ecuaciones de Euler Lagrange del sistema son:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \theta} = \frac{d}{dt} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\theta}} \tag{146}$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial r} = \frac{d}{dt} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{r}} \tag{147}$$

Para un potencial central que depende de *r*, pero no de θ, producen los resultados

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \theta} = \gamma m r^2 \dot{\theta} \tag{148}$$

y:

$$\frac{d}{dt}(\gamma m \dot{r}) - \gamma m r \dot{\theta}^2 = -\frac{\partial U}{\partial r} = F(r) \tag{149}$$

La Ec. (148) define el momento angular relativista:

$$L = \gamma m r^2 \dot{\theta} \tag{150}$$

que es una constante de movimiento:

$$\frac{dL}{dt} = 0. \tag{151}$$

La Ec. (149) define la ecuación de fuerza relativista de la órbita:

$$F(r) = \frac{d}{dt}(\gamma m \dot{r}) - \gamma m r \dot{\theta}^2 \tag{152}$$

en donde:

$$m \frac{d}{dt}(\gamma \dot{r}) = m\left(\dot{r} \frac{d\gamma}{dt} + \gamma \ddot{r}\right). \tag{153}$$

Aquí:

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{d\gamma}{dv}\frac{dv}{dt} \tag{154}$$

de manera que:

$$\frac{d}{dt}(\gamma m \dot{r}) = m\left(\frac{\dot{r}\gamma^3 v}{c^2}\frac{dv}{dt} + \gamma \ddot{r}\right) \tag{155}$$

donde

$$v = \left(\dot{r}^2 + \dot{\theta}^2 r^2\right)^{1/2} \tag{156}$$

En general, esta es una expresión complicada que debe desarrollarse mediante álgebra computacional.

La ecuación de Binet se define mediante un cambio de variables:

$$\frac{d}{d\theta}\left(\frac{1}{r}\right) = -\frac{1}{r^2}\frac{dr}{d\theta} = -\frac{1}{r^2}\frac{dr}{dt}\frac{dt}{d\theta} \tag{157}$$

donde:

$$\frac{dt}{d\theta} = \frac{\gamma m r^2}{L}, \tag{158}$$

A partir de la Ec. (150) se deduce que:

$$\dot{\theta} = \frac{L}{\gamma m r^2} \tag{159}$$

y

$$\dot{r} = -\frac{L}{\gamma m}\frac{d}{d\theta}\left(\frac{1}{r}\right). \tag{160}$$

Por lo tanto, la velocidad orbital es:

$$v_N^2 = \dot{r}^2 + \dot{\theta}^2 r^2 = \frac{L}{\gamma^2 m^2}\left(\left(\frac{d}{d\theta}\left(\frac{1}{r}\right)\right)^2 + \frac{1}{r^2}\right) \tag{161}$$

y la forma integral de la ecuación relativista de Binet se encuentra directamente a partir del hamiltoniano de Sommerfeld:

$$H - mc^2 = (\gamma - 1) mc^2 - \frac{mMG}{r} \tag{162}$$

en donde:

$$L = \gamma m r^2 \dot{\theta} = \gamma L_0 . \tag{163}$$

De manera que la velocidad orbital relativista es:

$$v_N^2 = \frac{L^2}{m^2} \left(\left(\frac{d}{d\theta}\left(\frac{1}{r}\right)\right)^2 + \frac{1}{r^2} \right) \left(1 + \frac{L^2}{m^2 c^2} \left(\left(\frac{d}{d\theta}\left(\frac{1}{r}\right)\right)^2 + \frac{1}{r^2} \right) \right)^{-1} \tag{164}$$

Nótese cuidadosamente que

$$H - mc^2 = H(\text{Sommerfeld}) \tag{165}$$

es una constante de movimiento, de manera que la ecuación de fuerza relativista de Binet es:

$$F = \frac{\partial}{\partial r} \left((\gamma - 1) mc^2 \right) \tag{166}$$

que es la solución requerida de la ecuación de fuerza de Lorentz de la teoría ECE2 (136), Q. E. D.

En el límite no relativista, la forma integral de la ecuación de Binet es:

$$U = H - \frac{L^2}{2m} \left(\left(\frac{d}{d\theta}\left(\frac{1}{r}\right)\right)^2 + \frac{1}{r^2} \right) \tag{167}$$

y la ecuación de fuerza de Binet en el límite no relativista es la conocida expresión [1-12]:

$$F(r) = -\frac{L^2}{mr^2} \left(\frac{d^2}{d\theta^2}\left(\frac{1}{r}\right) + \frac{1}{r} \right). \tag{168}$$

Para la sección cónica con precesión (121), por ejemplo, la fuerza central es:

$$F = -\frac{\partial U}{\partial r} = -\frac{x^2 L^2}{m r^2 \alpha} + \frac{(x^2-1)L^2}{m r^3} \tag{169}$$

y el potencial gravitacional es:

$$U = -\frac{mMG}{r} . \tag{170}$$

El hamiltoniano es:

$$H = \frac{x^2 L^2}{2m}\left(\frac{\epsilon^2 - 1}{\alpha^2}\right) \tag{171}$$

En el límite newtoniano:

$$F = -\frac{mMG}{r^2} , \quad U = -\frac{mMG}{r} , \quad |E| = \frac{mMG}{2a} , \tag{172}$$

y se recuperan los siguientes resultados conocidos:

$$x \rightarrow 1 , \quad r \rightarrow \frac{\alpha}{1+\epsilon\cos\theta} \tag{173}$$

Se deduce entonces que la teoría de Einstein no se necesita para describir una órbita elíptica con precesión. Puede deducirse en forma clásica como se indica más arriba. La teoría de Einstein da una ley de fuerza incorrecta [1-12], que es la suma de términos que son el cuadrado de la inversa en r e inversa de la cuarta potencia en r. La expresión correcta viene dada en la Ec. (169).

La velocidad orbital relativista (161) da el resultado experimental correcto para la curva de velocidad de una galaxia en espiral, utilizando la órbita en espiral hiperbólica de una estrella que se mueve hacia el exterior desde el centro de una galaxia:

$$\frac{1}{r} = \frac{\theta}{r_0} , \tag{174}$$

A partir de las Ecs. (161) y (174), la curva de velocidad de una galaxia en espiral es:

$$v_N^2 = \frac{L_0^2}{m^2}\left(\frac{1}{r_0^2} + \frac{1}{r^2}\right)\left(1 - \frac{L_0^2}{m^2 c^2}\left(\frac{1}{r_0^2} + \frac{1}{r^2}\right)\right)^{-1} \tag{175}$$

y llega a la meseta constante observada:

$$v_N \xrightarrow[r\rightarrow\infty]{} \frac{L_0}{m r_0}\left(1 - \frac{L_0^2}{m^2 c^2 r_0^2}\right)^{-1/2} \tag{176}$$

Estos resultados constituyen una fuerte indicación de que la teoría ECE2 se prefiere mediante el criterio de la Navaja de Ockham (Principio de Simplicidad), y por observación, respecto de la teoría de Einstein, porque ésta última fracasa completamente en construir la curva de velocidad de una galaxia en espiral [1 -12]. La velocidad orbital newtoniana no relativista es:

$$v^2(\text{Newton}) = MG\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right) \tag{177}$$

de manera que:

$$v^2(\text{Newton}) = \frac{MG}{r}\left(2 + \frac{(\epsilon^2 - 1)}{1 + \epsilon\cos\theta}\right) \xrightarrow[r \to \infty]{} 0 \tag{178}$$

y la teoría de Newton fracasa completamente en una galaxia en espiral. Se afirma que la órbita einsteiniana es capaz de reproducir la elipse con precesión (121), de manera que:

$$v^2(\text{Einstein}) = \frac{MG}{r}\left(2 + \frac{(\epsilon^2 - 1)}{1 + \epsilon\cos(x\theta)}\right) \xrightarrow[r \to \infty]{} 0 \tag{179}$$

y la relatividad general einsteiniana también fracasa completamente en una galaxia en espiral.

La velocidad orbital relativista, a partir de la Ec. (164) es:

$$v_N^2 = v^2\left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1} \tag{180}$$

donde v_N es la velocidad orbital no relativista:

$$v_N^2 = \dot{r}^2 + \dot{\theta}^2 r^2 \tag{181}$$

en coordenadas polares planas. La desviación de la luz por causa gravitacional:

$$v \sim c. \tag{182}$$

Se deduce a partir de las Ecs. (180) y (182) que:

$$v_N^2 \longrightarrow \frac{c^2}{2} \tag{183}$$

y que hay un límite superior a la velocidad no relativista. La sencilla inferencia de la teoría ECE2 explica exactamente la desviación de la luz por la gravitación, como sigue.

La velocidad orbital no relativista es:

$$v_N^2 = MG\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right) \tag{184}$$

donde el semieje mayor es:

$$a = \frac{\alpha}{1-\epsilon^2}. \tag{185}$$

La distancia de máximo acercamiento es:

$$R_0 = \frac{\alpha}{1+\epsilon} \tag{186}$$

Se deduce que:

$$v_N^2 = \frac{MG}{R_0}\left(2 + \frac{\epsilon^2 - 1}{\epsilon + 1}\right) = \frac{MG}{R_0}(1+\epsilon). \tag{187}$$

La luz que roza la superficie solar sigue una trayectoria hiperbólica con una gran excentricidad:

$$\epsilon \gg 1, \tag{188}$$

de manera que la órbita es casi una línea recta. A partir de las Ecs. (187) y (188):

$$\epsilon \sim \frac{R_0 v_N^2}{MG} \tag{189}$$

y el ángulo de desviación es:

$$\Delta\varphi = \frac{2}{\epsilon} = \frac{2MG}{R_0 v_N^2}, \tag{190}$$

Esto se conoce a menudo como el resultado newtoniano. Sin embargo, la velocidad no relativista a partir de la Ec.(180) es:

$$v_N^2 = \frac{c^2}{2} \tag{191}$$

de manera que el ángulo del desviación es:

$$\Delta\varphi = \frac{4MG}{R_0 c^2} \tag{192}$$

que es exactamente el resultado experimental medido con precisión, QED. La teoría de Einstein no se requiere para producir este resultado.

El lagrangiano y el hamiltoniano de la teoría ECE2 (aquellos de la relatividad restringida) pueden resolverse simultáneamente utilizando métodos de graficación dispersa (*scatter plotting*), como el documento UFT325, publicado en el portal www.aias.us. El resultado es una órbita precisa, o sea la elipse con precesión definida con precisión sin ninguna otra suposición o teoría. Nótese cuidadosamente que éste no es el resultado einsteiniano, el cual se basa en una geometría incorrecta sin torsión. Tal como se mostró en varios documentos de la serie UFT, el resultado de Einstein produce un espejismo de precisión cuando la precesión es pequeña, como en el caso del Sistema Solar, ya que para el rango completo de ángulo produce una órbita salvajemente incorrecta [1-12] y se sabe que es incorrecta de muchas otras maneras. La teoría ECE2 constituye un gran avance, porque produce una elipse con precesión directamente a partir de la solución simultánea del lagrangiano y el hamiltoniano ECE2 - un resultado preciso, correcto y general. La teoría ECE2 da la órbita con precesión sin ninguna clase de empirismo. La verdadera órbita con precesión no es aquella de Einstein, y no es el modelo (121). La teoría no relativista de Newton no da ninguna clase de precesión.

El hamiltoniano y el lagrangiano de la teoría ECE2 vienen dados por las Ecs. (141) y (140), respectivamente. Se supone que el potencial gravitacional es:

$$U = -\frac{mMG}{r} . \tag{193}$$

La velocidad orbital se define mediante el elemento lineal infinitesimal de la relatividad restringida [1-12]:

$$c^2 d\tau^2 = (c^2 - v_N^2) dt^2 \tag{194}$$

donde $d\tau$ es el infinitésimo del tiempo propio, el tiempo en el marco que se mueve con el objeto m que gira en órbita alrededor de un objeto M. Se deduce que la velocidad no relativista es:

$$v_N^2 = \dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2 \tag{195}$$

Las ecuaciones de Euler Lagrange para este sistema produce la Ec. (164), como ya se ha demostrado.

Tal como se demuestra en la Nota 325(9) y por álgebra computacional, la teoría de Einstein produce una órbita excesivamente complicada y diverge, de manera que la teoría de Einstein, cuando es evaluada correctamente en su rango completo, produce un resultado sin sentido físico, de hecho produce un completo sinsentido. El documento UFT325, publicado en el portal www.aias.us , fue el primer documento en señalar esto con detalles irrefutables, utilizando álgebra computacional para eliminar posibles errores humanos. Por lo tanto, la teoría de Einstein es obsoleta. Los errores básicos de la teoría de Einstein pueden demostrarse fácilmente, como sigue. Es bien sabido que el hamiltoniano y lagrangiano de la teoría einsteiniana son:

$$H(\text{Einstein}) = \frac{1}{2} m\left(\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2\left(1+\frac{r_0}{r}\right)\right) + U \tag{196}$$

y

$$\mathcal{L}(\text{Einstein}) = \frac{1}{2} m\left(\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2\left(1+\frac{r_0}{r}\right)\right) - U \tag{197}$$

donde:

$$U = -\frac{mMG}{r} \tag{198}$$

y donde

$$r_0 = \frac{2MG}{c^2} \tag{199}$$

se conoce en la física obsoleta como el radio de Schwarzschild. El momento angular conservado de la teoría de Einstein es:

$$L = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\theta}} = \left(1+\frac{r_0}{r}\right) m r^2 \theta \tag{200}$$

y se deduce que:

$$\dot{\theta} = \frac{L}{mr^2}\left(1+\frac{r_0}{r}\right)^{-1} \tag{201}$$

y

$$\dot{r} = -\frac{L}{m}\left(1+\frac{r_0}{r}\right)^{-1}\frac{d}{d\theta}\left(\frac{1}{r}\right). \tag{202}$$

Por lo tanto, la velocidad orbital einsteiniana puede calcularse a partir de:

$$v^2 = \dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2 \tag{203}$$

utilizando las Ecs. (201) y (202), dando el resultado:

$$v^2(\text{Einstein}) = v_N^2\left(1+\frac{r_0}{r}\right)^{-2}. \tag{204}$$

Como:

$$v_N \longrightarrow c \tag{205}$$

y a la distancia de máximo acercamiento:

$$r = R_0 \tag{206}$$

el ángulo newtoniano de desviación cambia a:

$$\Delta \phi = \frac{2MG}{R_0 c^2}\left(1 + \frac{r_0}{r}\right)^2 \tag{207}$$

y éste no es el resultado experimental, QED. Tal como se mostró en detalle en documentos tales como UFT150 y UFT155 en el portal www.aias.us, ya transformados en documentos clásicos, Einstein obtuvo el doble del resultado calculado mediante una serie de aproximaciones inválidas.

La ecuación de Euler Lagrange (147) da la ecuación orbital relativista de Leibnitz de ECE2:

$$\frac{d}{dt}\left(\gamma m \dot{r}\right) - \gamma m r \dot{\theta}^2 = -\frac{\partial U}{\partial r} = F(r). \tag{208}$$

En el límite:

$$\gamma \rightarrow 1 \tag{209}$$

La Ec. (208) deviene la ecuación de Leibnitz de 1689:

$$m\ddot{r} = m r \dot{\theta}^2 - \frac{mMG}{r^2} \tag{210}$$

que da una órbita sin precesión. La velocidad orbital newtoniana o no relativista es:

$$v_N^2 = \frac{L_0^2}{m^2}\left(\left(\frac{d}{d\theta}\left(\frac{1}{r}\right)\right)^2 + \frac{1}{r^2}\right) = MG\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right). \tag{211}$$

A partir de las Ecs. (164) y (211) puede mostrarse que:

$$v^2 = MG\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)\left(1 - \frac{MG}{c^2}\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)\right)^{-1} \tag{212}$$

Este resultado se representa gráficamente más adelante en este capítulo, donde también se incluye una sinopsis de la Sección 3 de UFT325, una sección en la que se utiliza álgebra computacional para demostrar que la solución simultánea del lagrangiano y el hamiltoniano de la teoría ECE2 da la verdadera órbita elíptica con precesión, por primera vez en la historia de la ciencia. La solución es una órbita estable, en lugar de una órbita inestable y sin sentido físico, como sucede con la teoría de Einstein.

La propiedad de la covariancia de la teoría ECE2 significa que la cuantización de la teoría ECE2 puede desarrollarse directamente, como en el documento UFT326, que se comenta brevemente a continuación. Éstos esquemas de cuantización acompañan un nuevo axioma introducido lógicamente por la teoría ECE2, y que afirma que el valor máximo de la velocidad no relativista v_N es:

$$v_N^2 = \frac{c^2}{2}. \tag{213}$$

Tal como ya se ha demostrado, este axioma resulta inmediatamente en la desviación gravitacional de la luz observada con precisión, ahora conocida con una proclamada alta precisión. Este axioma permite que una partícula con masa viaje a una velocidad c. Éste hecho se observa experimentalmente cuando se aceleran electrones a velocidades muy cercanas a c. El dogma habitual de la física obsoleta proclamaba que sólo "partículas sin masa", tales como el fotón, pueden viajar a c.

Las ecuaciones fundamentales para los esquemas de cuantización son las ecuaciones de Einstein / de Broglie:

$$E = \gamma m c^2 = \hbar \omega \tag{214}$$

y

$$\underline{p} = \gamma m \underline{v}_N = \hbar \underline{\kappa}, \tag{215}$$

El hamiltoniano y el lagrangiano se definen como en las Ecs. (141) y (140). La energía total relativista viene dada por la conocida ecuación de Einstein:

$$E^2 = p^2c^2 + m^2c^4. \tag{216}$$

Esto puede factorizarse de dos maneras:

$$E - mc^2 = \frac{p^2c^2}{E + mc^2} \tag{217}$$

y.

$$E - pc = \frac{m^2c^4}{E + pc} \tag{218}$$

cada una de las cuales puede cuantizarse utilizando:

$$p^\mu = \left(\frac{E}{c}, \underline{p}\right) = i\hbar\partial^\mu = i\hbar\left(\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}, -\nabla\right) \tag{219}$$

para la energía relativista E y el momento relativista $\underline{p}$ utilizado en las Ecs. (214) y (215).

La ecuación relativista de Schroedinger se obtiene a partir de las Ecs. (217) y (219)

$$\frac{p^2}{2m}\psi = \frac{mc^2}{2}(\gamma^2 - 1)\psi \tag{220}$$

y puede desarrollarse utilizando varios tipos de cuantización, tal como se describe en las Notas de UFT326 en el portal www.aias.us. En el límite no relativista:

$$v_N \ll c \tag{221}$$

se obtiene el siguiente resultado:

$$\frac{p^2}{2m} \rightarrow mc^2\left(\left(1 - \frac{v_N^2}{c^2}\right)^{-1} - 1\right) \xrightarrow[v_N \ll c]{} \frac{1}{2}mv_N^2 \tag{222}$$

La ecuación relativista de Schroedinger de la teoría ECE2 también puede expresarse como:

$$\left(\frac{p^2}{(1+\gamma)m} + U\right)\psi = (H - mc^2)\psi \tag{223}$$

tal como se explica en la Nota 326(8). Por lo tanto la ecuación se desarrolla a partir de la conocida ecuación de Schroedinger, utilizando:

$$\frac{p^2}{2m} \rightarrow \frac{p^2}{(1+\gamma)m}, \tag{224}$$

la ecuación no relativista de Schroedinger se define como:

$$\left(\frac{p^2}{2m} + U\right)\psi = (H - mc^2)\psi := E_{tot}\psi. \tag{225}$$

La ecuación relativista de Schroedinger puede desarrollarse como:

$$\left(\frac{p^2}{2m}+U\right)\psi = E_{tot}\psi + \frac{1}{2}(\gamma-1)(E_{tot}-U)\psi \qquad (226)$$

donde:

$$E_{tot} = H - mc^2 \qquad (227)$$

y donde el potencial de Coulomb es:

$$U = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}. \qquad (228)$$

De manera que los niveles de energía del átomo de hidrógeno se desplazan por:

$$E_{tot} \rightarrow E_{tot} + \frac{m^2 v_N^2}{4}\left(\left(1-\frac{v_N^2}{c^2}\right)^{-1/2}-1\right) \qquad (229)$$

y esto permite que se encuentre v_N a partir del espectro del átomo de hidrógeno. En el esquema habitual de cuantización de Dirac:

$$H - U - mc^2 = \frac{p^2c^2}{H-U+mc^2} \qquad (230)$$

la aproximación gruesa:

$$H = \gamma mc^2 + U \rightarrow mc^2 \qquad (231)$$

se utiliza, lo cual implica:

$$\gamma \rightarrow 1, \quad U \ll E. \qquad (232)$$

Utilizando estas aproximaciones en la Ec. (226) conduce a:

$$\left(-\frac{\hbar^2\nabla^2}{2m}+U\right)\psi = E_{tot}\psi + \frac{\hbar^2}{4m^2c^2}\nabla^2(U\psi) \qquad (233)$$

donde:

$$\nabla^2(U\psi) = U\nabla^2\psi + 2\underline{\nabla}U\cdot\underline{\nabla}\psi + \psi\nabla^2 U. \tag{234}$$

Los niveles de energía del átomo de hidrógeno se desplazan en la aproximación de Dirac a:

$$\langle \Delta E_{tot} \rangle = -\frac{\hbar^2}{4m^2c^2}\left(\int \psi^* U\nabla^2\psi\, d\tau + \int \psi^*(\nabla^2 U)\psi\, d\tau + 2\int \psi^* \underline{\nabla}U\cdot\underline{\nabla}\psi\, d\tau\right) \tag{235}$$

y esto puede evaluarse en aproximación de funciones de onda hidrogénicas.

En la interpretación habitual de la relatividad restringida, se permite que la velocidad no relativista v_N de la transformación de Lorentz alcance la velocidad c, la constante universal conocida como la velocidad de la luz en el vacío. La suposición, no evaluable en forma experimental:

$$v_N \rightarrow ?\, c \tag{236}$$

resulta, sin embargo, en un valor infinito sin sentido físico:

$$\gamma \rightarrow \infty \tag{237}$$

conocido oscuramente en la física obsoleta como el límite híper relativista. La física obsoleta manejó este valor infinito sin sentido físico mediante la invención de una partícula sin masa. El momento relativista se volvió indeterminado, multiplicando cero por infinito, para esta partícula sin masa. Un fotón sin masa devino una característica dogmática de la física obsoleta, pero al mismo tiempo introdujo muchas dificultades severas [1-12] y aspectos oscuros aceptados por los mismos dogmáticos. El axioma ECE2 (213) elimina directamente todas estas dificultades. Bajo la condición (213) la velocidad relativista v alcanza c y el factor de Lorentz permanece con un valor finito:

$$\gamma \rightarrow \sqrt{2}\,. \tag{238}$$

Tal como ya se mostró, el axioma ECE2 (213) dio inmediatamente la desviación gravitatoria de la luz. También da el pequeño grupo O(3) correcto del grupo Poincaré para una partícula con masa, permite la cuantización canónica sin problemas; produce la ecuación de Proca, y también es compatible con el campo $B^{(3)}$ [1-12]. El axioma ECE2 (213) introduce la teoría de masa del fotón que refuta al bosón de Higgs y la completa estructura de la física obsoleta. Elimina la condición de Gupta Bleuler, la cual era muy oscura, y permite la cuantización canónica en forma consistente. Ya se han sugerido algunos métodos de medición de v_N con el objeto de evaluar experimentalmente el axioma (213).

Tal como se describió en las notas, como en la 326(6) en el portal www.aias.us, la ecuación relativista de Schroedinger también puede expresarse como:

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\psi = \frac{1}{2}\left(\gamma^2-1\right)mc^2\psi := E_{rel}\psi \tag{239}$$

cuya solución es:

$$\psi = A\exp(iKZ)+B\exp(-iKZ) \tag{240}$$

donde:

$$K^2 = \frac{2mE_{rel}}{\hbar^2} \tag{241}$$

Esto conduce a la teoría cuántica relativista y también a una expresión para

$$\left(\frac{v_N}{c}\right)^2 = 1-\left(1+\left(\frac{\hbar K}{mc}\right)^2\right)^{-1} \tag{242}$$

que puede utilizarse con la Ec. (215) para medir v_N y m en forma experimental.

Se incluyen detalles adicionales y desarrollo en el documento UFT326 y en los métodos numéricos en la Sección 3 de UFT326, resumidos más adelante en este capítulo.

La métrica de Minkowski de la relatividad ECE2 produce una órbita elíptica con precesión, confirmando la demostración incluida previamente en este capítulo en que la órbita elíptica con precesión se genera a través de la solución simultánea del lagrangiano y el hamiltoniano de la relatividad ECE2. Los detalles para el empleo de la métrica de Minkowski para producir precesión se incluyen en las Notas de Acompañamiento del documento UFT327, publicado en el portal www.aias.us. Las Notas para UFT327 también refutan de varias maneras la teoría de Einstein. Por ejemplo, las Notas 327(2) y 327(3) utilizan álgebra computacional para demostrar que las aproximaciones de las integrales utilizadas por Einstein, en su documento de noviembre de 1915, son incorrectas. Éste documento fue severamente criticado por Schwarzschild, en diciembre de ese mismo año. Los métodos computacionales disponibles en la actualidad eliminan la necesidad de las aproximaciones utilizadas por Einstein. En los documentos UFT150 y UFT155, varias otras de las aproximaciones utilizadas por Einstein se demuestran como incorrectas y sin significado. La *cientometría* nos muestra que estas demostraciones son estudiadas profundamente y aceptadas en general. La omisión de la torsión significa que la geometría utilizada por Einstein está fundamentalmente equivocada, tal como ya se ha comentado en el Capítulo 2 de este libro.

Por lo tanto, líderes de opinión en el mundo académico aceptan que la relatividad general einsteiniana carece de sentido. En la Nota 327(6), por ejemplo, se desarrolla un método computacional exacto que demuestra, de otra manera, que la afirmación de Einstein de haber producido precesión orbital está fundamentalmente equivocada. Los resultados de este método se incluyen más adelante en este capítulo, junto con gráficas.

Consideremos el elemento lineal infinitesimal de la teoría ECE2:

$$c^2 d\tau^2 = (c^2 - v_N^2)\, dt^2. \tag{243}$$

Esto posee el mismo formato matemático que la conocida métrica de Minkowski de la relatividad restringida. Aquí, $d\tau$ es el infinitésimo del tiempo propio (el tiempo en el marco del movimiento) y v_N es la velocidad newtoniana del marco del observador, definida en coordenadas polares planas por:

$$v_N^2 = \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2. \tag{244}$$

La energía en reposo es, por lo tanto:

$$mc^2 = mc^2\left(\frac{dt}{d\tau}\right)^2 - m\left(\frac{dr}{d\tau}\right)^2 - mr^2\left(\frac{d\theta}{d\tau}\right)^2 \tag{245}$$

donde el factor de Lorentz se define como:

$$\gamma = \frac{dt}{d\tau} = \left(1 - \frac{v_N^2}{c^2}\right)^{-1/2} \tag{246}$$

Hay dos constantes de movimiento, la energía total relativista:

$$E = \gamma m c^2 \tag{247}$$

y el momento angular relativista:

$$L = \gamma m r^2 \frac{d\theta}{dt} := \gamma L_0 \tag{248}$$

El momento lineal relativista se define mediante:

$$\underline{p} = \gamma m \underline{v}_N = \gamma \underline{p}_N \tag{249}$$

de manera que se deduce que:

$$p^2 = \gamma^2 m^2 v_N^2 \tag{250}$$

y la Ec. (245) deviene la ecuación de energía de Einstein:

$$E^2 = p^2c^2 + m^2c^4. \tag{251}$$

Tal como se demuestra en la Nota 327(1) y en varios documentos UFT publicados en el portal www.aias.us, la órbita de la relatividad ECE2 es:

$$\left(\frac{dr}{d\theta}\right)^2 = r^4\left(\frac{E^2 - m^2c^4}{c^2L^2} - \frac{1}{r^2}\right) = r^4\left(\left(\frac{p}{L}\right)^2 - \frac{1}{r^2}\right). \tag{252}$$

La razón p / L se define mediante:

$$\frac{p}{L} = \frac{\gamma p_N}{\gamma L_N} = \frac{p_N}{L_N} \tag{253}$$

Por lo tanto, en el límite newtoniano la órbita deviene:

$$\left(\frac{dr}{d\theta}\right)^2 = r^4\left(\left(\frac{p_N}{L_N}\right)^2 - \frac{1}{r^2}\right) \tag{254}$$

en donde el momento no relativista p_N se define mediante el hamiltoniano clásico:

$$H_0 = \frac{p_N^2}{2m} + U. \tag{255}$$

A partir de las Ecs. (254) y (255):

$$\left(\frac{dr}{d\theta}\right)^2 = \frac{r^4}{L_N^2}\left(2m\left((H_0 - U) - \frac{L_N^2}{2mr^2}\right)\right) \tag{256}$$

una ecuación conocida por dar las órbitas de sección cónica:

$$r = \frac{\alpha}{1 + \epsilon\cos\theta} \tag{257}$$

que no presentan precesión:

El infinitésimo (243) de la relatividad ECE2 se deduce a partir de la invariancia de Lorentz:

$$x^\mu x_\mu = x^{\mu'} x'_\mu \tag{258}$$

del cuatro-vector de posición. En relatividad ECE2, la invariancia de Lorentz se define en un espacio con torsión y curvatura finitas. En la relatividad restringida original, la torsión y la curvatura son ambas iguales a cero. En la relatividad ECE2, la órbita se describe a través de la geometría subyacente de Cartan y las identidades de Evans.

En la versión completamente relativista de la Ec. (252), el momento angular relativista L es la constante de movimiento:

$$\frac{d\underline{L}}{dt} = \underline{0} \tag{259}$$

y no al momento angular clásico $\underline{L}_N$, definido por:

$$\underline{L}_N = mr^2 \frac{d\theta}{dt} \underline{k} . \tag{260}$$

La órbita relativista es:

$$\left(\frac{dr}{d\theta}\right)^2 = r^4 \left(\frac{\gamma^2 p_N^2}{L^2} - \frac{1}{r^2}\right) \tag{261}$$

donde el cuadrado del factor de Lorentz es:

$$\gamma^2 = \left(1 - \frac{p_N^2}{m^2 c^2}\right)^{-1} \tag{262}$$

Previamente en este capítulo (y en los documentos UFT324 y UFT325) se demostró que la resolución numérica simultánea del hamiltoniano relativista de la teoría ECE2:

$$H = \gamma mc^2 + U \tag{263}$$

y el lagrangiano relativista de ECE2:

$$\mathcal{L} = -\frac{mc^2}{\gamma} - U \tag{264}$$

da una órbita con precesión a partir de las ecuaciones relevantes de Euler Lagrange. El elemento lineal infinitesimal correspondiente a las Ecs. (263) y (264) es la Ec. (243), cuya órbita se define mediante la Ec. (252). Por lo tanto, la Ec. (252) también debe dar una órbita con precesión, por consistencia interna. El hamiltoniano relativista puede definirse como:

$$H = (c^2 p^2 + m^2 c^4)^{1/2} + U \tag{265}$$

de manera que el momento relativista:

$$\underline{p} = \gamma \underline{p}_N = \gamma m \underline{v}_N \tag{266}$$

puede definirse como:

$$c^2 p^2 + m^2 c^4 = (H - U)^2 . \tag{267}$$

Tal como se mostró previamente en este capítulo (y también en UFT326), la Ec. (267) puede expresarse como:

$$H - U - mc^2 = \frac{c^2 p^2}{H - U + mc^2} \tag{268}$$

que se reduce al hamiltoniano clásico (255) en el límite:

$$v_N << c . \tag{269}$$

En la conocida aproximación de Dirac:

$$U << H \sim mc^2 \tag{270}$$

el hamiltoniano clásico se define por:

$$H_0 = H - mc^2 \tag{271}$$

y a partir de las Ecs. (270) y (271):

$$H_0 = \frac{p^2}{2m} \left(1 - \frac{U}{2mc^2} \right)^{-1} + U \tag{272}$$

y dado que:

$$U << 2mc^2 \tag{273}$$

el hamiltoniano clásico deviene:

$$H_0 \sim \frac{p^2}{2m}\left(1+\frac{U}{2mc^2}\right)+U \tag{274}$$

El factor 2, en el paréntesis del lado derecho, es el factor de Thomas observable en la interacción de órbita de espín en los espectros. En la aproximación de Dirac, el momento relativista viene dado por:

$$p^2 = \left(1-\frac{U}{2mc^2}\right) p_N^2 \tag{275}$$

y la órbita a partir de las Ecs. (252) y (275) es

$$\left(\frac{dr}{d\theta}\right)^2 = r^4\left(\frac{1}{L^2}\left(1+\frac{MG}{2c^2 r}\right)p_N^2+\frac{1}{r^2}\right). \tag{276}$$

Esta es la corrección de ECE2 de la teoría newtoniana de órbitas.

Se obtiene la precesión rigurosamente correcta mediante la solución numérica simultánea de las Ecs. (263) y (264), tal como se muestra en los documentos UFT324 y UFT325. Sin embargo, para precesiones pequeñas de unos pocos segundos de arco al año, tales como los observados en el Sistema Solar, la órbita con precesión puede modelarse mediante:

$$r = \frac{\alpha}{1+\epsilon\cos(x\theta)} \tag{277}$$

en donde se observa x, mediante astronomía de alta precisión, como igual a:

$$x = 1 + \frac{3MG}{\alpha c^2} \tag{278}$$

Se deduce a partir de las Ecs. (276) y (277) que:

$$\left(\frac{dr}{d\theta}\right)^2 = \frac{x^2\epsilon^2 r^4}{\alpha^2}\,\mathrm{sen}^2(x\theta) = r^4\left(\left(\frac{p_N^2}{L^2}+\frac{1}{r^2}\right)+\left(\frac{MG}{2c^2 r}\right)\frac{p_N^2}{L^2}\right) \tag{279}$$

de manera que se ha demostrado que la relatividad ECE2 da la órbita con precesión observada en forma experimental, siempre que se cumpla la Ec. (279). De manera que la teoría ECE2 sustituye la obsoleta e incorrecta teoría de Einstein.

Análisis y gráficas adicionales se incluyen más adelante en este capítulo.

Tal como se ha demostrado en forma analítica y numérica en el documento

UFT328, la verdadera órbita con precesión debe de hallarse mediante resolución simultánea del hamiltoniano y el lagrangiano de la teoría ECE2. La verdadera órbita no es aquella modelada en la Ec. (277), y ciertamente no es la órbita afirmada en los trabajos tempranos de Einstein, que muestran múltiples errores. La verdadera precesión viene dada por la solución simultánea de las Ecs. (263) y (264), en donde el potencial gravitacional se supone igual a:

$$U = -\frac{mMG}{r} \tag{280}$$

a partir de la ley del cuadrado de la inversa de Hooke / Newton. Se considera que la órbita es plana. Tal como se demuestra en los documentos UFT324 y UFT325, un análisis basado en las ecuaciones de Euler Lagrange para r y θ conduce a:

$$\ddot{r} = \frac{\left(-\gamma^2 v_N^2 + \gamma^2 \dot{r}^2 - c^2\right) MG + r\left(\gamma^3 r^4 + \gamma c^2 v_N^2\right) + r\dot{r}\left(-\gamma^3 v_N^2 - \gamma c^2\right)}{r^2\left(\gamma^3 v_N^2 + \gamma c^2\right)} \tag{281}$$

y:

$$\ddot{\theta} = \frac{\gamma \dot{r}\dot{\theta} MG + r\dot{r}\dot{\theta}\left(-2\gamma^2 v_N^2 - 2c^2\right)}{r^2\left(\gamma^2 v_N^2 + c^2\right)} . \tag{282}$$

En el límite clásico, estas ecuaciones se reducen a la ecuación de Leibnitz:

$$\ddot{r} = r\dot{\theta}^2 - \frac{MG}{r^2} \tag{283}$$

y a:

$$\ddot{\theta} = -\frac{2\dot{r}\dot{\theta}}{r} \tag{284}$$

respectivamente.

Con el objeto de computar la órbita relativista, utilizamos:

$$\dot{r} = \int \ddot{r}\, dt \tag{285}$$

y:

$$\dot{\theta} = \int \ddot{\theta}\, dt \tag{286}$$

para dar varios resultados que se representan gráficamente más adelante en este capítulo. Tal como se comenta en el documento UFT328 y sus notas de acompañamiento, la versión ECE2 de la ecuación de Leibnitz es:

$$F(r) = -\frac{\partial U}{\partial r} = \frac{d}{dt}\left(\gamma m \dot{r}\right) - \gamma m r \dot{\theta}^2 \tag{287}$$

con la constante de movimiento:

$$L = \gamma m r^2 \dot{\theta}. \tag{288}$$

A partir de la Ec. (263), la transición desde la dinámica clásica a la dinámica ECE2 puede describirse como:

$$p_N^2 \longrightarrow 2\left(\frac{E^2}{mc^2\left(E+mc^2\right)}\right) p_N^2. \tag{289}$$

El método de solución y las gráficas con precesión se incluyen más adelante en esta sección. Se deduce que el método más general y rigurosamente correcto para describir precesión orbital es la resolución simultánea del hamiltoniano y el lagrangiano ECE2. Las gráficas resultantes muestran claramente la presencia de la verdadera precesión orbital. Este método resulta válido para precesiones verdaderas de cualquier magnitud. La teoría de Einstein se vuelve salvajemente incorrecta para grandes precesiones, y el modelo (277) da secciones cónicas fractales.

CAPITULO CINCO

NUEVAS ESPECTROSCOPÍAS

La teoría del campo unificado ECE2 puede utilizarse para desarrollar nuevos tipos de espectroscopía de utilidad general, tales como por ejemplo resonancia de espín electrónico (REE) y resonancia magnética nuclear (RMN). Pueden desarrollarse novedosos términos de resonancia y expresados en términos del potencial $\underline{W}$ de la teoría ECE2. Esto posee las mismas unidades que el potencial $\underline{A}$ del modelo establecido de la física. Los nuevos tipos de REE y RMN emergen a partir del hamiltoniano de la teoría ECE2, el cual puede deducirse utilizando sus propiedades de covariancia ya explicados en capítulos previos:

$$H = \left(p^2c^2 + m^2c^4\right)^{1/2} + U \tag{5.1}$$

Aquí, U es la energía potencial, $\underline{p}$ ese momento relativista, m es la masa de la partícula, y c es la velocidad de la luz en el vacío, considerada como una constante universal. En el átomo de hidrógeno, energía potencial entre el electrón y el protón es el potencial de Coulomb:

$$U = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \tag{5.2}$$

donde e es la carga en el protón y ϵ_0 es la permitividad en el vacío en unidades del S. I.. Aquí, r es la distancia entre el electrón y el protón en el átomo de hidrógeno. El hamiltoniano (1) puede re-expresarse como:

$$H_0 = H - mc^2 = \frac{p^2}{m(1+\gamma)} + U \tag{5.3}$$

en donde el factor de Lorentz es:

$$\gamma = \left(1 - \frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)^{-1/2} \tag{5.4}$$

donde $\underline{p}_0$ es el momento no relativista definido por:

$$p_0^2 = 2m\left(H_0 - U\right). \tag{5.5}$$

El momento relativista viene definido por:

$$\underline{p} = \gamma\, \underline{p}_0 \tag{5.6}$$

y la cuantización se lleva a cabo a través del momento relativista:

$$-i\hbar\underline{\nabla}\psi = \underline{p}\psi \tag{5.7}$$

donde ψ es la función de onda relevante del átomo de hidrógeno. Por lo tanto, la ecuación de onda de mecánica cuántica relativista se construye a partir de la Ec. (3), en donde ya sea el operador o la función clásica siempre pueden utilizarse. Utilizando el operador en el numerador y la función clásica en el denominador produce la siguiente ecuación de mecánica cuántica relativista:

$$\langle H_0 \rangle = -\hbar^2 c^2 \int \frac{\psi^* \nabla^2 \psi \, d\tau}{m(1+\gamma)} + \int \psi^* U \psi \, d\tau \tag{5.8}$$

en donde:

$$\underline{p}_0 = m\underline{v}_0 . \tag{5.9}$$

En una primera aproximación:

$$\left(1 - \frac{p_0^2}{m^2 c^2}\right)^{-1/2} \sim 1 + \frac{1}{2}\frac{p_0^2}{m^2 c^2} \tag{5.10}$$

de manera que los niveles de energía a partir de la Ec. (8) devienen:

$$\langle H_0 \rangle = -\hbar^2 c^2 \int \frac{\psi^* \nabla^2 \psi \, d\tau}{\left(2 + \frac{p_0^2}{2m^2 c^2}\right) mc^2} + \int \psi^* U \psi \, d\tau . \tag{5.11}$$

En el límite:

$$H_0 - U \ll mc^2 \tag{5.12}$$

la Ec. (11) se reduce a los conocidos niveles de energía del átomo de hidrógeno de la ecuación de Schroedinger:

$$\langle H_0 \rangle = \frac{-\hbar^2}{2m} \int \psi^* \nabla^2 \psi \, d\tau + \int \psi^* U \psi \, d\tau = \frac{-me^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2 n^2} \tag{5.13}$$

Utilizando:

$$\left(2+\frac{H_0-U}{mc^2}\right)^{-1}=\frac{1}{2}\left(1+\frac{H_0-U}{2mc^2}\right)^{-1}\sim\frac{1}{2}\left(1-\frac{H_0-U}{2mc^2}\right) \tag{5.14}$$

y para:

$$H_0-U \ll 2mc^2 \tag{5.15}$$

la Ec. (11) se reduce a:

$$\langle H_0\rangle=\frac{-me^4}{32\pi^2\epsilon_0^2\hbar^2n^2}+\frac{\hbar^2}{4m^2c^2}\int\psi^*\nabla^2((H_0-U)\psi)\,d\tau. \tag{5.16}$$

Hay un corrimiento novedoso en los niveles de energía del átomo de hidrógeno que resulta diferente para cada número cuántico *n* principal.

Utilizamos ahora el hecho que el hamiltoniano clásico definido por:

$$H_0=-\frac{me^4}{32\pi^2\epsilon_0^2\hbar^2n^2} \tag{5.17}$$

es una constante de movimiento. Por lo tanto:

$$\langle H_0\rangle=\frac{-me^4}{32\pi^2\epsilon_0^2\hbar^2n^2}-\frac{\hbar^2}{4m^2c^2}\int\psi^*\nabla^2(U\psi)\,d\tau+\frac{\hbar^2H_0}{4m^2c^2}\int\psi^*\nabla^2\psi\,d\tau. \tag{5.18}$$

En la primera aproximación, la Ec. (17) puede utilizarse para H_0 del lado derecho, de manera que

$$\langle H_0\rangle=\frac{-me^4}{32\pi^2\epsilon_0^2\hbar^2n^2}\left(1+\frac{\hbar^2}{4m^2c^2}\int\psi^*\nabla^2\psi\,d\tau\right)-\frac{\hbar^2}{4m^2c^2}\int\psi^*\nabla^2(U\psi)\,d\tau \tag{5.19}$$

y detalles de estos cálculos se incluyen en la Nota 329(3) publicada en el portal www.aias.us. La aproximación habitual de Dirac:

$$H \sim E \sim mc^2, \tag{5.20}$$

$$U << E \sim mc^2 \tag{5.21}$$

conduce a:

$$\langle H_0 \rangle = -\frac{me^4}{32\pi^2\epsilon_0^2\hbar^2 n^2} - \frac{\hbar^2}{4m^2c^2}\int \psi^* \nabla^2 (U\psi) \tag{5.22}$$

y no toma en cuenta el siguiente término:

$$\langle H_0 \rangle_1 = -\frac{me^4}{32\pi^2\epsilon_0^2\hbar^2 n^2}\left(\frac{\hbar^2}{4m^2c^2}\int \psi^* \nabla \psi \, d\tau\right). \tag{5.23}$$

Los niveles de energía en este término pueden evaluarse suponiendo, en primera aproximación, que las funciones de onda son aquellas provenientes del ecuación de Schroedinger. Pueden utilizarse bibliotecas de códigos para desarrollar una aproximación más exacta.

Tal como se muestra en detalle en la Nota 329(4), el nuevo hamiltoniano en la base SU(2) es:

$$H_{01} = -\frac{1}{4m^2c^2}\underline{\sigma}\cdot\underline{p}\, H_0\, \underline{\sigma}\cdot\underline{p} \tag{5.24}$$

y conduce a los corrimientos en los niveles de energía:

$$H_{01} = \frac{\hbar^2 H_0}{4m^2c^2}\nabla^2\psi \tag{5.25}$$

El efecto del campo magnético externo puede describirse mediante la prescripción mínima, utilizando el potencial $\underline{W}$ de la teoría ECE2 introducida en el Capítulo 3. El hamiltoniano (24) en presencia del campo magnético deviene:

$$H_{01} = -\frac{H_0}{4m^2c^2}\underline{\sigma}\cdot(\underline{p}-e\underline{W})\underline{\sigma}\cdot(\underline{p}-e\underline{W}) \tag{5.26}$$

que se cuantiza a:

$$H_{01}\psi = \frac{H_0}{4m^2c^2}\left(-\hbar^2\nabla^2 + e^2W^2 + i\hbar e(\underline{\nabla}\cdot\underline{W} + \underline{W}\cdot\underline{\nabla})\right)\psi \tag{5.27}$$

dando muchos efectos tal como se describe en los documentos UFT250 y UFT252 y sus Notas de Acompañamiento. Tal como se demuestra en detalle en la Nota 329(5), publicado en el portal www.aias.us , el esquema de cuantización que conduce a los nuevos tipos de REE y RMN es:

$$H_{01}\psi = -\frac{H_0}{4m^2c^2}\underline{\sigma}\cdot\left(-i\hbar\underline{\nabla}-e\underline{W}\right)\underline{\sigma}\cdot\left(\underline{p}-e\underline{W}\right)\psi \tag{5.28}$$

donde $\underline{p}$ es el momento relativista. Tal como se muestra en la Nota 329(6), el hamiltoniano de relevancia es:

$$H_{REE}\psi = -\frac{ie\hbar H_0}{4m^2c^2}\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}\underline{\sigma}\cdot\underline{W}\psi. \tag{5.29}$$

Utilizando álgebra de Pauli:

$$\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}\underline{\sigma}\cdot\underline{W} = \underline{\nabla}\cdot\underline{W} + i\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}\times\underline{W} \tag{5.30}$$

su parte real y física es:

$$Re\left(H_{REE}\psi\right) = \frac{e\hbar H_0}{4m^2c^2}\underline{\sigma}\cdot\underline{B}\psi \tag{5.31}$$

donde:

$$\underline{B} = \underline{\nabla}\times\underline{W} \tag{5.32}$$

es la densidad de flujo magnético. Utilizando la Ec.(17) en la primera aproximación, el nuevo hamiltoniano de REE y RMN es:

$$\langle Re\left(H_{REE}\right)\rangle = \frac{-e^5}{128\pi^2\epsilon_0^2\hbar mc^2n^2}\underline{\sigma}\cdot\underline{B}. \tag{5.33}$$

La prescripción mínima para el cuatro-vector momento de energía viene definido por:

$$p^\mu \longrightarrow p^\mu - eW^\mu \tag{5.34}$$

donde:

$$W^{\mu} = \left(\phi_W , c\underline{W} \right) \tag{5.35}$$

y la densidad de flujo magnético se define a través de la densidad de flujo magnético por el director de curvatura de spin, como en el documento UFT317. Por lo tanto, tal como se demuestra en detalle en la Nota 329(7), el nuevo hamiltoniano viene definido por:

$$Re\left(H_{REE}\right)\psi = \frac{e\hbar H_0 W^{(0)}}{4m^2c^2} \underline{\sigma} \cdot \underline{R}(espín)\psi \tag{5.36}$$

Los niveles de energía de los nuevos términos de REE se calculan y representan gráficamente más adelante en este capítulo.

Pueden inferirse nuevos tipos de interacción de órbita de espín híper fina mediante la eliminación de la restrictiva aproximación de Dirac (20). Estos nuevos métodos resultan en una severa evaluación de las bases de la relatividad, porque conducen a un nuevo tipo de partición híper fina sobrepuesta a la estructura fina del espectroscopía de órbita de spin. Si no se cumple con estos nuevos detalles, entonces se amenazan los fundamentos de la mecánica cuántica relativista.

El nuevo término del hamiltoniano obtenido mediante la eliminación de la restrictiva aproximación de Dirac es:

$$H_{01} = -\underline{\sigma} \cdot \underline{p} \frac{H_0}{4m^2c^2} \underline{\sigma} \cdot \underline{p} \tag{5.37}$$

en la base SU(2) basis, donde $\underline{p}$ es el momento relativista. En presencia de un campo magnético:

$$H_{01} = -\underline{\sigma} \cdot \left(\underline{p} - e\underline{W}\right) \frac{H_0}{4m^2c^2} \underline{\sigma} \cdot \left(\underline{p} - e\underline{W}\right) \tag{5.38}$$

donde el hamiltoniano H_o se cuantiza mediante la habitual ecuación de Schroedinger:

$$H_0\psi = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + U \right)\psi . \tag{5.39}$$

En el átomo de hidrógeno las funciones de onda hidrogénicas de la Ec. (39) son bien conocidas a nivel analítico.

Para comparación, la aproximación habitual de Dirac conduce al conocido término de órbita de spin:

$$H_{02} = \underline{\sigma} \cdot (\underline{p} - e\underline{W}) \frac{U}{4m^2c^2} \underline{\sigma} \cdot (\underline{p} - e\underline{W}) \quad (5.40)$$

en donde se utiliza la siguiente cuantización relativista, y donde el subíndice *r* señala este hecho:

$$p^\mu \psi_r = i\hbar \partial^\mu \psi_r . \quad (5.41)$$

El 4-momento relativista es:

$$p^\mu = \left(\frac{E}{c}, \underline{p} \right) \quad (5.42)$$

y por definición la 4-derivada es:

$$\partial^\mu = \left(\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t}, -\underline{\nabla} \right) . \quad (5.43)$$

El 4-vector momento de energía (42) se define mediante la energía y momento relativistas:

$$E = \gamma mc^2 , \quad (5.44)$$
$$\underline{p} = \gamma \underline{p}_0 = \gamma m \underline{v}_0 . \quad (5.45)$$

Por lo tanto, la Ec. (37) puede cuantizarse a:

$$H_{01} \psi_r = i\hbar \underline{\sigma} \cdot \underline{\nabla} \frac{H_0}{4m^2c^2} \underline{\sigma} \cdot \underline{p} \psi_r \quad (5.46)$$

en donde la aproximación de Dirac (20) ya no se utiliza. En teoría ECE [1-12], la ecuación de Dirac se desarrolló en la ecuación del fermión, que elimina los niveles de energía negativa y la necesidad de un mar de Dirac inobservable y no baconiano. En la Ec. (46), las verdaderas funciones de onda relativistas pueden aproximarse por las funciones de onda de Schroedinger no relativistas en la primera aproximación, justificadas por el hecho de que en la partición de órbita de espín en el átomo de hidrógeno constituye un efecto pequeño. Hay dos tipos de hamiltonianos posibles:

$$H_{01} \psi = \frac{i\hbar}{4m^2c^2} H_0 \psi \underline{\sigma} \cdot \underline{\nabla} \underline{\sigma} \cdot \underline{p} \quad (5.47)$$

y

$$H_{012}\psi = \frac{i\hbar H_0}{4m^2c^2}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{p}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}\psi \tag{5.48}$$

porque H_0 es una constante de movimiento. Utilizando álgebra de Pauli se obtiene:

$$\underline{\sigma}\cdot\underline{p}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}\psi = \underline{p}\cdot\underline{\nabla}\psi + i\underline{\sigma}\cdot\underline{p}\times\underline{\nabla}\psi. \tag{5.49}$$

Por lo tanto, las partes reales y físicas son:

$$\mathrm{Re}(H_{011}\psi) = -\frac{\hbar}{4m^2c^2}H_0\psi\,\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}\times\underline{p} \tag{5.50}$$

y

$$\mathrm{Re}(H_{012}\psi) = -\frac{\hbar H_0}{4m^2c^2}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{p}\times\underline{\nabla}\psi. \tag{5.51}$$

Utilizando la prescripción mínima con el potencial $\underline{W}$ de la teoría ECE2 produce:

$$\underline{p} \longrightarrow \underline{p} - e\underline{W} \tag{5.52}$$

dando lugar a nuevas estructuras espectrales en presencia de una densidad de flujo magnético $\underline{B}$:

$$H_{REE}\psi = \frac{e\hbar H_0}{4m^2c^2}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}\times\underline{A} = \frac{e\hbar H_0}{4m^2c^2}\psi\,\underline{\sigma}\cdot\underline{B} \tag{5.53}$$

cuyos niveles de energía son:

$$\langle H_{REE}\rangle = \frac{e\hbar}{4m^2c^2}\langle H_0\rangle\,\underline{\sigma}\cdot\underline{B} \tag{5.54}$$

donde para el átomo de hidrógeno:

$$\langle H_0\rangle = -\frac{e^4 m}{32\pi^2\epsilon_0^2\hbar^2n^2} \tag{5.55}$$

Este es el mismo resultado que en la Ec. (8) de la Nota 329(6) publicada en el portal www.aias.us , produciendo una evaluación rigurosa de consistencia interna. El valor esperado de la Ec. (21) puede expresarse como:

$$\langle H_0 \rangle = -\frac{\hbar c}{2}\left(\frac{\alpha}{r_B}\right)\frac{1}{n^2} \tag{5.56}$$

donde r_B es el radio de Bohr y α es la constante de estructura fina. El hamiltoniano convencional de REE es:

$$\langle H_{REE0} \rangle = -\frac{e\hbar}{2m}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{B} \tag{5.57}$$

de manera que la magnitud de este nuevo tipo de estructura fina es:

$$\begin{aligned}\langle H_{REE} \rangle &= \frac{1}{4}\left(\frac{\hbar}{mc}\right)\left(\frac{\alpha}{r_B}\right)\frac{1}{n^2}\langle H_{REE0}\rangle \\ &= \frac{1.33128\times10^{-5}}{n^2}\langle H_{REE0}\rangle\end{aligned} \tag{5.58}$$

en el átomo de hidrógeno. Esto se encuentra dentro del rango de los espectrómetros de REE y RMN, y si se hallasen resultarían de gran utilidad en los laboratorios analíticos. En el átomo de hidrógeno, depende del número cuántico principal *n*, pero en general en átomos y moléculas produciría una rica y nueva estructura espectral. Si esta estructura no se descubre, se habrá descubierto un desafío fundamental para la mecánica cuántica relativista.

Dos nuevos tipos de espectros adicionales pueden inferirse utilizando:

$$H_0\psi = \left(-\frac{\hbar^2\nabla^2}{2m} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}\right)\psi \tag{5.59}$$

y:

$$H_{0R}\psi = \frac{i\hbar}{4m^2c^2}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}(H_0\psi)\,\underline{\sigma}\cdot\underline{p} \tag{5.60}$$

para dar:

$$H_{0R}\psi = \frac{ie^2\hbar}{16\pi\epsilon_0 r^3}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{r}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{p}\,\psi - \frac{i\hbar^3}{8m^3c^2}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}(\nabla^2\psi)\,\underline{\sigma}\cdot\underline{p} \tag{5.61}$$

La primera parte de esta expresión da el término convencional de órbita de spin:

$$\mathrm{Re}\, H_{os}\,\psi = \frac{e^2\hbar}{16\pi\epsilon_0 m^2 c^2 r^3}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{L}\,\psi \tag{5.62}$$

donde el momento angular orbital relativista es:

$$\underline{L} = \underline{r} \times \underline{p} \tag{5.63}$$

Esto se relaciona con el momento angular no relativista L_0 mediante:

$$\underline{L} = \gamma\,\underline{L}_0 \tag{5.64}$$

Tipos nuevos y adicionales de estructura fina aparecen a partir de la Ec. (62). Estos debieran de buscarse en forma experimental. Si se les encuentra, darían nuevos tipos de espectroscopía. Si no se encuentran, esta nueva teoría desafía la teoría cuántica relativista, porque se habría demostrado que ésta última es restrictiva y empírica antes que una verdadera teoría.

Además, hay un Segundo Nuevo término a partir de la Ec. (61):

$$\mathrm{Re}\, H_2\,\psi = \frac{-e\hbar^3}{8m^3c^2}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}(\nabla^2\psi)\times\underline{p}. \tag{5.65}$$

En presencia de un campo magnético, este término da:

$$\mathrm{Re}\, H_3\,\psi = -\frac{e\hbar^3}{8m^3c^2}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}(\nabla^2\psi)\times\underline{W} \tag{5.66}$$

cuyos niveles de energía son:

$$\langle H_3\rangle = -\frac{e\hbar^3}{8m^3c^2}\,\underline{\sigma}\cdot\int\psi^*\,\underline{\nabla}(\nabla^2\psi)\,d\tau\times\underline{A} \tag{5.67}$$

Estos niveles también debieran de buscarse espectroscópicamente, y si se encuentran proporcionarían una nueva estructura de gran utilidad. Si no se encuentran, la teoría cuántica relativista se enfrentaría a un desafío de otra manera.

Tal como se demostró en la Nota 330(7) en el portal www.aias.us , la aproximación de Dirac (20) da:

$$\langle Re\, H_{os1} \rangle = \frac{e\hbar}{8\pi\epsilon_0 mc^2} \left\langle \frac{1}{r^3} \right\rangle \underline{\sigma} \cdot \underline{m}_{ind} \tag{5.68}$$

donde $\underline{m}_{ind}$ es el momento dipolar magnético inducido proporcional al campo $\underline{B}$ [1-12]. En el átomo de hidrógeno (H) es bien sabido que:

$$\left\langle \frac{1}{r^3} \right\rangle = \frac{1}{r_B^3 L\left(L+\frac{1}{2}\right)(L+1)n^3} \tag{5.69}$$

donde L es el número cuántico del momento angular, y n es el número cuántico principal. En átomos y moléculas más complejos, el valor esperado posee una estructura mucho más rica. Esta también debiera de estar desde en RSE, RMN y IRM. Al igual que en la Nota 330(7), existen también un hamiltoniano convencional de tipo dos:

$$\langle H_{os2} \rangle = \frac{e^3\hbar}{16\pi\epsilon_0 m^2 c^2} \left\langle \frac{1}{r} \right\rangle \underline{\sigma} \cdot \underline{B}. \tag{5.70}$$

En H:

$$\langle U \rangle = \int \psi^* U \psi \, d\tau = -\frac{e^4 m}{16\pi^2\epsilon_0^2 \hbar^2 n^2} \tag{5.71}$$

de manera que los niveles de energía son:

$$\langle H_{os2} \rangle = \frac{e^5}{4mc^2\left(16\pi^2\epsilon_0^2 \hbar c^2\right)} \frac{\underline{\sigma} \cdot \underline{B}}{n^2} \tag{5.72}$$

y también debieran de ser observables. Si no fuera el caso, entonces las bases del modelo tradicional de teoría cuántica relativista se verían desafía a las aún otra forma más.

Los varios niveles de energía a partir de estos cálculos se computan y tabulan más adelante en este capítulo.

Tal como se describió en el documento UFT331, puede inferirse un nuevo tipo de espectroscopía Zeeman mediante el empleo del momento relativista correcto en el término de energía cinética de la ecuación del fermión ECE. El factor de Lorentz se calcula sin el empleo de la aproximación de Dirac, que reduce efectivamente el momento relativista al momento clásico. La cuantización demuestra que el efecto Zeeman desarrolla una nueva estructura intrincada si se calcula correctamente de esta manera. Esta estructura se ejemplifica con la línea visible 2d a 3p del átomo de hidrógeno, y la línea infrarroja 4p a 5d.. La primera se parte en nueve líneas, mientras que la segunda se parte en 45 líneas, todas las cuales debieran de buscarse mediante espectroscopía. Si existen, se habría descubierto una nueva estructura de gran utilidad, mientras que si no se encuentra, entonces la teoría cuántica relativista se vería esencialmente refutada, a pesar de sus aparentes éxitos.

La teoría habitual del efecto Zeeman [1-12] se basa en el hamiltoniano clásico:

$$H_0 = T + U \tag{5.73}$$

en el que la energía cinética clásica es:

$$T = \frac{p_0^2}{2m} . \tag{5.74}$$

La influencia de una densidad de flujo magnético externo $\underline{B}$ puede calcularse utilizando el potencial $\underline{W}$ de la teoría ECE2 en la prescripción mínima:

$$\underline{p}_0 \longrightarrow \underline{p}_0 - e\underline{W} . \tag{5.75}$$

La cuantización no relativista produce la regla de Schroedinger:

$$p_0 \psi = -i\hbar \underline{\nabla} \psi \tag{5.76}$$

donde ψ es la función de onda no relativista. Tal como se demostró en detalle en la Nota 331(1) publicada en el portal www.aias.us, la teoría no relativista contiene un término:

$$H_1 = -\frac{e}{m} \underline{W} \cdot \underline{p}_0 \tag{5.77}$$

en el cual el potencial vectorial de un campo magnético estático se define como:

$$\underline{W} = \frac{1}{2} \underline{B} \times \underline{r} \tag{5.78}$$

de manera que el término (77) deviene:

$$\underline{H}_1 = -\frac{e}{2m}\underline{B}\times\underline{r}\cdot\underline{p}_0 = -\frac{e}{2m}\underline{B}\cdot\underline{r}\times\underline{p}_0 = -\frac{e}{2m}\underline{B}\cdot\underline{L}_0 \tag{5.79}$$

donde el momento angular no relativista es:

$$\underline{L}_0 = \underline{r}\times\underline{p}_0 . \tag{5.80}$$

Tal como ya se demostró en este capítulo, el hamiltoniano clásico (73) es el límite del hamiltoniano relativista:

$$H_0 = H - mc^2 = \frac{p^2}{(1+\gamma)m} + U \sim \frac{p^2}{2m}\left(1 - \left(\frac{\langle\hat{H}_0\rangle - U}{2mc^2}\right)\right) + U \tag{5.81}$$

de manera que el hamiltoniano no relativista puede expresarse como

$$H_0 = H - mc^2 \sim \frac{p^2}{2m} + U - \ldots \tag{5.82}$$

en donde $\underline{p}$ es el momento relativista, y en donde el factor de Lorentz se define mediante el momento no relativista:

$$\gamma = \left(1 - \frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)^{-1/2} . \tag{5.83}$$

El hamiltoniano relativista que gobierna el efecto Zeeman se define y desarrolla en la Nota 331(5) del portal www.aias.us, y es:

$$H_1 = -\frac{e}{2m}\left(1 - \frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)^{-1/2}\underline{L}_0\cdot\underline{B} \sim -\frac{e}{2m}\left(1 + \frac{1}{2}\frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)\underline{L}_0\cdot\underline{B} \tag{5.84}$$

cuando:

$$p_0 << mc . \tag{5.85}$$

Hamiltoniano relativista puede cuantizarse utilizando:

$$\hat{H}_1\psi = -\frac{e}{2m}\left(1 + \frac{1}{2}\frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)\underline{B}\cdot\underline{\hat{L}}_0\psi \tag{5.86}$$

en donde $\hat{L}_o$ es un operador y p_o^2 es una función. Alineamos ahora el campo magnético en Z para producir:

$$\hat{H}_1\psi = -\frac{e}{2m}\left(1+\frac{1}{2}\frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)B_Z\hat{L}_{0Z}\psi \qquad (5.87)$$

donde:

$$\hat{L}_{0Z} = \hbar m_L \psi \qquad (5.88)$$

con:

$$m_L = -L, \ldots, L. \qquad (5.89)$$

Aquí, $\hbar$ es la constante reducida del Planck, L es el número cuántico del momento angular orbital, y m_L es el número cuántico azimutal. Los niveles de energía observables vienen dados por el valor esperado:

$$H_1 = \langle \hat{H}_1 \rangle = -\frac{e\hbar}{2m}\left(1+\frac{1}{2}\frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)m_L \qquad (5.90)$$

en donde:

$$\frac{p_0^2}{2m} = \left\langle \frac{\hat{p}_0^2}{2m} \right\rangle. \qquad (5.91)$$

Por lo tanto, los niveles de energía son:

$$\begin{aligned} H_1 &= -\frac{e\hbar}{2m}m_L\left(1+\frac{1}{mc^2}\left\langle\frac{\hat{p}_0^2}{2m}\right\rangle\right) \\ &= -\frac{e\hbar}{2m}m_L\left(1-\frac{\hbar^2}{4m^2c^2}\int\psi^*\nabla^2\psi\, d\tau\right). \end{aligned} \qquad (5.92)$$

En un desarrollo más riguroso ψ debe de ser la función de onda relativista.

Para ilustrar la nueva espectroscopía de Zeeman, consideremos el hidrógeno atómico, y en una aproximación utilizamos las funciones de onda hidrogénicas no relativistas. En esta aproximación:

$$\left\langle \frac{p_0^2}{2m} \right\rangle = \frac{me^4}{32\pi^2\epsilon_0^2\hbar^2 n^2} \qquad (5.93)$$

De manera que el hamiltoniano del efecto Zeeman relativista es:

$$H_1 = \frac{e\hbar}{2m} m_L \left(1 + \frac{e^4}{32\pi\epsilon_0^2\hbar^2 c^2 n^2}\right). \qquad (5.94)$$

Aquí, ϵ_0 es la permisividad del vacío en unidades del S. I., c es la velocidad de la luz en el vacío, y n es el número cuántico principal. El resultado (94) puede expresarse como:

$$H_1 = -\frac{e\hbar}{2m} m_L \left(1 + \frac{1}{2}\left(\frac{\lambda_c}{r_B}\right)\frac{\alpha}{n^2}\right) \qquad (5.95)$$

en donde la longitud de onda de Compton es:

$$\lambda_c = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{mc^2} = 3.861591 \times 10^{-13}\ m \qquad (5.96)$$

el radio de Bohr es:

$$r_B = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{mc^2} = 5.29177 \times 10^{-11}\ m \qquad (5.97)$$

y la constante de estructura fina es:

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\hbar c\epsilon_0} = 0{,}007297351. \qquad (5.98)$$

De manera que el hamiltoniano del efecto Zeeman relativista es:

$$H_1 = \langle H_1 \rangle = -\frac{e\hbar}{2m} m_L B_Z \left(1 + \frac{2.662567}{n^2} \times 10^{-5}\right) \qquad (5.99)$$

y se agrega a los niveles de energía del átomo de hidrógeno.

En la primera aproximación, utilizamos los niveles de energía hidrogénica no relativista:

$$E_0 = -\frac{me^4}{32\pi\epsilon_0^2\hbar^2 n^2} \qquad (5.100)$$

El efecto Zeeman no relativista habitual es, por lo tanto:

$$E_1 = E_0 - \frac{e\hbar}{2m} m_L B_Z \quad (5.101)$$

y el nuevo y correctamente relativista efecto Zeeman es:

$$E_2 = E_0 - \frac{e\hbar}{2m} m_L B_Z \left(1 + \frac{2.66567 \times 10^{-5}}{n^2}\right). \quad (5.102)$$

Las reglas de selección son:

$$\Delta L = \pm 1 \quad (5.103)$$

y:

$$\Delta m_L = 0, \pm 1. \quad (5.104)$$

Para una absorción:

$$\Delta L = 1. \quad (5.105)$$

La regla de selección (104) significa que Δm_L es igual a cero para una polarización lineal [1-12], con un valor igual a 1 para radiación polarizada en forma circular hacia la izquierda, y un valor de -1 par a una radiación con polarización circular hacia la derecha.

Consideramos ahora la línea alpha H del hidrógeno atómico en la serie Balmer. Esta es la transición 2p a 3d y ocurre a 15,241.4 cm^{-1} en la parte roja del espectro visible. El diagrama de Grotian de posibles transiciones se define como sigue. Para una polarización circular hacia la izquierda ($\Delta m_L = 1$):

$$\begin{aligned} &2p(n=2, L=1, m_L=0) \rightarrow 3d(n=3, L=2, m_L=1) \\ &2p(n=2, L=1, m_L=1) \rightarrow 3d(n=3, L=2, m_L=2) \\ &2p(n=2, L=1, m_L=-1) \rightarrow 3d(n=3, L=2, m_L=0) \end{aligned} \quad (5.106)$$

Para polarización lineal ($\Delta m_L = 0$):

$$2p(n=2, L=1, m_L=0) \longrightarrow 3d(n=3, L=2, m_L=0)$$
$$2p(n=2, L=1, m_L=1) \longrightarrow 3d(n=3, L=2, m_L=1) \qquad (5.107)$$
$$2p(n=2, L=1, m_L=-1) \longrightarrow 3d(n=3, L=2, m_L=-1)$$

Para polarización circular hacia la derecha ($\Delta m_L = -1$):

$$2p(n=2, L=1, m_L=0) \longrightarrow 3d(n=3, L=2, m_L=-1)$$
$$2p(n=2, L=1, m_L=1) \longrightarrow 3d(n=3, L=2, m_L=0) \qquad (5.108)$$
$$2p(n=2, L=1, m_L=-1) \longrightarrow 3d(n=3, L=2, m_L=-2).$$

Utilizando estas reglas en el hamiltoniano de Zeeman no relativista habitual (101) produce tres líneas de absorción:

$$\Delta m_L = -1, 0, 1 \qquad (5.109)$$

ilustradas más adelante en este capítulo. Cada una de estas líneas se conforma de transiciones degeneradas triplemente y que ocurren con la misma energía. De manera que el espectro no relativista usual de Zeeeman consiste de tres líneas, una en la frecuencia original, una a una frecuencia mayor y una a una frecuencia menor, en un arreglo simétrico.

Éste es el conocido efecto Zeeman.

Sin embargo, el hamiltoniano nuevo y correctamente relativista (102) produce un espectro hasta ahora desconocido de nueve líneas ilustradas más adelante en este capítulo, porque los efectos relativistas elevan la triple degeneración de la teoría no relativista. En la teoría relativista existe una agrupación central simétrica y dos agrupaciones asimétricas que son imágenes especulares la una de la otra. Los efectos relativistas son pequeños, pero dentro del alcance de equipos de espectroscopía de alta resolución contemporáneos, por lo que debieran de investigarse a nivel experimental.

La Nota 331(7) ilustra las reparticiones relativistas en la transición de $n = 4$ a $n = 5$ del átomo de hidrógeno a 2,469.1 cm^{-1} en el infrarrojo. Existen 17 transiciones degeneradas, como se observa continuación para $\Delta m_L = 1$:

1) $4s \rightarrow 5p\ (n=4, L=0, m_L=0 \longrightarrow n=5, L=1, m_L=1)$
2) $4s \rightarrow 5s\ (n=4, L=1, m_L=-1 \longrightarrow n=5, L=0, m_L=0)$
*3) $4p \rightarrow 5d\ (n=4, L=1, m_L=-1 \longrightarrow n=5, L=2, m_L=0)$
*4) $4p \rightarrow 5d\ (n=4, L=1, m_L=0 \longrightarrow n=5, L=2, m_L=1)$
*5) $4p \rightarrow 5d\ (n=4, L=1, m_L=1 \longrightarrow n=5, L=2, m_L=2)$
*6) $4d \rightarrow 5f\ (n=4, L=2, m_L=-2 \longrightarrow n=5, L=3, m_L=-1)$
*7) $4d \rightarrow 5f\ (n=4, L=2, m_L=-1 \longrightarrow n=5, L=3, m_L=0)$
*8) $4d \rightarrow 5f\ (n=4, L=2, m_L=0 \longrightarrow n=5, L=3, m_L=1)$
*9) $4d \rightarrow 5f\ (n=4, L=2, m_L=1 \longrightarrow n=5, L=3, m_L=2)$
*10) $4d \rightarrow 5f\ (n=4, L=2, m_L=2 \longrightarrow n=5, L=3, m_L=3)$ (5.109)

$* 11)\ 4f \to 5g\ (n=4, L=3, m_L=-3 \longrightarrow n=5, L=4, m_L=-2)$
$* 12)\ 4f \to 5g\ (n=4, L=3, m_L=-2 \longrightarrow n=5, L=4, m_L=-1)$
$* 13)\ 4f \to 5g\ (n=4, L=3, m_L=-1 \longrightarrow n=5, L=4, m_L=0)$
$* 14)\ 4f \to 5g\ (n=4, L=3, m_L=0 \longrightarrow n=5, L=4, m_L=1)$
$* 15)\ 4f \to 5g\ (n=4, L=3, m_L=1 \longrightarrow n=5, L=4, m_L=2)$
$* 16)\ 4f \to 5g\ (n=4, L=3, m_L=2 \longrightarrow n=5, L=4, m_L=3)$
$* 17)\ 4f \to 5g\ (n=4, L=3, m_L=3 \longrightarrow n=5, L=4, m_L=4)$

Para la absorción (ΔL = 1) existen 15 transiciones degeneradas marcadas con un asterisco. Por lo tanto, el hamiltoniano no relativista (101) produce tres líneas de Zeeman, cada una de las cuales son degeneradas 15 veces. El hamiltoniano relativista correcto (110) produce 45 líneas en tres agrupaciones de 15 líneas, tal como se ilustra más adelante en este capítulo. Éstas debieran de investigarse con equipos de espectroscopía de alta resolución.

En general, para una absorción de n a $n + 1$ en el hidrógeno atómico, hay $3n^2+1$ líneas de absorción en el nuevo efecto relativista de Zeeman. Así, por ejemplo, para la transición de n = 13 a n = 14 que ocurre a 81.52 cm^{-1} en el infrarrojo lejano, hay 804 líneas en tres agrupaciones de 268 líneas cada una. Para átomos y moléculas más complicadas que el hidrógeno atómico, emerge una nueva espectroscopía muy rica a partir del efecto relativista de Zeeman.

En muchos casos, lo observado a nivel experimental es el efecto anómalo de Zeeman [1-12] y el conocido factor de Landé. Un tratamiento correctamente relativista del efecto anómalo de Zeeman produce nuevamente un detalle espectral muy rico, el cual puede buscarse a nivel experimental. Todo este detalle constituye el resultado del empleo de covariancia ECE2 y del potencial $\underline{W}$, de manera que en relatividad ECE2 se debe a la curvatura de espín del espacio-tiempo. Consideremos el hamiltoniano relativista ECE2:

$$E^2 = p^2c^2 + m^2c^4 \tag{5.110}$$

a partir del cual puede definirse por conveniencia el siguiente hamiltoniano:

$$H = E + U \tag{5.111}$$

$$H_0 = H - mc^2. \tag{5.112}$$

Tal como se mostró en detalle en la Nota 332(1), la Ec. (111) puede expresarse como:

$$H_0 = \frac{p^2}{m(1+\gamma)} + U \tag{5.113}$$

donde el factor de Lorentz se define en la Ec. (83). En la aproximación usual Dirac:

$$H_0 = \frac{p^2c^2}{H - U + mc^2} + U \sim \frac{p^2c^2}{mc^2 - U + mc^2} + U \tag{5.114}$$

de manera que:

$$H_0 \sim \frac{p^2c^2}{2mc^2 - U} + U \sim \frac{p^2}{2m}\left(1 + \frac{U}{2m^2c^2}\right) + U \tag{5.115}$$

Por lo tanto, Dirac supuso que:

$$E = \gamma mc^2 = H - U \sim mc^2 - U \tag{5.116}$$

Es decir, que el factor de Lorentz puede aproximarse mediante:

$$\gamma \sim 1 - \frac{U}{mc^2} \tag{5.117}$$

Sin embargo, el correcto factor de Lorentz es la Ec. (83). En el límite:

$$v_0 \ll c \tag{5.118}$$

el correcto factor de Lorentz puede aproximarse mediante:

$$\gamma \sim 1 + \frac{1}{2}\frac{p_0^2}{m^2c^2} \tag{5.119}$$

Comparando las Ecs. (117) y (119):

$$\frac{p_0^2}{2m} = -U \tag{5.120}$$

lo cual significa que el hamiltoniano clásico desaparece en la aproximación de Dirac

A pesar de su empleo acrítico durante casi 90 años, la aproximación de Dirac es, por lo tanto, altamente restrictiva, y como ya se ha demostrado en este capítulo pierde una gran proporción de estructura hiperfina de gran utilidad potencial. La aproximación usual de Dirac conduce a:

$$H_0 = H - mc^2 = \frac{p^2}{2m} + \frac{U}{4m^2c^2}p^2 + U \tag{5.121}$$

y produce el conocido hamiltoniano de órbita de espín:

$$\mathrm{Re}\, H_{0s}\psi = -\frac{\hbar e^2}{16\pi\epsilon_0 m^2c^2r^3}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{L}\,\psi \tag{5.122}$$

en donde $\underline{L}$ es el momento angular relativista:

$$\underline{L} = \gamma \underline{L}_0 \tag{5.123}$$

tal como ya se ha mencionado en este capítulo. Ahora utilizamos el conocido operador angular de espín:

$$\underline{\hat{S}} = \frac{\hbar}{2} \underline{\hat{\sigma}} \tag{5.124}$$

donde $\underline{\hat{\sigma}}$ es el operador matricial de Pauli.

Al igual que en la Nota 332(1), el valor esperado de hamiltoniano relativista (113) es

$$\langle \mathrm{Re}\, H_{os} \rangle = -\frac{e^2}{16\pi\epsilon_0 m^2 c^2} \left(\frac{J(J+1) - L(L+1) - S(S+1)}{r_B^3 n^3 L(L+\frac{1}{2})(L+1)} \right) \left(1 + \frac{1}{mc^2} \left\langle \frac{p_0^2}{2m} \right\rangle \right) \tag{5.125}$$

en donde:

$$\frac{1}{mc^2} \left\langle \frac{p_0^2}{2m} \right\rangle = \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda_c}{r_B} \right) \frac{\alpha}{n^2} = \frac{2.662567 \times 10^{-5}}{n^2} \tag{5.126}$$

La nueva estructura hiperfina depende en la forma en que se desarrolla el hamiltoniano riguroso (113). Esta es una nueva inferencia que afecta la totalidad de la teoría cuántica relativista, porque significa que esta última no es rigurosamente lógica y objetiva. Diferentes selecciones de operadores y funciones producen diferentes espectros. Utilizando:

$$p^2 = \gamma^2 p_0^2 \tag{5.127}$$

el hamiltoniano (113) puede expresarse como:

$$H_0 = \left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma} \right) \frac{p_0^2}{2m} + U. \tag{5.128}$$

En la base SU(2), como se muestra en detalle en la Nota 332(2) en el portal www.aias.us, puede expresarse en tres formas diferentes:

$$H_0 = \frac{1}{m} \underline{\sigma} \cdot \underline{p}_0 \frac{\gamma^2}{1+\gamma} \underline{\sigma} \cdot \underline{p}_0 + U \tag{5.129}$$

$$H_0 = \frac{\gamma}{m} \underline{\sigma} \cdot \underline{p}_0 \frac{\gamma}{1+\gamma} \underline{\sigma} \cdot \underline{p}_0 + U \tag{5.130}$$

$$H_0 = \frac{1}{m} \left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma} \right) \underline{\sigma} \cdot \underline{p}_0 \, \underline{\sigma} \cdot \underline{p}_0 + U \tag{5.131}$$

que da lugar a tres patrones diferentes de estructura hiperfina. Esto significa que los fundamentos de la mecánica cuántica relativista se encuentran definidos en forma incompleta. Esto fue señalado, por ejemplo, por Einstein, quien consideraba que la mecánica cuántica o constituía una transición a una teoría más completa.

Tal como se muestra en la Nota 332(2) en el portal www.aias.us:

$$\frac{\gamma^2}{1+\gamma} \approx \frac{1}{2}\left(1 - \frac{U}{2mc^2} + \frac{1}{mc^2}\left(\frac{H_0}{2} + \frac{p_0^2}{2m}\right)\right) \tag{5.132}$$

donde

$$\left\langle \frac{p_0^2}{2m^2c^2} \right\rangle = \frac{1}{2}\left(\frac{\lambda_c}{r_B}\right)\frac{\alpha}{n^2} \tag{5.133}$$

y:

$$\left\langle \frac{H_0}{2mc^2} \right\rangle = -\frac{1}{4}\left(\frac{\lambda_c}{a_0}\right)\frac{\alpha}{n^2} \tag{5.134}$$

De manera que si se elige que el hamiltoniano cuantizado relativista sea:

$$H_0\psi = \left(\frac{1}{m}\underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0 + U\right)\psi \tag{5.135}$$

puede desarrollarse como en la Nota 332(2) como:

$$H_0\psi = \frac{p_0^2}{2m}\left(1 + \frac{1}{mc^2}\left(\frac{H_0}{2} + \frac{p_0^2}{2m}\right)\right)\psi - \frac{1}{4m^2c^2}\underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0 U \underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0\psi \tag{5.136}$$

En segundo término del lado derecho de la ecuación da la habitual estructura fina de órbita de espín de la aproximación de Dirac, mientras que el primer término da una estructura hiper fina desconocida hasta ahora.

La Nota 332(3) da a las reglas de transición necesarias, y posteriormente en este capítulo se incluye una tabla de corrimientos. Éstos pueden buscarse en forma experimental. Las reglas de transición para la estructura fina de órbita de espín son:

$$\Delta J = 0, \pm 1, \quad J = 0 \not\rightarrow J = 0 \tag{5.137}$$

con:

$$m_J = -J, \ldots, J \tag{5.138}$$

y:

$$\Delta m_J = 0, \pm 1. \tag{5.139}$$

Los niveles de energía de órbita de espín habituales son:

$$E_{OS} = -\frac{e^2}{16\pi\epsilon_0 m^2 c^2}\left(\frac{J(J+1)-L(L+1)-S(S+1)}{r_B^3 n^3 L\left(L+\frac{1}{2}\right)(L+1)}\right) \tag{5.140}$$

pero los niveles correctos de acuerdo con la selección (129) son:

$$E_{OS1} = E_{OS}\left(1 + \frac{2.662567 \times 10^{-5}}{n^2}\right). \tag{5.141}$$

Más adelante en este capítulo se incluye una tabla de corrimientos debidos a esta corrección. En presencia de un campo magnético se obtiene un espectro híperfino ricamente estructurado como sigue:

$$E_{OS2} = E_{OS1} - \frac{e\hbar}{2m} g_J m_J B_Z \tag{5.142}$$

donde g_J es el conocido [1-12] factor de Landé:

$$g_J = 1 + \frac{J(J+1)+S(S+1)-L(L+1)}{2J(J+1)} \tag{5.143}$$

La Nota 332(4) incluye detalles adicionales de la evaluación del hamiltoniano (136) y la Nota 332(5) desarrolla el hamiltoniano en presencia de un campo magnético, dando detalles de la forma en que se obtiene el factor de Landé. Se demuestra en la Nota 332(5) que el hamiltoniano correcto de los efectos anómalos de Zeeman es:

$$\langle H_{EAZ} \rangle = -\frac{mc^2\alpha}{n^2}\left(1 - \frac{1}{4}\frac{\lambda_c}{r_B}\frac{\alpha}{n^2}\right) - \frac{e\hbar}{2m} g_J m_J B_Z. \tag{5.144}$$

La línea H alpha del hidrógeno atómico, por ejemplo, se parte en seis líneas por causa del efecto anómalo de Zeeman, y las tres líneas del efecto normal de Zeeman se parten adicionalmente en tres pares. El hamiltoniano rigurosamente correcto (144) produce corrimientos hiperfinos desconocidos hasta el momento del efecto anómalo de Zeeman, tal como se comenta más adelante en este capítulo.

En el documento UFT333 se demuestra que el hamiltoniano ECE2 puede cuantizarse utilizando al menos cuatro esquemas diferentes de clasificación, cada uno de los cuales conduce a diferentes resultados espectrales. El método utilizado por Dirac constituye una selección subjetiva de aproximación. Los esquemas incluidos en UFT333 se ilustran con cuantización rigurosa del hamiltoniano de clase uno. Si no se observa el detalle espectral predicho por el hamiltoniano de clase uno, se produciría una crisis mayor en la física, porque se habría refutado la filosofía de la ecuación de Dirac. El hamiltoniano ECE2 es matemáticamente igual al utilizado para producir la mecánica cuántica relativista en la base SU(2). Durante más de noventa años se ha creído que el procedimiento utilizado por Dirac es riguroso y fundamental, porque parecía producir tantos datos conocidos, pero en este capítulo se demuestra que depende de una selección subjetiva de aproximación y selección del procedimiento de cuantización. A continuación, se demuestra que diferentes detalles espectrales emergen a partir de una dada selección de cuantización.

El esquema de clasificación pueden construirse y ejemplificarse mediante los siguientes cuatro tipos de hamiltoniano SU(2):

$$H_0 = \frac{1}{m}\underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0 \frac{\gamma^2}{1+\gamma}\underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0 + U \tag{5.145}$$

$$H_0 = \frac{\gamma}{m}\underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0 \frac{\gamma}{1+\gamma}\underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0 + U \tag{5.146}$$

$$H_0 = \frac{\gamma^2}{m}\underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0 \frac{1}{1+\gamma}\underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0 + U \tag{5.147}$$

$$H_0 = \frac{1}{m}\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0\underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0 + U \tag{5.148}$$

Para los cuatro esquemas, es hamiltoniano relativista clásico es:

$$H = E + U \tag{5.149}$$

donde E es la energía total relativista:

$$E = \gamma mc^2 = \left(c^2p^2 + m^2c^4\right)^{1/2}. \tag{5.150}$$

Se deduce entonces que:

$$H_0 = H - mc^2 = \frac{c^2p^2}{E + mc^2} + U. \tag{5.151}$$

La aproximación de Dirac se ha comentado previamente en este capítulo, y es:

$$H = mc^2 \tag{5.152}$$

que produce el resultado sin sentido físico:

$$H_0 = 0. \tag{5.153}$$

El resultado (153), sin que se haya comprendido claramente, conduce al célebre resultado:

$$H_0 = \frac{c^2 p^2}{2mc^2 - U} + U \tag{5.154}$$

que describe estructura fina espectral, el factor de Thomas y el factor de Landé, y que infirió la REE, y posteriormente la RMN y la IRM.

Utilizando:

$$p_0^2 = 2m(H_0 - U) \tag{5.155}$$

se deduce que:

$$\frac{\gamma^2}{1+\gamma} = \left(\left(1 - \frac{2(H_0 - U)}{mc^2}\right) + \left(1 - \frac{2(H_0 - U)}{mc^2}\right)^{1/2}\right)^{-1} \tag{5.156}$$

En el átomo de hidrógeno, utilizando las funciones de onda no relativistas hidrogénicas en la primera aproximación:

$$\langle U \rangle = -2\langle H_0 \rangle = -mc^2\left(\frac{\alpha}{n}\right)^2 \tag{5.157}$$

tal como se describe en detalle en la Nota 333(4). Se lleva a cabo la cuantización mediante el empleo de:

$$-i\hbar \underline{\nabla} \psi = \underline{p}_0 \psi \tag{5.158}$$

para el primer $\underline{p}_0$ en la Ec. (145) y mediante el uso de la función para el segundo $\underline{p}_0$. Este procedimiento no posee justificación teórica, es una selección subjetiva efectuada a fin de producir datos experimentales. En este sentido, la teoría es empirismo, a pesar de su fama científica. El procedimiento da:

$$H_0\psi = -\frac{i\hbar}{m}\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}\left(\left(1-\frac{2(H_0-U)}{mc^2}\right)\right.$$
$$\left.+\left(1-\frac{2(H_0-U)}{mc^2}\right)^{1/2}\right)^{-1}\underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0\psi\Bigg)+U\psi \tag{5.159}$$

Utilizando álgebra computacional se descubre que:

$$\underline{\nabla}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right) = -\left[\frac{2+\left(1-\frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)^{-1/2}}{\left(\left(1-\frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)+\left(1-\frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)^{1/2}\right)^2}\right]\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m^2c^2}\frac{\underline{r}}{r^3} \tag{5.160}$$

utilizando el potencial de Coulomb entre el protón y el electrón del átomo de hidrógeno:

$$U = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}, \tag{5.161}$$

Definiendo:

$$A := \frac{2+\left(1-\frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)^{-1/2}}{\left(\left(1-\frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)^{1/2}+\left(1-\frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)\right)^2} \tag{5.161.a}$$

se encuentra que:

$$H_0\psi = -\frac{ie^2\hbar A}{4\pi\epsilon_0 m^2c^2r^3}\underline{\sigma}\cdot\underline{r}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0\psi + U\psi \tag{5.162}$$

Utilizando el álgebra de Pauli:

$$\underline{\sigma}\cdot\underline{r}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{p}_0 = \underline{r}\cdot\underline{p}_0 + i\,\underline{r}\times\underline{p}_0 \tag{5.163}$$

y el momento angular no relativista:

$$\underline{L} = \underline{r}\times\underline{p}_0 \tag{5.164}$$

se encuentra que

$$E = \langle H_{os} \rangle = \frac{e^2 \hbar A}{4\pi \epsilon_0 m^2 c^2} \left\langle \frac{\sigma \cdot L}{r^3} \right\rangle \tag{5.165}$$

Este resultado se describe cómo habiendo sido tenido a partir del hamiltoniano de clase uno.

La Ec. (165) se reduce al resultado obtenido por Dirac en el límite:

$$\gamma \rightarrow 1. \tag{5.166}$$

Si $\underline{p}_0$ y $\underline{A}$ se consideran como funciones en la Ec. (162), la estructura fina obtenida por Dirac se desplaza tal como se describe posteriormente en este capítulo. Si $\underline{p}_0$ es muy grande, el desplazamiento se vuelve muy grande y debiera de ser observable a nivel experimental. Si no se observa, los fundamentos de la mecánica cuántica relativista quedarían en entredicho.

Si el valor esperado

$$\left\langle \frac{p_0^2}{m^2 c^2} \right\rangle = \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha}{n} \right)^2 = \frac{2.662567 \times 10^{-5}}{n^2} \tag{5.167}$$

se utiliza, emerge un espectro completamente diferente a partir de la misma ecuación de inicio (145). Los niveles de energía de este espectro son:

$$\begin{aligned} E = \langle H_{os} \rangle &= \frac{e^2 \hbar A}{4\pi \epsilon_0 m^2 c^2} \left\langle \frac{\sigma \cdot L}{r^3} \right\rangle \\ &= \frac{e^2 A}{16\pi \epsilon_0 m^2 c^2} \left(\frac{J(J+1) - L(L+1) - S(S+1)}{r_B^3 n^3 L (L+\frac{1}{2})(L+1)} \right) \end{aligned} \tag{5.168}$$

En donde el número cuántico del momento angular total se define mediante la serie de Clebsch Gordan:

$$J = L+S, L+S-1, \ldots, |L-S| \tag{5.169}$$

donde L es el número cuántico del momento angular orbital, y en donde S es el número cuántico del momento angular de espín. En la Ec. (168), A se define a partir de los valores esperados:

$$A = \frac{2 + \left(1 - \left\langle \frac{p_0^2}{m^2 c^2} \right\rangle \right)^{-1/2}}{\left(\left(1 - \left\langle \frac{p_0^2}{m^2 c^2} \right\rangle \right)^{1/2} + 1 - \left\langle \frac{p_0^2}{m^2 c^2} \right\rangle \right)^2} \tag{5.170}$$

Las reglas de selección para semejante espectro son:

$$\Delta J = 0, \pm 1, \tag{5.171}$$

$$\Delta m_J = 0, \pm 1 . \tag{5.172}$$

Recordemos que la Ec. (168) es la consecuencia rigurosa de:

$$H_0 = \frac{1}{m} \underline{\sigma} \cdot \underline{p}_0 \frac{\gamma^2}{1+\gamma} \underline{\sigma} \cdot \underline{p}_0 + U \tag{5.173}$$

que se reduce al hamiltoniano clásico:

$$H_0 = \frac{p_0^2}{2m} + U \tag{5.174}$$

en el límite

$$\gamma \rightarrow 1 . \tag{5.175}$$

Los niveles de energía a partir de la Ec. (168) se representan gráficamente más adelante en este capítulo. Si éstos no se observan a nivel experimental, la ecuación de Dirac, con sus noventa años de antigüedad, fracasa completamente.

La resonancia electrónica de espín (REE) y los haces electrónicos relativistas pueden utilizarse para evaluar la teoría anterior. Consideremos, por ejemplo, es hamiltoniano de clase uno:

$$H = \frac{1}{m} \underline{\sigma} \cdot \underline{p}_0 \frac{\gamma^2}{1+\gamma} \underline{\sigma} \cdot \underline{p}_0 \tag{5.176}$$

en presencia de un campo magnético, de tal manera que:

$$\underline{p}_0 \rightarrow \underline{p}_0 - e\underline{W}, \quad \gamma = \left(1 - \frac{p_0^2}{m^2 c^2}\right)^{-1/2} \tag{5.177}$$

En la base O(3) el hamiltoniano (176) deviene:

$$H = \frac{1}{m} \left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right) (\underline{p}_0 - e\underline{W}) \cdot (\underline{p}_0 - e\underline{W}) \tag{5.178}$$

El potencial $\underline{W}$ de la teoría ECE2 puede expresarse como:

$$\underline{W} = \frac{1}{2} \underline{B} \times \underline{r} \tag{5.179}$$

para una densidad de flujo magnético externo uniforme $\underline{B}$ y un vector posición $\underline{r}$. Mediante álgebra vectorial:

$$\underline{B} \times \underline{r} \cdot \underline{p}_0 = \underline{r} \times \underline{p}_0 \cdot \underline{B} = \underline{L}_0 \cdot \underline{B} \tag{5.180}$$

donde el momento angular orbital clásico es:

$$\underline{L}_0 = \underline{r} \times \underline{p}_0 . \tag{5.181}$$

El término del momento angular orbital, del hamiltoniano de clase uno, es por lo tanto:

$$H = -\frac{e}{m}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right) \underline{L}_0 \cdot \underline{B} \tag{5.182}$$

y para un campo magnético $\underline{B}$ de eje Z, el efecto Zeeman se modifica a:

$$H\psi = -\frac{e}{m}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right) L_Z B_Z \psi \tag{5.183}$$

Tal como se describe en la Nota 334(1), los niveles de energía del átomo de hidrógeno se modifican en esta teoría rigurosa a:

$$E_H = -\frac{1}{2} mc^2 \left(\frac{\alpha}{n}\right)^2 - \left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right) \frac{e\hbar}{m} m_L B_Z \tag{5.184}$$

donde α es la constante de estructura fina y donde n es el número cuántico principal. En este ecuación:

$$m_L = -L, \ldots, L \tag{5.185}$$

y $\hbar$ es la constante reducida de Planck. El efecto usual de Zeeman se recupera en el límite no relativista:

$$\frac{\gamma^2}{1+\gamma} \longrightarrow \frac{1}{2} \tag{5.186}$$

Las reglas de selección en la Ec. (184) son:

$$\text{cualquier } \Delta n, \ \Delta L = 1, \ \Delta m_L = 0, \pm 1 \tag{5.187}$$

y en la Ec. (184):

$$\frac{\gamma^2}{1+\gamma} = \left(1 - \frac{p_0^2}{m^2c^2} + \left(1 - \frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)^{1/2}\right)^{-1}. \tag{5.188}$$

Si p_0^2 se considera como función, entonces el efecto Zeeman habitual sufre un corrimiento. Si se utilizan valores esperados en el átomo de hidrógeno:

$$E_H = -\frac{1}{2} mc^2 \left(\frac{\alpha}{n}\right)^2 - \left(1 - \left(\frac{\alpha}{n}\right)^2 + \left(1 - \left(\frac{\alpha}{n}\right)^2\right)^{1/2}\right)^{-1} \frac{e\hbar}{m} m_L B_Z \tag{5.189}$$

los niveles de energía a partir de la Ec. (189) devienen:

$$\frac{p_0^2}{m^2c^2} = \left\langle \frac{p_0^2}{m^2c^2} \right\rangle = \left(\frac{\alpha}{n}\right)^2 = \frac{5.3144 \times 10^{-5}}{n^2} \tag{5.190}$$

y el efecto Zeeman se parte en una estructura híperfina. No existe forma teórica alguna para saber cuál es la selección correcta, ya sea la Ec. (188) o la Ec. (189), pero puede desarrollar su método experimental basado en la REE.

Primero cuantizamos el hamiltoniano (178) como sigue, como en la Nota 334(2):

$$H\psi = \frac{ie\hbar}{m}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right) \underline{\sigma} \cdot \underline{\nabla}\, \underline{\sigma} \cdot \underline{W}\, \psi + \ldots \tag{5.191}$$

de manera que:

$$\mathrm{Re}(H\psi) = -\frac{e\hbar}{m}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right) \underline{\sigma} \cdot \underline{B} + \ldots \tag{5.192}$$

donde en la teoría ECE2 (ver Capítulo 3):

$$\underline{B} = \underline{\nabla} \times \underline{W}. \tag{5.193}$$

Utilizando el momento angular de espín:

$$\underline{S} = \frac{\hbar}{2} \underline{\sigma} \tag{5.194}$$

se obtiene el hamiltoniano riguroso del efecto anómalo de Zeeman:

$$H = -\frac{e}{m}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)(\underline{L} + 2\underline{S}) \cdot \underline{B} \tag{5.195}$$

y se reduce al hamiltoniano usual del efecto anómalo de Zeeman

$$H = -\frac{e}{2m}(\underline{L} + 2\underline{S}) \cdot \underline{B} \tag{5.196}$$

en el límite:

$$\frac{\gamma^2}{1+\gamma} \longrightarrow \frac{1}{2}. \tag{5.197}$$

La Ec. (195) puede expresarse [1-12] como:

$$H = -\frac{e}{m}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right) g_J \underline{J} \cdot \underline{B} \tag{5.198}$$

donde el conocido factor de Landé es:

$$g_J = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)} \tag{5.199}$$

En esta definición del factor de Landé, el número cuántico J de Sommerfeld es:

$$J = L+S, \ldots, |L-S| \tag{5.200}$$

con:

$$J_Z \psi = \hbar m_J \psi, \tag{5.201}$$

$$J^2 \psi = \hbar^2 J(J+1) \psi \tag{5.202}$$

y:

$$m_J = -J, \ldots, J \tag{5,202}$$

Por lo tanto, los niveles de energía del átomo de hidrógeno son:

$$E_H = -\frac{1}{2} mc^2 \left(\frac{\alpha}{n}\right)^2 - \frac{e\hbar}{m}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right) g_J m_J B_Z \tag{5,203}$$

con las reglas de selección:

$$\begin{gathered} \Delta J = 0, \pm 1, \quad J = 0 \not\to J = 0 \\ \Delta m_J = 0, \pm 1, \\ \text{Cualquier } \Delta n \end{gathered} \tag{5,204}$$

Nuevamente, no hay forma de saber si el factor relativista $\gamma^2 / (1 + \gamma)$ debiera de ser una función o un valor esperado. Esta pregunta puede contestarse experimentalmente a través de REE con una resolución suficientemente alta.

Consideremos un haz de electrones relativista en el que los electrones pueden acelerarse hasta alcanzar esencialmente la velocidad de la luz, y aplicamos un campo magnético según el eje Z. en el límite no relativista de electrones que se mueven lentamente:

$$\mathrm{Re}\, H_{REE}\, \psi = -\frac{e}{m} S_Z B_Z \psi \tag{5.205}$$

donde:

$$S_Z \psi = m_s \hbar \psi \tag{5,206}$$

y:

$$m_s = -S, \ldots, S = -\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \tag{5,207}$$

con la regla de selección:

$$\Delta m_s = 1 \tag{5,208}$$

Para la absorción de radiación a la conocida frecuencia de REE [1-12]:

$$\omega_{REE} = \frac{e}{m} B_Z \tag{5,209}$$

Sin embargo, para electrones relativistas:

$$\mathrm{Re}\, H_{REE}\psi = -\frac{e\hbar}{m}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)\underline{\sigma}\cdot\underline{B}\psi = -\frac{2e}{m}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)\underline{S}\cdot\underline{B}\psi \tag{5.210}$$

y la frecuencia de REE (209) se desplaza a:

$$\omega_{REE} = 2\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)\frac{e}{m}B_z \tag{5.211}$$

y es medible en forma directa. En este caso el factor relativista siempre es:

$$\frac{\gamma^2}{1+\gamma} = \left(1 - \frac{p_0^2}{m^2c^2} + \left(1 - \frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)^{1/2}\right)^{-1}. \tag{5.212}$$

Tal como se comentó en el Capítulo 4, el momento medible experimentalmente del electrón en el haz siempre es el momento relativista:

$$\underline{p} = \gamma\, \underline{p}_0 \tag{5.213}$$

El factor de Lorentz, por otra parte, siempre se define a través del momento no relativista, como sigue:

$$\gamma^2 = \left(1 - \frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)^{-1} \tag{5.214}$$

de manera que:

$$p_0^2 = p^2\left(1 + \frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)^{-1} \tag{5.215}$$

El experimento consiste en la medición de la frecuencia de REE de un haz de electrones relativista, y la medición del momento relativista en el haz. Esto proporciona una evaluación sencilla y directa de los fundamentos de la mecánica cuántica relativista.

La REE también puede utilizarse para evaluar la versión rigurosamente relativista de la Ec. (196), en donde:

$$H = -\frac{e}{2m}\left(\underline{L} + 2\underline{S}\right)\cdot\underline{B} = -\frac{e}{2m}g_J\,\underline{J}\cdot\underline{B} \tag{5.216}$$

La parte de espín del hamiltoniano (196) es:

$$H_{REE} = -\frac{e}{2m} g_J \underline{S} \cdot \underline{B} \, . \tag{5.217}$$

Si el campo magnético está alineado según el eje Z:

$$H_{REE} = -\frac{e}{2m} g_J S_Z B_Z \tag{5.218}$$

donde:

$$S_Z \psi = m_s \hbar \psi \tag{5.219}$$

y:

$$m_s = \pm \frac{1}{2} \tag{5.220}$$

De manera que la frecuencia de resonancia de REE del efecto anómalo de Zeeman es:

$$\omega_{REE} = \frac{1}{2} g_J \frac{e B_Z}{m} \tag{5.221}$$

donde:

$$J = L+S, L+S-1, \ldots, |L-S| . \tag{5.222}$$

El efecto anómalo de Zeeman en el espectro de REE de un electrón se parte debido al factor de Landé g_J . Esta es la característica más útil de la REE en química analítica.

Para un electrón libre en un haz:

$$J = S, \quad L = 0 \tag{5.223}$$

de manera que el factor de Landé es:

$$g_J = 1 + \frac{2S(S+1)}{2S(S+1)} = 2 \, . \tag{5.224}$$

Éste se conoce como el factor *g* del electrón. Este factor se obtiene a partir de la ecuación de Dirac si y sólo si se utiliza la aproximación de Dirac:

$$H = H_0 + mc^2 \sim mc^2, \quad H_0 \sim 0, \tag{5.225}$$

como en los documentos inmediatamente precedentes.

En la teoría rigurosamente correcta de este capítulo, la frecuencia de REE en el átomo de hidrógeno deviene:

$$\omega_{REE} = \left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)\left(1 + \frac{J(J+1)+S(S+1)-L(L+1)}{2J(J+1)}\right)\frac{eB_Z}{m}. \tag{5.226}$$

Si utilizamos los valores esperados:

$$\frac{\gamma^2}{1+\gamma} = \left(1-\left(\frac{\alpha}{n}\right)^2 + \left(1-\left(\frac{\alpha}{n}\right)^2\right)^{1/2}\right)^{-1} \tag{5.227}$$

Las particiones esperadas de REE pueden observarse directamente.

El desarrollo previo también puede aplicarse a resonancia magnética nuclear (RMN) en donde el momento tripolar magnético del núcleo de un átomo o molécula es:

$$\underline{m}_N = g_N \frac{e}{2m_p} \underline{I} \tag{5.228}$$

donde g_N es el factor g nuclear, m_p es la masa del protón, *e* es el módulo de la carga sobre el electrón, mientras que $\underline{I}$ es el momento angular de espín nuclear. El hamiltoniano de interacción entre una densidad de flujo magnético externa $\underline{B}$ y el momento bipolar magnético nuclear es:

$$H_{int} = -\underline{m}_N \cdot \underline{B}. \tag{5.229}$$

La interacción entre $\underline{B}$ y el momento angular de espín $\underline{S}$ del electrón es como se comentó anteriormente en este capítulo:

$$H_{int} = -2\frac{e}{m_e}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)\underline{S} \cdot \underline{B} \tag{5.230}$$

Por lo tanto, el hamiltoniano de interacción completo en hidrógeno atómico (un electrón y un protón) es:

$$H_{int} = -2\frac{e}{m_e}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)\underline{S}\cdot\underline{B} - g_N\frac{e}{2m_p}\underline{I}\cdot\underline{B} \tag{5.231}$$

Este tipo de hamiltoniano se comenta en detalle en la Nota 335(1) publicado en el portal www.aias.us. En la Nota 335(2) se desarrolla con el método de Landé [1-12], de manera que la Ec. (231) deviene:

$$H_{int} = -e g_M \underline{I}\cdot\underline{B} \tag{5.232}$$

donde:

$$g_M = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{m_e}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)\left(1+\frac{S(S+1)-I(I+1)}{M(M+1)}\right) + \frac{g_N}{m_p}\left(1+\frac{I(I+1)-S(S+1)}{M(M+1)}\right)\right) \tag{5.233}$$

El número cuántico magnético se define mediante:

$$M = I+S, \ldots, |I-S| \tag{5.234}$$

y el momento angular total es

$$\underline{M} = \underline{I} + \underline{S} \tag{5.235}$$

Por lo tanto, la REE en ese sistema se describe mediante:

$$H_{REE} = -e g_M \underline{S}\cdot\underline{B} \tag{5.236}$$

y la RMN mediante:

$$H_{RMN} = -e g_M \underline{I}\cdot\underline{B} \tag{5.237}$$

Las frecuencias de resonancia de REE y RMN son las mismas:

$$\omega_{res} = e g_M B_Z \tag{5.238}$$

y ambas se modifican al descartar la aproximación de Dirac.

La característica más importante de la RMN y la imagenología de resonancia magnética (IRM) es el desplazamiento químico debido a la densidad de flujo magnético inducida por un momento dipolar magnético nuclear:

$$\underline{B}(\underline{m}_N) = -\frac{\mu_0}{4\pi r^3}\left(\underline{m}_N - 3\,\hat{\underline{r}}\,\hat{\underline{r}}\cdot\underline{m}_N\right) \tag{5.239}$$

donde μ_0 es la permeabilidad en el vacío. La densidad de flujo magnético inducido es equivalente al potencial nuclear $\underline{W}$ de ECE2:

$$\underline{W}_N = \frac{\mu_0}{4\pi r^3}\,\underline{m}_N \times \underline{r} \tag{5.240}$$

y el momento lineal no relativista del electrón se cambia en la prescripción mínima a:

$$\underline{p}_0 \longrightarrow \underline{p}_0 - e\underline{W}_N . \tag{5.241}$$

Es hamiltoniano clásico se cambia a:

$$H = \frac{1}{2m}\left(\underline{p}_0 - e\underline{W}_N\right)\cdot\left(\underline{p}_0 - e\underline{W}_N\right) + U \tag{5.242}$$

y como se demostró en detalle en la Nota 335(3), es hamiltoniano de interacción:

$$H_{int} = -\frac{e}{m_e}\,\underline{p}_0\cdot\underline{W}_N + \ldots \tag{5.243}$$

da la energía de interacción:

$$E = -\int \underline{W}_N\cdot\underline{j}\,d\tau \tag{5.244}$$

donde la densidad de corriente es:

$$\underline{j} = \frac{e}{2m_e}\left(\psi^*\underline{p}_0\psi + \psi\,\underline{p}_0^*\psi^*\right). \tag{5.245}$$

Utilizando la Ec. (229), la energía de interacción es:

$$E = -\underline{m}_N \cdot \underline{B}_N = -\int \underline{W}_N \cdot \underline{j}\, d\tau \tag{5.246}$$

y es responsable del desplazamiento químico porque $\underline{B}_N$ está presente así como la densidad de flujo magnético aplicada $\underline{B}$ del espectrómetro.

El desplazamiento químico se ve afectado por la eliminación de la aproximación de Dirac. En el hamiltoniano de clase uno esto significa:

$$\frac{p_0^2}{2m_e} \rightarrow \left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)\frac{p_0^2}{m_e} \tag{5.247}$$

Este tipo de teorías se desarrolla en detalle en las Notas 335(4) y 335(5) del portal www.aias.us. En presencia y un potencial magnético nuclear, el hamiltoniano (145) cambia como en la Nota 335(4), para dar el hamiltoniano de interacción:

$$H_{int} = -2\frac{e}{m_e}\underline{p}_1 \cdot \underline{p}_N \tag{5.248}$$

donde

$$\underline{p}_1 = \left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)^{1/2}\underline{p}_0 \tag{5.249}$$

y

$$\underline{p}_N = e\underline{W}_N. \tag{5.250}$$

La densidad de flujo magnético nuclear puede definirse como:

$$\underline{B}_N = \frac{\mu_0 e}{2\pi m_e r^3}\underline{L}_1 \tag{5.251}$$

donde $\underline{L}_1$ es un momento angular orbital del electrón. En presencia de una densidad de flujo magnético externo $\underline{B}$, el hamiltoniano completo es:

$$H_{int} = -\underline{m}_N \cdot (\underline{B} + \underline{B}_N) \tag{5.252}$$

y en formato de órbita de espín (Nota 335(4)) esto deviene:

$$H_{int} = -\frac{g_N \mu_0 e^2}{4\pi m_e m_p r^3}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)^{1/2} \underline{I}\cdot\underline{L} \qquad (5.253)$$

donde $\underline{I}$ es el momento angular de espín del núcleo y $\underline{L}$ es el momento angular orbital del electrón.

En directa analogía con la teoría de órbita de espín de los electrones, los niveles de energía a partir del hamiltoniano (253) vienen dados por los siguientes valores esperados:

$$E_{int} = -\frac{g_N \mu_0 e^2}{4\pi m_e m_p}\left\langle \left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)^{1/2} \frac{\underline{I}\cdot\underline{L}}{r^3}\right\rangle \qquad (5.254)$$

Suponemos que esto puede expresarse como:

$$E_{int} = -\frac{g_N \mu_0 e^2}{4\pi m_e m_p}\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)^{1/2} \left\langle \frac{\underline{I}\cdot\underline{L}}{r^3}\right\rangle \qquad (5.255)$$

utilizando:

$$A = \frac{\gamma^2}{1+\gamma} = \left(1-\left(\frac{\alpha}{n}\right)^2 + \left(1-\left(\frac{\alpha}{n}\right)^2\right)^{1/2}\right)^{-1} \qquad (5.256)$$

En analogía con la teoría de órbita de espín de los electrones:

$$\left\langle \frac{\underline{I}\cdot\underline{L}}{r^3}\right\rangle = \hbar^2\left(\frac{J(J+1)-L(L+1)-I(I+1)}{2r_B^3 n^3 L(L+\frac{1}{2})(L+1)}\right) \qquad (5.257)$$

donde:

$$J = L+I, \ldots, |L-I|. \qquad (5.258)$$

Para el protón:

$$I = \frac{1}{2}, -\frac{1}{2}. \qquad (5.259)$$

En presencia de un campo magnético externo es hamiltoniano completo es:

$$H = -\underline{m}_N\cdot\underline{B} + E_{int} = -\frac{g_N e \hbar m_I B_Z}{2m_p} + E_{int} \qquad (5.260)$$

donde la energía de interacción es:

$$E_{int} = -\frac{g_N \mu_0 e^2 A^{1/2} \hbar^2}{4\pi m_e m_p}\left(\frac{J(J+1)-L(L+1)-I(I+1)}{2 r_B^3 n^3 L\left(L+\frac{1}{2}\right)(L+1)}\right) \tag{5.261}$$

La condición de resonancia de la RMN es:

$$\hbar\omega = E(m_I - 1) - E(m_I) \tag{5.262}$$

y resulta claro que todo el espectro se ve afectado por el factor:

$$A = \frac{\gamma^2}{1+\gamma} \tag{5.263}$$

y el efecto se encuentra dentro del alcance de un espectrómetro de RMN FT de alta resolución. Si no se encuentra, la teoría de Dirac se ve cuestionada en otra forma adicional.

La conocida teoría de interacción hiperfina en RMN también sufre un cambio a nivel fundamental con la eliminación de la aproximación de Dirac. La estructura hiperfina en RMN constituye una de sus características analíticas más útiles, y se genera por la interacción del momento dipolar de espín magnético del electrón con el campo magnético nuclear debido al momento angular de espín I del núcleo. En aproximación de Dirac el momento dipolar de espín magnético del electrón es:

$$\underline{m}_S = \frac{e}{m_e}\underline{S} \tag{5.264}$$

pero la definición rigurosa es:

$$\underline{m}_S = 2\left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)\frac{e}{m_e}\underline{S}\ . \tag{5.265}$$

El momento dipolar de espín magnético nuclear es:

$$\underline{m}_N = g_N \frac{e}{2m_p}\underline{I} \tag{5.266}$$

donde g_N es el factor g nuclear y en hidrógeno atómico, m es la masa del protón porque el núcleo consiste de un protón. La densidad de flujo magnético nuclear es:

$$\underline{B}(\underline{I}) = -\frac{\mu_0}{4\pi r^3}\left(\underline{m}_N - 3\,\hat{\underline{r}}\,\hat{\underline{r}}\cdot\underline{m}_N\right) \qquad (5.267)$$

de manera que es hamiltoniano de interacción es:

$$H_{int} = \left(\frac{\gamma^2}{1+\gamma}\right)\frac{\mu_0 e^2 g_N}{4\pi m_e m_p r^3}\left(\underline{S}\cdot\underline{I} - 3\,\underline{S}\cdot\hat{\underline{r}}\,\hat{\underline{r}}\cdot\underline{I}\right) \qquad (5.268)$$

y resulta claro que la estructura hiperfina de la RMN se ve afectada por el factor *A*, es decir por la eliminación de la aproximación de Dirac, tal como se mostrará más adelante en este capítulo.

CAPÍTULO 6

El vacío ECE2

En la teoría ECE2, se considera el vacío como la geometría del espacio-tiempo, de manera que el mismo está ricamente estructurado y posee efectos físicos tales como las correcciones radiativas y los efectos Aharonov Bohm (AB) (tema del documento UFT336). El vacío AB se define como regiones en donde los campos eléctrico y magnético son iguales a cero, pero en donde el 4-potencial del vacío ECE2 es distinto de cero y puede provocar efectos observables. El inicio de este capítulo resume el documento UFT336, en donde se muestra que el potencial del vacío provoca efectos en la resonancia de espín electrónica en ausencia de un campo magnético. El conocido experimento de Chambers puede adoptarse para experimentos diseñados para la búsqueda de este efecto.

Los efectos AB son bien conocidos [1-12] como debidos a potenciales en ausencia de campos. Consideremos la definición ECE2 de densidad de flujo magnético utilizada en capítulos previos:

$$\underline{B} = \underline{\nabla} \times \underline{W} = \underline{\nabla} \times \underline{A} + 2\underline{\omega} \times \underline{A} \tag{6.1}$$

donde

$$\underline{W} = W^{(0)}\underline{\omega}, \quad \underline{A} = A^{(0)}\underline{q}. \tag{6.2}$$

Aquí, $\underline{\omega}$ y $\underline{q}$ son, respectivamente, los vectores de la conexión de espín y de la tétrada. Por lo tanto, el vacío AB se define mediante la geometría:

$$\underline{\nabla} \times \underline{\omega} = \underline{0} \tag{6.3}$$

y

$$\underline{\nabla} \times \underline{q} = 2\underline{q} \times \underline{\omega} \tag{6.4}$$

Utilizando la identidad:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{\nabla} \times \underline{q} = 0 \tag{6.5}$$

la geometría del vacío AB deviene:

$$\underline{\omega} \cdot \underline{\nabla} \times \underline{q} = 0 \tag{6.6}$$

es decir

$$\underline{W} \cdot \underline{\nabla} \times \underline{A} = 0. \tag{6.7}$$

Consideremos ahora la fuerza de campo eléctrico $\underline{E}$ y la densidad de flujo magnético de la teoría ECE2, tal como se define mediante los vectores de espín y de curvatura orbital, como en capítulos previos:

$$\underline{E} = c W^{(0)} \underline{R}(\text{orb}) \tag{6.8}$$

y

$$\underline{B} = W^{(0)} \underline{R}(\text{espín}) \tag{6.9}$$

De manera que los efectos AB en este tipo de teoría se definen mediante una geometría de Cartan, en donde la torsión y la curvatura desaparecen, pero en donde la tétrada y la conexión de espín son finitas. En notación mínima [1-12]:

$$T = d \wedge q + \omega \wedge q \tag{6.10}$$

$$R = d \wedge \omega + \omega \wedge \omega \tag{6.11}$$

De manera que la geometría del vacío AB es:

$$d \wedge q + \omega \wedge q = 0 , \tag{6.12}$$

$$d \wedge \omega + \omega \wedge \omega = 0 , \tag{6.13}$$

con:

$$T = R = 0. \tag{6.14}$$

El conocido experimento de Chambers [1-12] demuestra que el vacío AB es un vacío físico porque la difracción de Young de ondas de materia de electrón se ve afectada por potenciales en ausencia de campos. El vacío AB se define de un modo diferente de la definición tradicional utilizado en teoría electromagnética, una basada en la ausencia de densidad de corriente de carga. En este caso, las ecuaciones de campo electrodinámicas son:

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{B} = 0 \tag{6.15}$$

$$\underline{\nabla} \cdot \underline{E} = 0 \tag{6.16}$$

$$\partial \underline{B}/\partial t + \underline{\nabla} \times \underline{E} = \underline{0} \tag{6.17}$$

$$\underline{\nabla} \times \underline{B} - \frac{1}{c^2} \partial \underline{E}/\partial t = \underline{0} \tag{6.18}$$

con:

$$\underline{K} \cdot \underline{B} = \underline{K} \cdot \underline{E} = 0 , \tag{6.19}$$

$$K_0 c \underline{B} + \underline{K} \times \underline{E} = \underline{0} , \quad K_0 \underline{E}/c + \underline{K} \times \underline{B} = \underline{0} \tag{6.20}$$

donde:

$$K_0 = 2 \left(q_0 / r^{(0)} - \omega_0 \right) \tag{6.21}$$

$$\underline{K} = 2 \left(\underline{q} / r^{(0)} - \underline{\omega} \right) \tag{6.22}$$

La Nota 336(4) en el portal www.aias.us muestra que la solución:

$$K_0 = 0 , \quad \underline{K} = \underline{0} \tag{6.23}$$

significa que $\underline{E}$ y $\underline{B}$ desaparecen. La solución más sencilla de las Ecs. (15) a (22) es:

$$\underline{E} = \underline{B} = \underline{0} , \quad K_0 = 0 , \quad \underline{K} = \underline{0} \tag{6.24}$$

en cuyo caso el vacío tradicional, en donde la 4-densidad de corriente de carga desaparece, se reduce al vacío AB.

La Nota 336(4) muestra que si se acepta el vacío tradicional, y se utilizan soluciones de ondas planas para las Ecs. (15-18), el resultado es:

$$\underline{K} = \left(\frac{K^2 + K_0^2}{K_X + K_Y} \right) \left(\underline{i} + \underline{j} \right) . \tag{6.25}$$

Bajo la condición (25), la teoría ECE2 permite la existencia de los campos eléctrico y magnético en el vacío en ausencia de una densidad de corriente de carga - el vacío tradicional de la electrodinámica. El vacío AB, por otro lado, se define a través de la Ec. (24). La interacción del vacío AB con un electrón conduce a la posibilidad de RMN y REE (Capítulo

5) en ausencia de un campo magnético. Éste tipo de interacción se considera en la Nota 336(5) y se basa en la prescripción mínima:

$$p^\mu \longrightarrow p^\mu - eA^\mu \tag{6.26}$$

donde el 4-potencial relevante se define en capítulos previos:

$$A^\mu = \left(\frac{\phi}{c}, \underline{A}\right). \tag{6.27}$$

Por lo tanto, la ecuación de energía de Einstein deviene:

$$(E - e\phi)^2 = c^2(\underline{p} - e\underline{A})\cdot(\underline{p} - e\underline{A}) + m^2c^4. \tag{6.28}$$

La energía relativista total E y el momento relativista $\underline{p}$ se definen mediante las ecuaciones de Einstein / de Broglie como en capítulos previos:

$$E = \gamma mc^2 = \hbar\omega \tag{6.29}$$

y

$$\underline{p} = \gamma \underline{p}_0 = \hbar \underline{\kappa} \tag{6.30}$$

El factor de Lorentz es, por lo tanto:

$$\gamma = \frac{\hbar\omega}{mc^2} = \left(1 - \frac{p_0^2}{m^2c^2}\right)^{-1/2} \tag{6.31}$$

y se deduce entonces que:

$$E - mc^2 = \frac{1}{(1+\gamma)m}\,\underline{\sigma}\cdot(\underline{p} - e\underline{A})\left(1 - \frac{e\phi}{(1+\gamma)mc^2}\right)^{-1}\underline{\sigma}\cdot(\underline{p} - e\underline{A}) + e\phi \tag{6.32}$$

Al igual que en el Capítulo 5, esto se reduce a la teoría de Dirac si

$$\gamma \rightarrow 1 \tag{6.33}$$

es decir, por la ecuación de de Broglie:

$$\hbar\omega_0 = mc^2 \qquad (6.34)$$

donde ω_0 es la frecuencia angular en reposo. La teoría de Dirac es, por lo tanto, contradictoria porque el electrón no se está moviendo:

$$H_0 = H - mc^2 = ?\, 0. \qquad (6.35)$$

En la aproximación:

$$e\phi \ll (1+\gamma)mc^2 \qquad (6.36)$$

la Ec. (32) deviene:

$$E - mc^2 \sim \frac{1}{(1+\gamma)m}\underline{\sigma}\cdot(\underline{p}-e\underline{A})\underline{\sigma}\cdot(\underline{p}-e\underline{A}) + \frac{1}{(1+\gamma)m}\underline{\sigma}\cdot(\underline{p}-e\underline{A})\left(e\phi/((1+\gamma)mc^2)\right)\underline{\sigma}\cdot(\underline{p}-e\underline{A}) + e\phi. \qquad (6.37)$$

El término de REE se encuentra contenido en el primer término de la derecha, y los efectos de órbita de espín en el segundo término. La cuantización relativista se define como:

$$p^\mu\psi = i\hbar\partial^\mu\psi \qquad (6.38)$$

es decir:

$$E\psi = i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t} \qquad (6.39)$$

y

$$\underline{p}\psi = -i\hbar\underline{\nabla}\psi. \qquad (6.40)$$

Este procedimiento no puede demostrarse *ab initio*, ya que es una regla empírica. El término requerido de REE viene dado por:

$$(E - mc^2)\psi = \frac{1}{m(1+\gamma)}\left(\underline{\sigma}\cdot(-i\hbar\underline{\nabla} - e\underline{A})\cdot((\underline{\sigma}\cdot\underline{p} - e\underline{A})\psi)\right)$$

$$= \frac{ie\hbar}{m(1+\gamma)}\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}\underline{\sigma}\cdot\underline{A}\psi + \ldots \tag{6.41}$$

Utilizando álgebra de Pauli:

$$\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}\underline{\sigma}\cdot\underline{A} = \underline{\nabla}\cdot\underline{A} + i\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}\times\underline{A} \tag{6.42}$$

de manera que la parte real y física de la Ec. (41) es:

$$(E - mc^2)\psi = \frac{-e\hbar}{m(1+\gamma)}\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}\times\underline{A}\psi + \ldots \tag{6.43}$$

El momento angular de espín del electrón es:

$$\underline{S} = \frac{\hbar}{2}\underline{\sigma} \tag{6.44}$$

de manera que:

$$(E - mc^2)\psi = -\frac{2e}{m(1+\gamma)}\underline{S}\cdot\underline{\nabla}\times\underline{A}\psi + \ldots \tag{6.44a}$$

en donde:

$$S_Z\psi = \hbar m_s\psi \tag{6.45}$$

donde:

$$m_s = -S, \ldots, S$$
$$= -\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \tag{6.46}$$

Por lo tanto:

$$(E - mc^2)\psi = -\frac{2e\hbar}{m(1+\gamma)} m_s(\underline{\nabla}\times\underline{A})_Z \tag{6.47}$$

en donde la resonancia de espín del electrón se define mediante:

$$\hbar\omega_{res} = \frac{2e\hbar}{m(1+\gamma)}\left(-\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\right)(\underline{\nabla}\times\underline{A})_Z \tag{6.48}$$

con frecuencia de resonancia:

$$\omega_{res} = \frac{2e}{m(1+\gamma)}(\underline{\nabla}\times\underline{A})_Z \tag{6.49}$$

En los efectos AB, $\underline{A}$ es distinto de cero cuando $\underline{B}$ es igual a cero, de manera que, a partir de la Ec. (1) el vacío AB se define mediante:

$$\underline{\nabla}\times\underline{A} = -2\,\underline{\omega}\times\underline{A} \tag{6.50}$$

y bajo esta condición el vacío AB provoca la resonancia definida por la Ec. (49).

Más adelante en este capítulo se incluye un análisis computacional y gráfico de esta teoría.

Al igual que en el documento UFT337, la teoría ECE2 que describe el vacío AB puede utilizarse para describir las correcciones radiativas, en especial el corrimiento de Lamb. Para llevar a cabo esto, la prescripción mínima utilizada previamente en este capítulo para los efectos de REE del vacío se sustituye por un nuevo tipo de prescripción mínima, utilizando el potencial $\underline{W}$. Esto puede desarrollarse en términos de un flujo de partículas relativista y el vacío de Tesla. La teoría del documento UFT337 define las partículas del vacío ECE2, que se identifican como partículas del vacío de Tesla. Por lo tanto, hay momento de energía de partículas en el vacío ECE2, la cual puede transferirse a materia utilizando métodos teóricos conocidos.

Consideremos la prescripción mínima ECE2:

$$p^\mu \rightarrow p^\mu + eW^\mu \tag{6.51}$$

donde:

$$p^\mu = \left(\frac{E}{c}, \underline{p}\right) \tag{6.52}$$

$$W^\mu = \left(\frac{\phi_W}{c}, \underline{W}\right) \tag{6.53}$$

En la teoría ECE2:

$$W^\mu = W^{(0)}\left(\Omega^{(0)}, \underline{\Omega}\right) \tag{6.54}$$

donde el 4-vector de la conexión de espín es:

$$\Omega^{\mu} = \left(\Omega^{(0)}, \underline{\Omega}\right). \tag{6.55}$$

Se deduce entonces que:

$$\phi_W = c W^{(0)} \Omega^{(0)} \tag{6.56}$$

y:

$$\underline{W} = W^{(0)} \underline{\omega}. \tag{6.57}$$

Las unidades de $W^{(0)}$ son las del flujo magnético:

$$W^{(0)} = \text{weber} = \text{volt seg} = JC^{-1}s. \tag{6.58}$$

Un resumen de unidades del sistema S. I. se incluye a continuación:

$$\phi_W = \text{volt} = JC^{-1} \tag{6.59a}$$

$$\underline{W} = \text{tesla metro} = JC^{-1}s\,m^{-1} \tag{6.60a}$$

$$\Omega^{(0)} = \underline{\Omega} = m^{-1} \tag{6.59b}$$

$$W^{(0)} = JC^{-1}s. \tag{6.60b}$$

La densidad $\underline{B}$ de flujo magnético ECE2 (en unidades de tesla) se define mediante la Ec. (1), y la fuerza de campo eléctrico $\underline{E}$ de la teoría ECE2, en unidades de voltios por metro, es:

$$\begin{aligned} \underline{E} &= -\underline{\nabla}\phi_W - \partial \underline{W}/\partial t \\ &= -\underline{\nabla}\phi - \frac{\partial \underline{A}}{\partial t} + 2\left(c\,\Omega^{(0)}\underline{A} - \phi\,\underline{\Omega}\right). \end{aligned} \tag{6.61}$$

El cuanto elemental de flujo magnético es [1-12]:

$$W^{(0)} = \frac{\hbar}{e} \tag{6.62}$$

donde $\hbar$ es la constante reducida de Planck, el cuanto de momento angular en unidades de J s. Por lo tanto:

$$\phi_W = \left(\frac{\hbar c}{e}\right)\Omega^{(0)} \qquad (6.63)$$

El espacio-tiempo AB, por lo tanto, puede definirse en términos de un potencial de vacío:

$$W^{\mu}(vac) = \left(\phi_W(vac)/c, \underline{W}(vac)\right) \qquad (6.64)$$

y en el nivel más fundamental:

$$W^{\mu}(vac) = \frac{\hbar}{e}\Omega^{\mu}(vac). \qquad (6.65)$$

De manera que el espacio-tiempo AB se define mediante el vector de conexión de espín en el fluxón $\hbar/e$. Éste último es negativo bajo simetría de conjugación de cargas. En ausencia de campos eléctrico y magnético, el espacio-tiempo AB (o vacío, o éter) se define mediante la Ec. (65). Los campos $\underline{E}$ y $\underline{B}$, por otro lado, se definen mediante la curvatura, como en las Ecs. (8) y (9). Esta última es igual a cero en el vacío AB, y también lo es la torsión:

$$R = d\wedge\Omega + \Omega\wedge\Omega = 0 \qquad (6.66)$$

$$T = d\wedge q + \Omega\wedge q = 0 \qquad (6.67)$$

Consideremos ahora la ecuación de energía de Einstein:

$$p^{\mu}p_{\mu} = m^2c^2. \qquad (6.68)$$

Utilizando la prescripción mínima (51) el efecto del espacio-tiempo AB sobre la materia material, tal como un electrón, es:

$$(p^{\mu} + eW^{\mu})(p_{\mu} + eW_{\mu}) = m^2c^2 \qquad (6.69)$$

Si el electrón se encuentra en reposo:

$$p^{\mu} = \left(\frac{E_0}{c}, \underline{0}\right), \quad W^{\mu} = \frac{\hbar}{e}\left(\Omega^{(0)}, \underline{0}\right) \qquad (6.70)$$

de manera que:

$$(E_0 + \hbar\Omega^{(0)}c)(E_0 + \hbar\Omega^{(0)}c) = m^2c^4. \qquad (6.71)$$

El espacio-tiempo AB contiene una frecuencia angular:

$$\omega(vac) = c\Omega^{(0)} \qquad (6.72)$$

de manera que la Ec. (71) deviene:

$$E_0 + \hbar\omega(vac) = mc^2 \qquad (6.73)$$

a partir de la cual resulta claro que la frecuencia en reposo de una partícula de materia material se ve incrementada por:

$$\omega_0 \longrightarrow \omega_0 + \omega(vac) \qquad (6.74)$$

debido a la presencia del vacío AB. De manera que el mecanismo de la energía a partir del espacio-tiempo se vuelve claro.

El espacio-tiempo AB imparte momento de energía a la materia material como sigue:

$$p^\mu \longrightarrow p^\mu + p(vac) \qquad (6.75)$$

donde:

$$p^\mu(vac) = eW^\mu = \hbar\Omega^\mu. \qquad (6.76)$$

La frecuencia angular del espacio-tiempo AB es:

$$\omega(vac) = c\Omega^{(0)} \qquad (6.77)$$

y el vector de onda del espacio-tiempo AB es:

$$\underline{K}(vac) = \underline{\Omega}. \qquad (6.78)$$

Las ecuaciones de Einstein / de Broglie para el espacio-tiempo AB (o vacío) son:

$$E(\text{vac}) = \hbar\omega(\text{vac}) = \gamma m(\text{vac})c^2 \tag{6.79}$$

$$\underline{p}(\text{vac}) = \hbar\underline{\kappa}(\text{vac}) = \gamma m(\text{vac})\underline{v}_0(\text{vac}) \tag{6.80}$$

donde el factor de Lorentz del vacío es:

$$\gamma(\text{vac}) = \left(1 - \frac{v_0^2(\text{vac})}{c^2}\right)^{-1/2}. \tag{6.81}$$

Por lo tanto, se ha inferido la existencia de una partícula de vacío de masa *m*(vac) a través de las ecuaciones de Einstein / de Broglie. Existe un conjunto estadístico de tales partículas. El vacío AB se cuantiza utilizando:

$$E(\text{vac})\psi(\text{vac}) = i\hbar\frac{\partial\psi(\text{vac})}{\partial t} \tag{6.82}$$

y:

$$\underline{p}(\text{vac})\psi(\text{vac}) = -i\hbar\underline{\nabla}\psi(\text{vac}) \tag{6.83}$$

donde ψ (vac) es la función de onda de la onda/partícula del vacío. La función de onda cumple con la ecuación de onda ECE [1-12] en el límite:

$$\left(\square + \kappa^2(\text{vac})\right)\psi(\text{vac}) = 0 \tag{6.84}$$

donde:

$$\kappa(\text{vac}) = \frac{m(\text{vac})c}{\hbar} \tag{6.85}$$

La función de onda del vacío es, por lo tanto:

$$\psi(\text{vac}) = \exp\left(-i\left(\omega(\text{vac})t - \underline{\kappa}(\text{vac})\cdot\underline{r}\right)\right) \tag{6.86}$$

y la ecuación de onda ECE del vacío es:

$$(\square + R(vac))\,\psi(vac) = 0. \tag{6.87}$$

La Ec. (87) es la versión cuantizada de la ecuación de energía de Einstein para el vacío:

$$E^2(vac) = c^2 p^2(vac) + m^2(vac)c^4. \tag{6.88}$$

El proceso de extracción de energía del vacío se vuelve fácil de comprender:

$$E \longrightarrow E + E(vac) \tag{6.89}$$

$$\underline{p} \longrightarrow \underline{p} + \underline{p}(vac) \tag{6.90}$$

y se observa como un corrimiento de energía en los espectros, en especial el corrimiento de Lamb del hidrógeno atómico, y también en el *g* anómalo del electrón.

Aparentemente, semejante partícula de vacío fue propuesta, mas no demostrada, por Tesla.

El corrimiento de Lamb y el factor anómalo *g* pueden definirse en términos de transferencia de energía/momento. La teoría convencional del corrimiento de Lamb asume que el electrón en el átomo de hidrógeno fluctúa en presencia del vacío - fenómeno conocido como *jitterbugging*. Puede demostrarse, como sigue, que esto se debe a la energía del vacío de la teoría ECE2, y el corrimiento de Lamb observado puede utilizarse para calcular una frecuencia angular media del vacío. El vacío AB y el campo $B^{(3)}$ [1-12] pueden definirse en términos de la teoría ECE2.

Mediante consideraciones de la ecuación de energía de Einstein en la teoría ECE2, y mediante el empleo de la prescripción mínima, puede demostrarse que en las Notas 340(1) y 340(2) el factor anómalo *g* del electrón se define mediante:

$$g = 1 + \frac{H}{mc^2} \tag{6.91}$$

donde *H* es el hamiltoniano de la relatividad ECE2:

$$\begin{aligned} H &= \gamma mc^2 + U \\ &= (p^2c^2 + m^2c^4)^{1/2} + U \end{aligned} \tag{6.92}$$

Para un electrón estático para el cual se cumple la ecuación de de Broglie (34):

$$g = 2 + \frac{\hbar\omega(\mathrm{vac})}{mc^2} \tag{6.93}$$

En general, el factor anómalo g del electrón es:

$$g = 1 + \frac{\hbar}{mc^2}\left(\omega + \omega(\mathrm{vac})\right) \tag{6.94}$$

donde ω es la frecuencia angular de la onda del electrón, y ω(vac) es la frecuencia angular de la partícula de onda de vacío ECE2. En la Nota 340(2), publicada en el portal www.aias.us , se demuestra con todo detalle que el proceso de transferencia de momento desde la partícula de onda de vacío resulta en un corrimiento observable de energía:

$$\Delta E = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 g m^2 c^2}\left\langle \frac{\underline{S}\cdot\underline{L}(\mathrm{vac})}{r^3}\right\rangle . \tag{6.95}$$

Se describen varios métodos para el cálculo de este corrimiento en la Nota 340(3). Por lo tanto, puede transferirse tanto el momento como la energía desde el vacío ECE2.

En la Nota 340(4), el potencial del vacío ECE2 se define como:

$$U(\mathrm{vac}) = e\phi_W(\mathrm{vac}) = \hbar c\,\Omega^{(0)}(\mathrm{vac}) = \hbar\omega(\mathrm{vac}) \tag{6.96}$$

Se deduce que el potencial de Coulomb U_c entre un electrón y un protón, en el átomo de hidrógeno, se ve incrementado por:

$$U_c \longrightarrow U_c + U(\mathrm{vac}) = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} + \hbar\omega(\mathrm{vac}) \tag{6.97}$$

En la conocida teoría de Bethe [1-12] del desplazamiento de Lamb, se supone que U_c vibra como *jitterbug* (abejorro), tal como se describe en la Nota 340(3):

$$U_c = U(\underline{r} - \delta\underline{r}) - U(\underline{r}) \tag{6.98}$$

en donde $\delta\underline{r}$ denota la fluctuación en posición del electrón debida al vacío, en este caso el vacío ECE2. Esta idea implica que el potencial del vacío es:

$$U(\mathrm{vac}) = \hbar\omega(\mathrm{vac}) = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{r-\delta r} - \frac{1}{r}\right) \tag{6.99}$$

$$= \frac{e^2\delta r}{4\pi\epsilon_0(r-\delta r)r}$$

en donde el cambio en energía potencial debida al vacío ECE es, consistentemente:

$$\Delta U = U(vac) = U(\underline{r} - \delta \underline{r}) - U(\underline{r}). \tag{6.100}$$

Si se supone que:

$$\delta \underline{r} << \underline{r} \tag{6.101}$$

la Ec. (99) puede expresarse como:

$$U(vac) = \hbar\omega(vac) = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{\delta r}{r^2} + \frac{(\delta r)^2}{r^3}\right) \tag{6.102}$$

y sacando un promedio sobre un conjunto de partículas del vacío:

$$\langle U(vac)\rangle = \hbar\langle\omega(vac)\rangle = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{\langle\delta r\rangle}{r^2} + \frac{\langle(\delta r)^2\rangle}{r^3}\right) \tag{6.103}$$

Utilizando la suposición de Bethe:

$$\langle\delta \underline{r}\rangle = \underline{0} \tag{6.104}$$

se deduce que:

$$\langle\omega(vac)\rangle = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar r^3}\langle(\delta r)^2\rangle = \frac{c\alpha}{r^3}\langle(\delta r)^2\rangle \tag{6.105}$$

donde α es la constante de estructura fina.

De manera que el cuadrado de la media de las fluctuaciones resulta en una media de la frecuencia angular del vacío.

Utilizando una expansión en serie de Maclaurin de la ecuación:

$$\Delta U = U(\underline{r} + \delta \underline{r}) - U(\underline{r}) \tag{6.106}$$

puede demostrarse que

$$\langle \Delta U \rangle = \frac{1}{6} \langle (\delta r)^2 \rangle \nabla^2 U_c \quad (6.107)$$

Para el orbital $^2S_{1/2}$ del átomo de hidrógeno [1-12]:

$$\langle \nabla^2 U_0 \rangle = \left\langle \nabla^2 \left(\frac{-e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) \right\rangle = \frac{e^2}{\epsilon_0} |\psi(0)|^2 \quad (6.108)$$

donde $\psi(0)$ es el valor de la función de onda $^2S_{1/2}$ del átomo de hidrógeno en el origen:

$$|\psi_{2S_{1/2}}(0)|^2 = \frac{1}{8\pi r_B^3} \quad (6.109)$$

donde r_B es el radio de Bohr. A partir de las Ecs. (107) y (105) el corrimiento de Lamb en el nivel de energía $^2S_{1/2}$ del átomo de hidrógeno es:

$$\langle \Delta U \rangle = \frac{e^2 r^3}{48 \epsilon_0 r_B^3 \alpha c} \langle \omega(vac) \rangle \quad (6.110)$$

El corrimiento medido de Lamb es:

$$\Delta f = 1.058 \text{ x } 10^9 \text{ Hz} \sim 0.04 \text{ cm}^{-1} \quad (6.111)$$

donde:

$$\langle \Delta U \rangle = 2\pi\hbar \langle \Delta f \rangle. \quad (6.112)$$

Computando valores esperados a partir de las funciones de onda hidrogénicas se encuentra que:

$$\frac{\langle r \rangle}{r_B}(1S) = \frac{3}{2}; \quad \frac{\langle r \rangle}{r_B}(2S) = 6; \quad \frac{\langle r \rangle}{r_B}(3S) = \frac{27}{2} \quad (6.113)$$

El valor relevante para $^2S_{1/2}$ es:

$$\langle r \rangle (2S_{1/2}) = 6 r_B \quad (6.114)$$

Esto da la frecuencia angular media del vacío de un conjunto de partículas de onda de vacío:

$$\langle \omega(vac) \rangle = \frac{96\pi\epsilon_0 \alpha \hbar c r_B^3}{e^2 r^3} \Delta f = 3.96750 \times 10^8 \text{ rad s}^{-1} \tag{6.115}$$

La frecuencia de de Broglie de una partícula de vacío es:

$$\omega(vac) = 1.80058 \times 10^{18} \text{ rad s}^{-1} \tag{6.116}$$

La frecuencia promedio del conjunto es mucho menor que la frecuencia de de Broglie, y la primera es responsable del corrimiento de Lamb en el átomo de hidrógeno. Esto significa que existe una pequeña anisotropía universal en el vacío, y esto es una pequeña anisotropía del mismo universo, por ejemplo en la radiación de microondas de trasfondo. La función de onda $^2P_{1/2}$ del hidrógeno atómico desaparece en el origen y, por lo tanto, no hay corrimiento de Lamb en este caso.

La masa de la partícula elemental de vacío puede calcularse a partir del factor anómalo g del electrón, pues es experimentalmente observable. La teoría cuántica relativista de este capítulo define la interacción del electrón con el vacío ECE2 como sigue:

$$(H - e\phi_W - mc^2)\psi = ie\hbar \underline{\sigma} \cdot \underline{\nabla} \left(\left(\frac{c^2 \underline{\sigma} \cdot \underline{W}}{H - e\phi_W + mc^2} \right) \psi \right) + \ldots \tag{6.117}$$

donde:

$$\Omega^\mu = (\Omega^{(0)}, \underline{\Omega}) = \frac{e}{\hbar} W^\mu . \tag{6.118}$$

Aquí, ψ es la función de onda y H es el hamiltoniano de la relatividad ECE2:

$$H = \gamma mc^2 + U . \tag{6.119}$$

La energía potencial, en unidades de joules, se define como:

$$U = e\phi_W . \tag{6.120}$$

En el denominador ubicado del lado derecho de la Ec. (117):

$$H - e\phi_W = \gamma mc^2 \tag{6.121}$$

en donde el factor de Lorentz se define mediante:

$$\gamma = \frac{\hbar\omega}{mc^2} \tag{6.122}$$

Se deduce que:

$$(H - e\phi_W - mc^2)\psi = \frac{ie\hbar}{(1+\gamma)m}\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}\,\underline{\sigma}\cdot\underline{W}\psi \tag{6.123}$$

cuya parte real (Nota 338(4) en el portal www.aias.us) es:

$$\text{Real}\,(H - e\phi_W - mc^2)\psi = -\frac{e\hbar}{(1+\gamma)m}\underline{\sigma}\cdot\underline{\nabla}\times\underline{W}\psi \tag{6.124}$$

Por lo tanto, el factor anómalo g del electrón es:

$$g = 1 + \gamma = 1 + \frac{\hbar\omega}{mc^2}. \tag{6.125}$$

Para un electrón en reposo:

$$g = 1 + \frac{\hbar\omega_0}{mc^2} = 2 \tag{6.126}$$

debido a la ecuación de de Broglie para una partícula en reposo:

$$\hbar\omega_0 = mc^2 \tag{6.127}$$

Las Notas 338(1) a 338(3) demuestran que la frecuencia de una onda de un electrón en contacto con el vacío ECE2 es:

$$\omega_0 \longrightarrow \omega_0 + \omega(\text{vac}) \tag{6.128}$$

de manera que el factor anómalo g del electrón en reposo es:

$$g = 2 + \frac{\hbar\omega(\text{vac})}{mc^2} = 2.002319314 \tag{6.129}$$

para nueve espacios decimales. Por lo tanto

$$\hbar\omega(\text{vac}) = 0.002319314\, m(\text{vac})c^2 \tag{6.130}$$

Se deduce entonces que la masa de la partícula de vacío viene dada por la ecuación de de Broglie Einstein:

$$m(vac) = \frac{\hbar\omega(vac)}{c^2} = \frac{\hbar\Omega^{(0)}}{c} = 2.1127 \times 10^{-33}\ kg \tag{6.131}$$

Este cálculo infiere la existencia de una nueva partícula elemental, cuya masa se conoce con precisión, y que recibe el apelativo de "partícula de vacío".

Se deduce entonces, a partir de la Navaja de Occam (Principio de Simplicidad), que no se requieren teorías mucho más complicadas, tales como la electrodinámica cuántica (EDC), para calcular el factor *g* de las partículas elementales. Es bien sabido que la EDC está conformada por parámetros ajustables y procedimientos artificiales, de manera que no se trata de una teoría baconiana. Tiene problemas de renormalización, regularización dimensional, suma de series de numerosos términos, series cuya convergencia resulta dudosa. Posee partículas virtuales que nunca pueden observarse. La EDC no es una teoría exacta debido a estos ajustables y procedimientos, incognoscibles e inobservables – el tipo de teoría que Pauli denominaba "ni siquiera errónea". Pauli quería significar que semejante teoría no puede evaluarse experimentalmente. El mismo Feynman describía a la EDC como un insensato *abracadabra*, y Dirac la describía como una teoría desagradable. La cromodinámica cuántica presenta incluso mayores dificultades.

El cálculo anterior constituye un gran avance, pues no utiliza la aproximación de Dirac, criticada en párrafos anteriores de este libro, y es la primera explicación baconiana del factor anómalo g del electrón. Puede repetirse para otras partículas elementales.

El efecto de la onda / partícula del vacío con frecuencia angular ω_1 sobre una onda / partícula de un electrón de frecuencia angular ω es:

$$\omega \longrightarrow \omega + \omega_1 \tag{6.132}$$

El vector de onda del electrón se modifica análogamente:

$$\underline{K} \longrightarrow \underline{K} + \underline{K}_1 . \tag{6.133}$$

Las ecuaciones de Einstein / de Broglie devienen:

$$E = \hbar(\omega + \omega_1) = \gamma m c^2 \tag{6.134}$$

$$\underline{P} = \hbar(\underline{K} + \underline{K}_1) = \gamma m v_0 \tag{6.135}$$

y el factor de Lorentz cambia a:

$$\gamma = \frac{\hbar}{mc^2}(\omega + \omega_1) . \tag{6.136}$$

Para el electrón en reposo:

$$\gamma = \frac{\hbar}{mc^2}(\omega_0 + \omega_1) = 1 + \frac{\hbar\omega_1}{mc^2} \quad (6.137)$$

y como en la Ec. (125), el factor anómalo g del electrón es:

$$g = 1 + \gamma \quad (6.138)$$

La ecuación de de Broglie / Einstein:

$$\hbar\omega_1 = \gamma m_1 c^2 \quad (6.139)$$

da la masa de la partícula de vacío.

En el documento UFT49 en el portal www.aias.us , la constante de Hubble se define como:

$$H = \alpha c \quad (6.140)$$

donde α es el coeficiente de absorción de energía considerado como responsable del corrimiento cosmológico al rojo. La Ec. (140) rechaza el "*Big Bang*", el cual es refutado por las teorías ECE y ECE2 [1-12]. El *Big Bang* también ha sido refutado a nivel experimental. Ahora introducimos la nueva ecuación:

$$H = v(\mathrm{vac})\,\alpha_1 \quad (6.141)$$

donde v(vac) es la velocidad del marco del vacío con respecto a la partícula elemental estática, y en donde α_1 es un coeficiente universal de absorción de energía. Estos conceptos pueden deducirse a partir de la relatividad ECE2. La constante de Hubble, en unidades del S. I., es:

$$H = 2.333 \times 10^{-16}\ \mathrm{s}^{-1} \quad (6.142)$$

y la velocidad de la partícula de vacío puede identificarse con aquella del marco del éter:

$$v(\mathrm{vac}) = 0.068c. \quad (6.143)$$

Por lo tanto, la constante de Hubble es:

$$H = 0.068\, c\, \alpha \text{ (universal)} \tag{6.144}$$

Se propone que α es una constante universal con unidades del S.I. de:

$$\alpha \text{ (universal)} = 1.1444 \times 10^{-23} \text{ m}^{-1} \tag{6.145}$$

y las unidades espectroscópicas convencionales:

$$\alpha \text{ (universal)} = 1.1444 \times 10^{-25} \text{ neper cm}^{-1} \tag{6.146}$$

La constante de Hubble ya no indica que los objetos distantes se alejan de nosotros en un universo en expansión. Significa que la luz de objetos distantes se ve absorbida en mayor medida, en un universo en equilibrio, un equilibrio entre partículas elementales y partículas de vacío. Los conceptos antropomórficos, de inicio y fin del universo, se vuelven irrelevantes.

La teoría de la dispersión de Compton se ha desarrollado en los ya clásicos documentos UFT158 a UFT248, y puede aplicarse en el presente contexto, tal como se describe en las Notas 339(5) a 339(7). La teoría original de dispersión de Compton ha sido desarrollada ampliamente en los documentos UFT158 a UFT248, la cual se apoyaba en la dispersión de un fotón, supuestamente sin masa, a partir de un electrón con masa. Se demostró en estos documentos UFT que la teoría original se desmorona completamente cuando se intenta modificarla para dos partículas con masa. El motivo es que la dispersión de Compton consiste en dispersion elástica, mientras que las colisiones entre partículas son inelásticas y endoérgicas. En general, existe una transmutación, de manera que el proceso de colisión entre partículas es:

$$A + B \longrightarrow C + D + E \tag{6.147}$$

donde E es la energía liberada en la colisión. Se deduce entonces que la colisión entre la partícula de vacío con masa y una partícula elemental con masa, produce energía a partir del vacío ECE2. Una simetría cruzada en física de partículas implica que:

$$A + \bar{C} \longrightarrow \bar{B} + D + E \tag{6.148}$$

donde la barra señala una antipartícula.

En colisiones elásticas:

$$E = 0\,, \tag{6.149}$$

y la dispersión elástica de Compton se indica mediante:

$$\gamma + e^- \longrightarrow \gamma + e^-. \tag{6.150}$$

Mediante simetría cruzada:

$$\gamma \longrightarrow e^{+} \quad (B \longrightarrow \bar{C}) \tag{6.151}$$

y

$$\bar{e} \longrightarrow \gamma \quad (C \longrightarrow \bar{B}) \tag{6.152}$$

dando la aniquilación de un positrón y un electrón para dar dos fotones:

$$e^{-} + e^{+} \longrightarrow 2\gamma . \tag{6.153}$$

En el documento UFT171 se demostró que una teoría con colisiones elásticas, tipo Compton, no puede aplicarse a dispersión de igual masa, pues semejante procedimiento da lugar a sinsentidos. La teoría correcta debe de ser inelástica, con liberación de la energía E:

$$e^{-} + e^{+} \longrightarrow 2\gamma + E . \tag{6.154}$$

La aniquilación del par electrón-positrón se conoce bien como base de experimentos, por ejemplo en el CERN. Estos experimentos producen muchos tipos de partículas elementales, como es bien sabido. Análogamente, la dispersión de un fotón con masa a partir de un electrón tiene sentido si y sólo si:

$$\gamma + e^{-} \longrightarrow \gamma + e^{-} + E . \tag{6.155}$$

Análogamente, la colisión entre dos partículas de vacío con masa (señaladas como "vac") puede conducir a transmutaciones como sigue:

$$\text{vac} + \text{vac} \longrightarrow A + B + E \tag{6.156}$$

donde A y B son partículas elementales y E es energía a partir del vacío ECE2. Se sabe experimentalmente que emergen pares electrón-positrón a partir del vacío:

$$\text{vac} + \text{vac} \longrightarrow e^{-} + e^{+} + E . \tag{6.157}$$

La conservación de la simetría de inversion de paridad requiere que:

$$\text{vac} + \overline{\text{vac}} \longrightarrow e^{-} + e^{+} + E \tag{6.158}$$

porque una partícula de vacío posee una masa finita. Una partícula es su propia anti-partícula sólo si no posee masa, y en la teoría ECE2 no existen partículas sin masa. Esto significa que existe una antipartícula de vacío. Por lo tanto, la síntesis de materia en el universo sucede mediante:

$$\text{vac} + \overline{\text{vac}} \longrightarrow A + \bar{A} + E \tag{6.159}$$

donde A y $\bar{A}$ denotan cualquier partícula y antipartícula, a partir de las cuales surgen estrellas, planetas, galaxias y demás, utilizando procesos conocidos. Si m_1 denota la masa de la partícula de vacío, su colisión con una partícula elemental estática de masa m_2 se ve gobernada por la ley de conservación de la energía:

$$\gamma m_1 c^2 + m_2 c^2 = \gamma' m_3 c^2 + \gamma'' m_4 c^2 + E \tag{6.160}$$

en donde aparecen nuevas partículas de masa m_3 y m_4. Este proceso se describe en detalle en la Nota 339(7).