Desmistificación de la ecuación de fuerza de Lorentz

André Michaud
Service de Recherche Pédagogique

➔ **Click here for English version**
➔ **Cliquer ici pour version française**
➔ **Hier anklicken für die Deutsche Fassung**

Resumen: La ecuación de fuerza de Lorentz $F = q(\boldsymbol{E} + \boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B})$, utilizada por la comunidad de ingenieros desde principios del siglo XX para controlar el movimiento de electrones en trayectorias libres en una amplia gama de aplicaciones técnicas, es una ecuación generalizada que fue desarrollada inicialmente por Hendrik Antoon Lorentz a principios del siglo XX, y que trata, en una sola formulación, dos aspectos muy diferentes del comportamiento de los electrones en movimiento libre. Este artículo tiene como objetivo poner en perspectiva el contexto histórico en el que se desarrolló la ecuación, y aclarar cómo pueden separarse claramente sus dos aspectos diferentes para fines de cálculo práctico y su utilización en la investigación fundamental en física, para ayudar a reconciliar la mecánica clásica/relativista y la mecánica cuántica con el electromagnetismo y, en particular, cómo su primer término puede relacionarse con la gravitación mientras que su segundo término puede relacionarse con la masa electromagnética medible.

Palabras clave: Estados de resonancia de electrones; partículas electromagnéticas elementales; electromagnetismo; átomo de hidrógeno.

Este artículo se publicó en el *Journal of Modern Physics* en mayo de 2022:

Michaud, A. (2022) *Demystifying the Lorentz Force Equation*. Journal of Modern Physics, Vol.13 No.5, May 2022, **DOI:** 10.4236/jmp.2022.135046

https://www.scirp.org/pdf/jmp_2022053015080692.pdf

Otros artículos en el mismo proyecto:

INDEX - Mecánica electromagnética – El modelo de los 3-espacios

Aquí está su traducción al español:

 © André Michaud

1. introducción

En 1904, H.A. Lorentz publicó un artículo que revolucionó dos aspectos importantes de la física fundamental, uno relativo a la física clásica/relativista aplicable a nuestro nivel de magnitud macroscópico, y el otro relativo al comportamiento electromagnético de los electrones en movimiento libre en el nivel de magnitud subatómico. Su artículo está ampliamente referenciado en la literatura en relación con su propuesta aplicable al movimiento relativo en nuestro nivel macroscópico, pero su análisis del comportamiento de los electrones libres, que surge de los datos experimentales recogidos previamente por Walter Kaufmann, permanece en gran medida eclipsado por la popularidad y el alcance universal de su propuesta relativa al movimiento relativo [1].

El desarrollo revolucionario que propuso sobre el movimiento relativo, tenía por objeto dar cuenta de procesos físicos observados a nivel astronómico, y que parecían apartarse de la mecánica clásica tal como fue establecida por Newton, en una época en que el conocimiento general sobre estas cuestiones era mucho menos amplio que el que tenemos hoy.

Su propuesta era un conjunto de transformaciones matemáticas destinadas a tratar la cuestión del *movimiento relativo* de las masas macroscópicas entre sí, como solución a la aparente imposibilidad, en la época, de identificar una referencia absoluta en el universo, con respecto a la cual podría calcularse el movimiento de todos los cuerpos masivos, una conclusión que resultaba del aparente fracaso de los experimentos de Michelson y Morley para demostrar la existencia de tal referencia absoluta [2].

Este desarrollo, aunque destinado a resolver problemas no tratados por la mecánica clásica de Newton, se basaba siempre en la doble hipótesis de que la existencia de la energía cinética que sostiene la velocidad es causada por el movimiento de los cuerpos masivos y que la cantidad total de esta energía es conservadora, en el sentido de que cuando un cuerpo se ralentiza, esta *energía cinética* se espera que se convierta gradualmente en *energía potencial*, de modo que cuando el cuerpo se detiene por completo, toda su energía cinética se ha convierto en energía potencial, y que en todo momento la suma de la energía cinética y la energía potencial permanece constante – un concepto impuesto por el Principio clásico de conservación de la energía ([3], p. 217).

La ecuación de la mecánica newtoniana que no parecía poder responder completamente a ciertas observaciones astronómicas está precisamente relacionada con la relación entre la energía cinética de una masa en movimiento $K = ½mv^2$ y su momento $p=mv$, estando ambas ecuaciones unidas por la relación $K = p^2/2m$. En resumen, Lorentz introdujo en la tabla la idea de que la corrección necesaria podía hacerse introduciendo el factor γ en la ecuación de la energía cinética de Newton $K = ½\gamma m_0v^2$ y en su ecuación del momento $p=\gamma m_0v$, definiendo también la masa de un cuerpo cuando su velocidad es cero m_0 como su masa en reposo, las dos ecuaciones siguen estando vinculadas por la relación modificada $K = p^2/2\gamma m_0$, el factor γ asocia ahora el movimiento de los cuerpos a la percepción de un observador, en ausencia de una referencia absoluta, a través de las transformaciones matemáticas que propuso.

Tan pronto como Henri Poincaré reconoció la validez matemática de las *transformaciones de Lorentz* – término que definió en su nota del 5 de junio de 1905 [4]

 © André Michaud

– Albert Einstein publicó su artículo seminal sobre el *movimiento relativo*, ahora conocido como Teoría de la Relatividad Especial (RE). [5], que incorporó las transformaciones de Lorentz como un medio para explicar mecánicamente el movimiento relativo de los cuerpos masivos entre sí, involucrando los conceptos de dilatación del tiempo y contracción de la longitud de las masas, así como el aumento no rectilíneo controlado por el factor γ en la energía cinética de la cantidad de movimiento de los cuerpos masivos con el aumento de su velocidad hacia la velocidad de la luz, ahora establecida como el límite asintótico de velocidad para los cuerpos masivos, como un refinamiento de la hipótesis original de Newton, que asumía un aumento rectilíneo de la energía de la cantidad de movimiento con la velocidad, con sin límite máximo de velocidad.

El segundo desarrollo revolucionario establecido por Lorentz en su artículo de 1904 [1] fue la confirmación de la validez de la primera ecuación de la mecánica electromagnética desarrollada originalmente por él mismo para controlar el movimiento de los electrones libres – cargados eléctricamente – a nivel subatómico, ahora conocida como la *Ecuación de la fuerza de Lorentz*, a partir de los datos experimentales recogidos por Walter Kaufmann utilizando esta ecuación [6] [7]; electrones que se mueven libremente y cuyas trayectorias pueden controlarse ahora mediante una combinación de campos eléctricos y magnéticos $\boldsymbol{E}$ y $\boldsymbol{B}$ de intensidades controlables por separado, que actúan directamente sobre la carga del electrón y no sobre su masa, en contraste con el concepto de Newton de fuerza que actúa sobre la masa. Más adelante veremos que Einstein suponía que ambos conceptos eran equivalentes.

Pero a diferencia de la mecánica clásica, que supone que la cantidad de energía cinética de un electrón depende de la velocidad de su masa, la ecuación de la mecánica electromagnética de Lorentz implica que la cantidad de energía cinética del electrón en movimiento no depende de su velocidad, sino que se trata de la relación contraria, es decir, que es la velocidad del electrón la que depende de la cantidad de energía cinética impartida a su carga por los campos $\boldsymbol{E}$ y $\boldsymbol{B}$ de fuerza variable que controlan su trayectoria; una energía inducida adiabáticamente en el electrón en movimiento en función de la inversa de las distancias que lo separan de las otras partículas cargadas cuya interacción mutua establece los campos $\boldsymbol{E}$ y $\boldsymbol{B}$ controladores, como se aclara en la Referencia [8] y en su edición final ampliada [9].

Pero en aquella época, los conceptos de los campos de fuerza se basaban más bien en la dualidad conservadora de la energía cinética frente a la energía potencial, tal y como se define en la mecánica clásica, como aclara Aram D'Abro ya en los años 1930 en su excelente síntesis ([3], p. 217). Sin embargo, según esta perspectiva, el concepto de energía potencial en un campo de fuerza sólo surgiría si el campo se deriva de un potencial:

> *"Consider a particle in a conservative field, and two arbitrary points* **A** *and* **B** *in the field. The relationship between the potential energy and the particle at* **A** *and at* **B** *is furnished by the following definition:*"
>
> *"Potential energy at* **B** *minus potential energy at* **A** *= work (positive or negative) expended by the field of force when the particle is made to pass*

 © André Michaud

from **B** *to* **A**"

"For instance, if we agree that the potential energy at the point **A** *is zero, the potential energy at any arbitrary point* **B** *is given by the work (positive or negative) expended by the force when the particle is moved from* **B** *to* **A**..."

So, while a stone is falling from point **B** to point **A**, "*...its potential energy would be decreasing and its kinetic energy increasing at an equal rate, so that the sum of the two kinds of energy would remain constant."*

"*This rule is general: Whenever a particle is released from a position of rest in a conservative field, it will always start moving towards regions of decreasing potential energy...*"

"*The conservation of energy would not hold in a non-permanent field; nor would it be realized in a permanent field which is not derived from a potential."*

Traducción:

"Consideremos una partícula en un campo conservador, y dos puntos arbitrarios **A** *y* **B** *en el campo. La relación entre la energía potencial y la partícula* **A** *y* **B** *viene dada por la siguiente definición:* "

" Energía potencial en **B** *menos energía potencial en* ***A*** *= trabajo (positivo o negativo) gastado por el campo de fuerza cuando la partícula pasa de* **B** *a* **A**."

"Por ejemplo, si estamos de acuerdo en que la energía potencial en el punto A es cero, la energía potencial en cualquier punto arbitrario **B** *es dada por el trabajo (positivo o negativo) gastado por la fuerza cuando la partícula se mueve de* **B** *a* **A**..."

Así, cuando una piedra cae de un punto **B** a un punto **A**, *"...su energía potencial disminuye y su energía cinética aumenta a un ritmo igual, de modo que la suma de los dos tipos de energía permanece constante.*"

"*Esta regla es general: Cuando una partícula se libera de una posición de reposo en un campo conservador, siempre comienza a moverse a regiones donde la energía potencial disminuye...*"

"*La conservación de la energía no sería válida en un campo no permanente; tampoco se realizaría en un campo permanente que no se deriva de un potencial."*

Esta última condición es precisamente el caso de los campos ***E*** y ***B*** controlados por la ecuación de fuerza de Lorentz. Ninguno de los dos campos es permanente. Y no se derivan de un potencial, sino que dependen de configuraciones específicas y cambiantes de bobinas de alambre por las que pasa una corriente eléctrica – una corriente hecha de electrones que se mueven a lo largo de los alambres – y de materiales ferromagnéticos o imanes permanentes, cuyos campos magnéticos dependen de configuraciones no permanentes de electrones cautivos en los átomos de estos materiales.

 © André Michaud

La velocidad de los electrones que fluyen en un alambre (determinada por el voltaje) determina la intensidad de la interacción de Coulomb entre las cargas relacionadas con el campo ***E*** controlado por el primer término de la ecuación de Lorentz mientras que el campo magnético ***B*** relacionado con su segundo término es generado alrededor del cable de acuerdo con la ecuación de Biot-Savart debido a la alineación magnética paralela forzada de los espines de los electrones que fluyen en la misma dirección en el cable, completado, para controlar la curvatura del camino del electrón libre, por los campos ***B*** controlables de materiales ferromagnéticos vecinos y/o imanes permanentes, cuyos campos magnéticos macroscópicos se deben a la alineación paralela forzada de los espines magnéticos de los electrones desapareados en estos materiales [10] [11].

Cabe señalar que la ecuación de Coulomb $F = q_1q_2/4\pi\varepsilon_0 d^2$ es el medio por el cual la energía inducida en todas las partículas cargadas según la interacción coulombiana subyacente puede calcularse estrictamente en función directa de la inversa de las distancias que las separan $E=d\bullet F=q_1q_2/4\pi\varepsilon_0 d$, tal como se aclara en la Referencia [12] y su ampliada reedición final [13].

Dado que los campos ***E*** y ***B*** macroscópicos generados por la corriente que fluye en los cables desaparecen cuando la corriente deja de fluir en el cable, puesto que el campo ***B*** macroscópico de los electroimanes desaparece cuando se corta la corriente en su cable, e incluso el campo ***B*** macroscópico de los llamados imanes permanentes desaparece cuando se calientan, y no se recupera cuando se enfrían cuando superan una temperatura crítica, la condición de D'Abro según la cual "*la conservación de la energía no sería válida en un campo no permanente*" se cumple.

Por lo tanto, cuando consideramos una partícula cargada en tales campos no conservativos y dos puntos arbitrarios en el espacio **A** y **B**, la relación entre la energía y la *partícula cargada* en **A** y en **B** viene dada por la siguiente definición:

> *"La energía en* **B** *menos la energía en* **A** *(positiva o negativa) suministrada por el campo de fuerza no conservador cuando la partícula cargada pasa de* **B** *a* **A** *solo puede ser de naturaleza adiabática.*"

Por cierto, a principios del siglo XX, el consenso general no fue que las partículas cargadas elementales se induzcan mutuamente de la energía en función de las distancias que las separan, como acabamos de mencionar, pero que la energía estaba inducida en cada partícula cargada elemental por un campo eléctrico subyacente *supuestamente conservador* omnipresente, lo que ha distorsionado la percepción de la inducción de energía en las partículas cargadas elementales durante el resto del siglo 20 y gran parte del siglo 21.

Esta relación fue claramente descrita por Einstein en su artículo de 1910 [14]. (Al haberse perdido el original alemán de este artículo, las siguientes citas en francés se extraen en el estado de su traducción francesa inicial hecha el mismo año por E. Guillaume, única traducción hecha en la época a partir del original. Una traducción formal al inglés a partir de la traducción de Guillaume fue hecha por el *Minkowski Institute* en 2021 [15]):

> *"...on s'habitua à considérer les champs électrique et magnétique comme des entités dont l'interprétation mécanique était superflue. On en vint ainsi à*

 © André Michaud

regarder ces champs dans le vide comme des états particuliers de l'éther, n'exigeant pas une analyse plus approfondie.

Une particule chargée en mouvement par rapport à l'éther est assimilable à un élément de courant; les actions du champ électromagnétique sur la particule et les réactions de cette dernière sur le champ sont les seuls liens qui lient la matière à l'éther. Dans celui-ci, là où l'espace n'est pas déjà occupé par une particule, les intensités du champ électrique et magnétique sont exprimées par les équations de Maxwell pour l'éther libre, si l'on suppose que les équations sont rapportés à un système d'axes immobile par rapport à l'éther."

Traducción:

"...se acostumbró a considerar los campos eléctrico y magnético como entidades cuya interpretación mecánica era superflua. Se llegó así a mirar estos campos en el vacío como estados particulares del éter, sin exigir un análisis más profundo.

Una partícula cargada en movimiento respecto al éter es asimilable a un elemento de corriente; las acciones del campo electromagnético sobre la partícula y las reacciones de ésta sobre el campo son los únicos vínculos que unen la materia con el éter. En éste, donde el espacio no está ya ocupado por una partícula, las intensidades del campo eléctrico y magnético son expresadas por las ecuaciones de Maxwell para el éter libre, suponiendo que las ecuaciones se refieren a un sistema de ejes inmóvil en relación con el éter."

Por lo tanto, calibrando cuidadosamente la intensidad de los campos eléctrico y magnético macroscópicos del entorno, se generan localmente campos eléctrico y magnético ***E*** y ***B*** a escala subatómica en las inmediaciones de cada electrón en los haces de electrones, que guían localmente a cada electrón a lo largo de su trayectoria según la ecuación $\boldsymbol{v=E/B}$, densidades iguales de los campos ***E*** y ***B*** que definen el movimiento rectilíneo de la partícula cargada, mientras que densidades desiguales de estos campos inducidos definen las trayectorias curvas, siendo cada electrón propulsado por una energía cinética de momento local que se induce simultáneamente adiabáticamente en cada una de ellas [16], es decir, una combinación de energía local de campo ***E*** y ***B***, cuya suma es estructuralmente igual a la energía de momento que se induce simultáneamente, constituyendo estos dos componentes inducidos la energía portadora cuya componente de momento impulsa la masa en reposo invariante del electrón – además de impulsar también su componente local de campo ***E*** y ***B*** inducido – y cuyos campos ***E*** y ***B*** transversales lo guían según sus densidades relativas, densidades iguales que definen el movimiento rectilíneo del electrón como se ha mencionado anteriormente [12] [13], que son los 3 aspectos de los fotones portadores de electrones que se discuten a continuación.

Este método de control que Lorentz había propuesto inicialmente en un artículo anterior [17], que consistía en combinar la ecuación de Coulomb para calcular la energía total del campo ***E*** del electrón, con la relación entre la energía del campo ***B*** transversal establecida por Heaviside [18] para controlar su velocidad y la curvatura de su

 © André Michaud

trayectoria, fue utilizado por Kaufmann [6] para recopilar datos sobre la aceleración de electrones en movimiento libre en una cámara de burbujas.

Después de Abraham en 1902 [19], Lorentz también logró en su artículo de 1904 [1] vincular la cantidad total de energía del campo ***E***, proporcionada por la ecuación de Coulomb, a la inercia longitudinal clásica/relativista exacta del electrón en movimiento libre, introduciendo el factor γ – "k" en su artículo – (Véase la masa m_1 de su primera Ecuación (30) y las explicaciones asociadas), e introduciendo también el mismo factor γ para tener en cuenta la inercia electromagnética/relativista transversal total del electrón desviado - que resultó ser diferente de la inercia longitudinal total m_1 – (véase la masa m_2 de su segunda Ecuación (30)), este último valor correspondiente al aumento, relacionado con la velocidad, del campo magnético transversal ***B*** total del electrón en movimiento.

Este método, confirmado experimentalmente por los datos de Kaufmann analizados por Abraham y Lorentz, fue adoptada inmediatamente por la comunidad de los ingenieros para su uso en todas las aplicaciones que requieren un control preciso de las trayectorias de los electrones en movimiento libre, cuyas aplicaciones actuales típicas son el control preciso de las trayectorias de los haces de electrones en todas las aplicaciones de pantallas catódicas y el control preciso de los haces de partículas cargadas en todos los aceleradores de partículas de alta energía.

2. Adopción de la Teoría de la Relatividad Especial

Cuando Einstein publicó su artículo sobre el movimiento relativista y el aumento no rectilíneo de la energía del momentum con la velocidad hacia c, establecida como velocidad límite para los cuerpos masivos [5], directamente basada en las transformaciones de Lorentz [1], ya había asombrado a la comunidad de los físicos con otros dos artículos revolucionarios publicados solo unos meses antes, lo que hizo que toda la comunidad prestara mayor atención a su tercer artículo.

El primer artículo, que data de marzo de 1905, explica su teoría cuántica de la luz [20], basada en las conclusiones de Max Planck [21] sobre los experimentos sobre el cuerpo negro realizados recientemente por Wilhelm Wien [22], cuya principal conclusión puede resumirse en esta cita:

> *"Es scheint mir nun in der Tat, daß die Beobachtungen über die "schwarze Strahlung", Photolumineszenz, die Erzeugung von Kathodenstrahlen durch ultraviolettes Licht und andere die Erzeugung bez. Verwandlung des Lichtes betreffende Erscheinungsgruppen besser verständlich erscheinen unter der Annahme, daß die Energie des Lichtes diskontinuierlich im Raume verteilt sei. Nach der hier ins Auge zu fassenden Annahme ist bei Ausbreitung eines von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahles die Energie nicht kontinuierlich auf größer und größer werdende Räume verteilt, sondern es besteht dieselbe aus einer endlichen Zahl von in Raumpunkten lokalisierten Energiequanten, welche sich bewegen, ohne sich zu teilen und nur als Ganze absorbiert und erzeugt werden können."* ([20], p. 133)

Traducción:

 © André Michaud

> *"Me parece que las observaciones sobre la "radiación negra", la fotoluminiscencia, la producción de rayos catódicos por la luz ultravioleta y otros grupos de fenómenos relativos a la producción y transformación de la luz parecen más comprensibles si se supone que la energía de la luz se distribuye de manera discontinua en el espacio. Según la hipótesis a considerar aquí, cuando un rayo de luz se propaga desde un punto, la energía no se distribuye continuamente en espacios cada vez más grandes, sino que se compone de un número finito de cuantas de energía localizadas en puntos del espacio, que se mueven sin dividirse y pueden ser absorbidos y producidos solo como un todo."*

Esta conclusión es lo que lo llevó a la explicación mecánica del efecto fotoeléctrico que confirmó que la energía de los fotones electromagnéticos localizados, como él supuso que se emiten, se propagan y se absorben individualmente, posee una *inercia longitudinal medible* – una inercia en la dirección de su movimiento, lo que le valió el Premio Nobel en 1921.

Este descubrimiento también condujo, en correlación con su conclusión, pronto publicada, de que la energía cinética del momento que propulsa las masas en movimiento debe ser una sustancia físicamente existente [23] – véase más adelante – y con la hipótesis del fotón de doble partícula, propuesta posteriormente por Louis de Broglie en los años 1930 [24], relativa a la posible estructura electromagnética dinámica interna de estos fotones localizados, al establecimiento de la ecuación LC y de la ecuación de campos $\boldsymbol{E}$ y $\boldsymbol{B}$ asociada que describen mecánicamente su estructura electromagnética interna en un artículo publicado originalmente en 2016 [25], republicado en una versión final ampliada en 2021 [26], en plena concordancia con las ecuaciones de Maxwell, describiéndolos como moviéndose por separado sin expandirse esféricamente desde su fuente puntual, pero siendo emitidos, propagados y absorbidos sólo como cuantos individuales separados como concluyó Einstein [20], es decir, procesos mecánicos de absorción, propagación y emisión que fueron analizados y publicados en 2020 [12] [13].

En mayo de 1905 se publicó otro de sus principales trabajos, en el que llamaba la atención sobre una posible explicación del movimiento browniano observado en los líquidos, según la cual el movimiento errático de las partículas microscópicas visibles al microscopio en los líquidos podía explicarse por colisiones estocásticas con moléculas demasiado pequeñas para ser vistas, de las que debía estar compuesto el líquido, lo que, según él, podía llevar a la posibilidad de calcular las dimensiones físicas de estas moléculas [27], proceso que fue descubierto y explicado independientemente por Marian von Smoluchowski un año más tarde [28]. Sus hallazgos fueron confirmados experimentalmente por Jean Perrin en 1912 [29]. La relación entre el movimiento browniano y el electromagnetismo se analizará en la **Sección 13**, donde se describirá la razón por la que estas moléculas, que Einstein había concluido que existen, siguen moviéndose de forma natural en los líquidos, haciendo que choquen con las partículas visibles al microscopio.

Por lo tanto, cuando el tercer artículo importante de Einstein fue publicado pocos meses después de los dos primeros, el 26 de septiembre de 1905 – recibido el 30 de junio – este, basado en la transformación de Lorentz [1] [4] recientemente confirmada

 © André Michaud

matemáticamente, proponía una solución lógica que aparentemente reconciliaba el electromagnetismo, tal como se observaba a nuestro nivel macroscópico, con la mecánica clásica, que parecía resolver las cuestiones no abordadas por la mecánica clásica de Newton sobre el comportamiento de los cuerpos masivos, en una teoría completa que eventualmente fue llamada la Teoría de la Relatividad Especial [5], la estatura de Einstein como teórico de vanguardia ya estaba bien establecida.

Finalmente, cuando Einstein publicó un cuarto artículo el 21 de noviembre de 1905 – recibido el 27 de septiembre [23] como extensión de su artículo del 30 de junio [5] – la revolución de la física se completó con la introducción de su conclusión de que el exceso de energía de la masa en reposo de un cuerpo que se transfiere al medio ambiente cuando un cuerpo se detiene en su movimiento debe ser una *sustancia físicamente existente* [12] [13], puesto que se ha demostrado que tiene inercia al igual que la masa en reposo del cuerpo y al igual que la energía de los fotones electromagnéticos localizados cuando golpean los electrones en los cuerpos masivos, como lo demuestra el efecto fotoeléctrico descrito en su anterior artículo de marzo de 1905 [20], dado que la *inercia* difícilmente puede manifestarse por algo que no tiene *existencia física* como *sustancia ponderable*:

> *"Gibt ein Körper die Energie L in Form von Strahlung ab, so verkleinert sich seine Masse um L/V^2... Die Masse eines Körpers ist ein Maß für dessen Energieinhalt; ändert sich die Energie um L, so ändert sich die Masse in demselben Sinne um $L/9.10^{20}$, wenn die Energie in Erg und die Masse in Grammen gemessen wird."* [23]

Traducción:

> *"Cuando un cuerpo emite energía L en forma de radiación, su masa disminuye en L/V^2... La masa de un cuerpo es una medida de su contenido energético; si la energía varía de L, la masa varía de la misma manera de $L/9.10^{20}$, si la energía se mide en erg y la masa en gramos."*

Obviamente, Einstein tenía en la mente la energía cinética de un cuerpo macroscópico que se puede medir además de la energía que constituye su masa en reposo, tal como se concibe en la mecánica clásica, cuando esta energía se comunique al medio ambiente cuando el cuerpo se detenga en su movimiento [8] [9]. Más adelante examinaremos en detalle el caso de una masa de 1 kg que cae al suelo desde una altura de 1 metro para poner claramente en perspectiva lo que puede verificarse experimentalmente desde nuestro punto de vista macroscópico.

Notemos en este punto que su correlación, en su artículo de septiembre de 1905, entre la inercia de los cuerpos en movimiento y el aspecto "*sustancia físicamente existente*" de la energía liberada cuando se detienen en su movimiento, no atrajo la atención en el momento, dado que toda la comunidad y el propio Einstein se sumergieron inmediatamente en interminables discusiones y análisis más profundos del "*aspecto movimiento relativo*" de su teoría de la RE.

Un siglo después, este aspecto de la RE sigue siendo objeto de constantes argumentos y publicaciones posteriores en la comunidad, dada la diferencia entre el comportamiento observable de las masas a nuestro nivel macroscópico y el de la masa del electrón a nivel subatómico, tal como lo revelan los experimentos de Kaufmann, que el mismo artículo de

 © André Michaud

Lorentz de 1904 también puso de relieve [1], y que ahora vamos a examinar.

3. Adopción de la primera ecuación de la mecánica electromagnética por la comunidad de ingeniería

Antes de entrar en el análisis de las conclusiones de Lorentz de 1904 [1] sobre los datos de Kaufmann [6] [7], que confirmaron la primera ecuación que permite el control completo de la trayectoria y la velocidad de una partícula elemental masiva y cargada a nivel subatómico, estableciendo así el primer puente entre la mecánica clásica, que trata del control de los cuerpos masivos a nuestra escala macroscópica, y la mecánica electromagnética que trata del control de las partículas cargadas a nivel subatómico, gracias al electrón que posee simultáneamente una masa en reposo invariante (m_o =9. 10938188E-31 kg) y una carga en todo tiempo invariante (e=1,602176462E-19 C), pongamos brevemente en perspectiva los conocimientos previamente establecidos sobre los que se basaban sus investigaciones.

La interacción perpendicular entre los aspectos eléctrico ***E*** y magnético ***B*** de la luz que se desplaza en el vacío en una dirección que no puede ser otra que perpendicular a los dos campos ***E*** y ***B***, fue entendido por Maxwell como la razón por la cual *la luz* puede moverse a una velocidad invariable c en el vacío, como lo demuestran las derivadas parciales segundas de las ecuaciones electromagnéticas extraídas de experimentos realizados por experimentadores anteriores [30]. Maxwell llegó a esta conclusión después de que Faraday le informara en 1845 que había observado que la luz que atravesaba una placa de vidrio se polarizaba cuando colocaba la placa entre los polos magnéticos de su electroimán, un comportamiento que recibió el nombre de *Efecto Faraday*.

Esta información convenció a Maxwell de que *la luz* debía ser una forma de energía libre que solo podía ser de naturaleza electromagnética, propagándose en el vacío a la velocidad revelada por sus cálculos de deriva parcial segunda, una velocidad que era mantenida por la interacción de estos dos campos separados, uno eléctrico y otro magnético, interactuando perpendicularmente uno con el otro, y perpendicularmente a la dirección del movimiento de la energía luminosa. De hecho, fue el primero en asociar matemáticamente una velocidad a la luz, es decir, a la energía electromagnética en movimiento libre, mediante un cálculo directo [31].

$$c = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{B}} \tag{1}$$

Aproximadamente 20 años después de la publicación de las conclusiones de Maxwell en 1865, Heaviside simplificó las 20 ecuaciones de Maxwell en forma de las 4 ecuaciones que se utilizan universalmente desde [17], y estableció también por primera vez que un campo magnético aplicaría una *fuerza*, que se manifiesta en forma de una *presión* sobre la superficie infinitesimal del punto de apoyo de una partícula cargada de comportamiento cuasi puntual en movimiento libre y que determina su velocidad – véase la **Sección 13** sobre este punto particular – y que esta *presión*, o *fuerza*, se puede calcular cuando se conoce la carga de la partícula y la intensidad del campo magnético ***B*** ambiente.

 © André Michaud

$$\mathrm{F} = q(\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \tag{2}$$

Dado que la presión se define como una *fuerza* aplicada perpendicularmente a la superficie de un objeto por unidad de superficie (S) sobre la que se distribuye dicha fuerza, las dimensiones de una *presión* en el sistema SI se expresan en "*Newtons por metro cuadrado*" (P_S = F_S= Newtons/m^2). En el caso de una partícula cargada de comportamiento cuasi-puntual, esta superficie tiende por estructura a reducirse matemáticamente, en el límite, a una "*superficie infinitesimal*" que representa el punto de apoyo cuasi-puntual prácticamente sin dimensión de la partícula de comportamiento cuasi puntual [26], que puede estar representada matemáticamente por una superficie infinitesimal *ds* para fines de cálculo, sobre la cual se aplicará la presión ($P_{S \to ds}$ = $F_{S \to ds}$ = F = Newtons).

Si tal partícula cargada al comportamiento puntual se inmoviliza en un estado de equilibrio electromagnético estacionario, una fuerza aplicada a esta superficie idealizada que sería insuficiente para superar este estado estacionario no puede tener otro resultado que la velocidad de la partícula permanece en cero (v_o) incluso si la presión se mantiene completamente aplicada – véase la **Sección 13** para un desarrollo más profundo de esta relación entre *presión* y *fuerza*:

$$\mathrm{P}_{S=ds} = q(\mathbf{v}_0 \times \mathbf{B}) \tag{3}$$

Pero si la presión/ fuerza ($P_{S\,=\,ds}$ = $F_{S\,=\,ds}$) ejercida sobre el punto de apoyo de la partícula por el campo magnético ***B*** es suficiente para superar el estado electromagnético estacionario que inmoviliza la partícula cargada, entonces la *presión* aplicada y mantenida constantemente sobre la partícula por el campo magnético ***B*** hará que la partícula comience a moverse a la velocidad correspondiente, calculable con la ecuación mencionada anteriormente establecida por Heaviside:

$$\mathrm{P}_{S=ds} = \mathrm{F}_{S=ds} = \mathrm{F} = q(\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \tag{4}$$

Diez años más tarde, Lorentz tuvo la intuición de que si los campos eléctricos y magnéticos en interacción transversal mutua, como los concibió Maxwell, podían impulsar la energía de la luz a una velocidad c en el vacío, entonces quizás también podrían combinarse para controlar con precisión el movimiento de partículas cargadas. como el electrón. Entonces se le ocurrió la idea de combinar la ecuación de fuerza de Coulomb, que permite controlar la intensidad del campo ***E*** en la vecindad de un electrón F = e·***E***=k(e·q/d^2) – siendo q la suma de las cargas vecinas que establecen el campo ***E*** en función de la inversa del cuadrado de las distancias medias d que las separan del electrón e, siendo k=1/4$\pi\varepsilon_0$ la constante de Coulomb – para controlar su aceleración, en la ecuación de fuerza de Heaviside F = e(***v***×***B***), que establece su velocidad en función de la intensidad del campo magnético asociado ***B***, se podrían tener en cuenta todos los aspectos del movimiento del electrón, dando lugar a su famosa ecuación general:

$$\mathrm{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \tag{5}$$

Kaufmann realizó entonces experimentos con electrones que se movían libremente utilizando campos eléctricos y magnéticos que interactuaban de la manera sugerida por Lorentz, observando y midiendo sus trayectorias en una cámara de burbujas, y recogió

 © André Michaud

los datos que Abraham y Lorentz analizaron más tarde, confirmando que no sólo había una cantidad de energía cinética de momento inducida en los electrones por la interacción de Coulomb para explicar su movimiento longitudinal, pero que también se indujo simultáneamente una energía transversal en los electrones, que podía medirse longitudinalmente y transversalmente, a diferencia de la energía cinética del momento que sólo podía medirse longitudinalmente, una energía transversal que añadía momentáneamente una masa adicional medible a la masa en reposo invariante del electrón, dependiendo de su velocidad.

En su famoso artículo de 1904 [1], en el que Lorentz comentaba y correlacionaba los datos experimentales recogidos por Kaufmann entre 1901 y 1903 [6] [7] [32] [33], previamente analizados por Abraham [34], que confirmaban la validez de la ecuación de fuerza que había establecido en 1895 [17], concluía claramente refiriéndose a las Ecuaciones (30) de su desarrollo que:

> *"Folglich verhält sich das Elektron bei Vorgängen, bei welchen eine Beschleunigung in der Bewegungsrichtung auftritt, als ob es die Masse m_1 hätte, bei Beschleunigung in einer zur Bewegung senkrechten Richtung, als ob es die Masse m_2 besäße. Diese Größen m_1 und m_2 werden deshalb passend die „longitudinale" und „transversale" elektromagnetische Masse genannt. Ich nehme an, daß außerdem keine „wirkliche" oder „materielle" Masse besteht."*

Traducción:

> *"Por lo tanto, en los procesos en los que la aceleración se produce en la dirección del movimiento, el electrón se comporta como si tuviera la masa m_1, y en la aceleración en una dirección perpendicular al movimiento, se comporta como si tuviera la masa m_2. Estas cantidades m_1 y m_2 se denominan correctamente las masas electromagnéticas 'longitudinal' y 'transversal'. Asumiré que, por otra parte, no existe una masa 'real' o 'material'."*

Lorentz representa estos dos estados perpendiculares medibles de la aceleración del electrón, es decir, la aceleración en la dirección de su trayectoria y la aceleración perpendicular a ésta, por las dos ecuaciones siguientes ([1], Ecuaciones (30)):

$$m_1 = \frac{e^2}{6\pi c^2 R}\frac{d(kl\omega)}{d\omega} \quad \text{para la aceleración longitudinal} \tag{6}$$

y

$$m_2 = \frac{e^2}{6\pi c^2 R}kl \quad \text{para la aceleración transversal} \tag{7}$$

Y finalmente, para velocidades insignificantes que reducen la relación v^2/c^2 del factor γ – representado por k en sus ecuaciones (explicadas más abajo) – a un valor infinitesimal, que a su vez reduce el valor del factor γ a 1, la masa del electrón se considera que permanece en su valor de masa en reposo, es decir, la masa inicial utilizada en la ecuación de aceleración $F=ma$ tal como se define en la mecánica newtoniana (definida según nuestra notación moderna como m_0) asimila m_1 y m_2 a la definición

 © André Michaud

electromagnética de esta masa en reposo, cuando la velocidad del electrón es teóricamente nula:

$$m_0 = m_1 = m_2 = \frac{e^2}{6\pi c^2 R} \tag{8}$$

Comentando también los experimentos realizados por Kaufmann [7] utilizando la ecuación de fuerza desarrollada por Lorentz, y el cálculo también realizado por Abraham a partir de los mismos datos de Kaufmann [34], Henri Poincaré concluye en 1905 ([35], p. 137):

> *"Les calculs d'Abraham et les expériences de Kaufmann ont alors montré que la masse mécanique proprement dite est nulle et que la masse des électrons, ou au moins des électrons négatifs, est d'origine exclusivement électrodynamique. Voilà qui nous force à changer la définition de la masse; nous ne pouvons plus distinguer la masse mécanique de la masse électrodynamique, parce qu'alors la première s'évanouirait; il n'y pas d'autre masse que l'inertie électrodynamique; mais dans ce cas la masse ne peut plus être constante, elle augmente avec la vitesse; et même, elle dépend de la direction, et un corps animé d'une vitesse notable n'opposera pas la même inertie aux forces qui tendent è le dévier de sa route, et à celles qui tendent à accélérer ou à retarder sa marche."*

Traducción:

> *" Los cálculos de Abraham y los experimentos de Kaufmann demostraron entonces que la masa mecánica propiamente dicha es nula y que la masa de los electrones, o al menos de los electrones negativos, es de origen exclusivamente electrodinámico. Esto nos obliga a cambiar la definición de la masa; no podemos distinguir la masa mecánica de la masa electrodinámica, porque entonces la primera se desvanecería; no hay otra masa que la inercia electrodinámica; pero en este caso la masa ya no puede ser constante, aumenta con la velocidad; e incluso, depende de la dirección, y un cuerpo animado de una velocidad notable no opondrá la misma inercia a las fuerzas que tienden a desviarlo de su camino, y a las que tienden a acelerar o retrasar su marcha."*

4. El punto de inflexión de 1907

Como él mismo reconoce, Einstein trabajó de manera aislada en la elaboración de su teoría de la relatividad especial durante más de 7 años antes de producir su artículo histórico del 30 de junio [5], pocas semanas después de que Poincaré publicara su nota del 5 de junio sobre la *transformación de Lorentz* [4], que fue inmediatamente ampliamente difundida como era habitual en la *Académie des sciences* francesa, y que parecía confirmar lo que sospechaba desde el principio, a saber, que la existencia del movimiento absoluto no podía ser demostrada en la realidad física.

Parece que Einstein fue llamado especialmente la atención sobre esta conclusión específica de Lorentz antes de que publicara su artículo de 1905 [1], prestando

 © André Michaud

momentáneamente menos atención al comportamiento de los electrones como se analiza en el artículo de Lorentz, que había sido estudiado desde 1887, a iniciativa de Heaviside [18], luego Voigt [36], Lorentz en 1895 [17], y experimentalmente por Kaufmann en 1901, 1902 y 1903 [6] [7] [32] [33], cuyos resultados fueron analizados por Abraham en 1902 [27] y por Lorentz en 1904, y finalmente reportados por Poincaré en su libro *La valeur de la science* publicado en 1905 [35].

El problema con esta situación es que esta diferencia observada entre la tasa de variación de la inercia transversal del electrón en aceleración y su diferente tasa de variación de inercia longitudinal ahora se hacen evidentes a nivel subatómico, correspondiente a los términos m_1 y m_2 del análisis de Lorentz, nunca se había observado en ningún experimento realizado con masas macroscópicas, por lo que los términos m_1 y m_2 de Lorentz confirmados no se incorporaron a la teoría de la relatividad especial, dejando solamente la energía del momento longitudinal que aumenta en función del factor γ que debe integrarse en la relatividad especial, ya que aplicarla únicamente a la energía del momento parecía satisfacer el comportamiento observable de las masas a nuestro nivel macroscópico.

Esta aparente contradicción entre el comportamiento de los electrones y el de las masas macroscópicas atrajo rápidamente la atención de la comunidad, y una serie de experimentos fueron realizados, principalmente por Bucherer y Neumann [37] [38], que confirmaron todos los datos de Kaufmann. Planck, por ejemplo, volvió a analizar los datos de Kaufmann [39] y no encontró ninguna falla en el análisis de Kaufmann, y lo mismo ocurrió con el análisis de Poincaré [40]. Según la propia confesión de Lorentz, ninguno de los experimentos parecía confirmar la contracción de las longitudes que él mismo había introducido con su concepto de transformaciones relativas en el mismo artículo de 1904 [1] en el que Einstein había basado su teoría de 1905, y sugirió que se realizara un análisis más detallado [41].

Pero Einstein no cambió de opinión [42] [43]:

> *"Herr Kaufmann has determined the relation between [electric and magnetic deflection] of β-rays with admirable care. ... Using an independent method, Herr Planck obtained results which fully agree with Kaufmann. ... It is further to be noted that the theories of Abraham and Bucherer yield curves which fit the observed curve considerably better than the curve obtained from relativity theory. However, in my opinion, these theories should be ascribed a rather small probability because their basic postulates concerning the mass of the moving electron are not made plausible by theoretical systems which encompass wider complexes and phenomena."*

Traducción:

> *"El señor Kaufmann ha determinado la relación entre [la desviación eléctrica y magnética] de los rayos β con un cuidado admirable. ... Utilizando un método independiente, el señor Planck ha obtenido resultados que coinciden totalmente con los de Kaufmann. ... Cabe señalar además que las teorías de Abraham y Bucherer dan curvas que se adaptan a la curva observada considerablemente mejor que la curva obtenida por la teoría de la*

 © André Michaud

> *relatividad. Sin embargo, en mi opinión, estas teorías tienen una probabilidad bastante baja, ya que sus postulados básicos sobre la masa del electrón en movimiento no son plausibles por sistemas teóricos que incluyen complejos y fenómenos más amplios."*

Considerando que toda su producción científica demuestra que a lo largo de su vida Einstein estaba convencido de que la clave para resolver el problema de la gravitación implica únicamente una interacción entre masas macroscópicas de tamaño astronómico, y aunque comprendía perfectamente que el electrón se comportaba a nivel subatómico de acuerdo con los datos de Kaufmann, no veía cómo ese comportamiento a nivel subatómico podía tener alguna relación con la búsqueda de una explicación de la gravitación, Esta búsqueda culminó en su artículo del 4 de noviembre de 1915, que describe los principales aspectos de su teoría de la relatividad general (RG), que aborda efectivamente la cuestión de la gravitación sólo desde el punto de vista del nivel de magnitudes astronómicas, pero descarta por completo la posibilidad de que el comportamiento de las masas subatómicas, como el electrón, pueda contribuir a la solución final.

La opinión de Einstein sobre los datos de Kaufmann fue, en efecto, aprobada por sus colegas, como revela esta cita de Abraham País ([43], p.159):

> *"Special Relativity killed the classical dream of using the energy-momentum-velocity relations of a particle as a means of probing the dynamic origin of its mass. The relations are purely kinematic. The classical picture of a particle as a finite little sphere is also gone for good. Quantum field theory has taught us that particles nevertheless have structure, arising from quantum fluctuations. Recently, unified field theories have taught us that the mass of the electron is certainly not purely electromagnetic in nature. But we still do not know what causes the electron to weigh."*

Traducción:

> *" La relatividad especial ha destruido el sueño clásico de utilizar las relaciones energía-impulso-velocidad de una partícula como medio de sondear el origen dinámico de su masa. Estas relaciones son puramente cinemáticas. La imagen clásica de una partícula como una pequeña esfera finita también ha desaparecido para siempre. La teoría cuántica de los campos nos ha enseñado que las partículas tienen sin embargo una estructura, derivada de las fluctuaciones cuánticas. Recientemente, las teorías unificadas de los campos nos han enseñado que la masa del electrón no es ciertamente de naturaleza puramente electromagnética. Pero todavía no sabemos qué causa la masa del electrón."*

El desafortunado resultado de este punto de vista general en la comunidad de la física teórica a principios de 1900 es que, durante el último siglo, aunque la comunidad de ingenieros ha utilizado con éxito la ecuación de fuerza de Lorentz confirmada para controlar las trayectorias de los electrones libres con el mayor grado de precisión en todas las aplicaciones funcionales desarrolladas hasta la fecha, incluyendo los aceleradores de partículas de alta energía [44], la mayoría de los miembros de las comunidades de física

 © André Michaud

fundamental y astrofísica, que solían dar crédito a la relatividad especial y a la relatividad general, se han vuelto menos conscientes del comportamiento confirmado de los electrones a nivel subatómico, debido a que toda la literatura sobre la RE y la RG nunca hace referencia ni explica la ahora casi olvidada perspectiva de Heaviside-Lorentz-Kaufmann – excepto en la comunidad de ingenieros, afortunadamente – y poco a poco se fue convenciendo, sin duda, que la masa del electrón acelerador permanece constante a todas las velocidades y que sólo la cantidad de energía del momento que depende del factor γ varía con estas velocidades, lo que explica en gran medida por qué se han hecho tan pocos progresos teóricos en el electromagnetismo fundamental durante el último siglo.

Dado que no se ha hecho ninguna referencia desde 1907 en los manuales de referencia sobre la RE y la RG sobre el acuerdo colectivo de la comunidad de físicos de principios de 1900 según el cual los análisis de Abraham y Lorentz de los datos de Kaufmann eran correctas, esto explica por qué los físicos de generación en generación nunca han oído hablar de este acuerdo y también por qué, cien años más tarde, varios físicos experimentados, que manifiestamente no tienen conocimiento de la decisión colectiva de 1907, afirman con fuerza, basándose en la base de conocimientos demasiado limitada proporcionada por estas obras de referencia sobre la RE y la RG, que "*la ganancia de masa con la velocidad es una ilusión*".

Ahora vamos a ver que la opinión general de la comunidad de físicos de principios de 1900 resumida por Pais era bastante prematura a la luz de lo que se descubrió después, en los años 1930 sobre la naturaleza electromagnética de la energía de la que está constituida la masa en reposo del electrón, y en los años 1960 sobre los subcomponentes elementales cargados y masivos que constituyen la estructura interna de los protones y neutrones, y, por último, sobre el descubrimiento en 2003 de que el campo $\boldsymbol{B}$ transversal local de un electrón en movimiento libre aumenta con su velocidad de manera sincrónica con el aumento de su masa transversal, como lo había medido Kaufmann cien años antes.

Veremos que no son las relaciones energía-momento-velocidad de una partícula las que pueden ser útiles para sondear el origen dinámico de la masa del electrón, sino la ecuación general de la fuerza de Lorentz.

Por supuesto, la ingenua imagen clásica de las partículas elementales como pequeñas esferas finitas ha desaparecido para siempre. Pero a la luz de los conocimientos más amplios de que disponemos hoy en día, la idea de que las relaciones entre las masas puedan ser puramente cinemáticas es, por el contrario, totalmente ilusoria y resulta ser de naturaleza puramente electromagnética.

Además, aunque la teoría cuántica de campos (QFT) basada en la interpretación de Ludwig Lorenz, que trata los campos $\boldsymbol{E}$ y $\boldsymbol{B}$ como un campo único unificado, no permite concluir que las partículas electromagnéticas puedan tener una estructura interna, la mecánica electromagnética basada en la interpretación inicial de Maxwell, que trata los campos $\boldsymbol{E}$ y $\boldsymbol{B}$ como distintos y que se inducen mutuamente alternativamente, lo hace de forma bastante natural, como veremos pronto.

Por último, contrariamente a lo que *las teorías de campos unificados* parecen enseñarnos, gracias a los descubrimientos hechos en los años treinta, ahora sabemos con

 © André Michaud

certeza que la masa del electrón es de naturaleza puramente electromagnética, y que es la *inercia omnidireccional* de la energía que constituye su masa en reposo, más la contribución adicional de la *inercia omnidireccional* del campo magnético ***B*** transversal adiabático inducido de su energía portadora en adición a su energía cinética de momentum también adiabáticamente inducida, que hace que el electrón tiene una masa.

5. Sincronización de la notación matemática

Históricamente, se desarrolló gradualmente una tendencia en la comunidad de la física de que la comprensión final de la Naturaleza debería resultar en el desarrollo de una ecuación general que encapsularía todo nuestro conocimiento de la Naturaleza y de la cual podrían derivarse todas las ecuaciones útiles.

Para un número de idealistas de la comunidad de físicos ortodoxos, las ecuaciones de Friedmann desarrolladas en 1922 a partir de las teorías de Einstein se consideran que encarnan este logro final. Pero por supuesto, como siempre a lo largo de la historia, más y más información sobre la naturaleza se recoge con el tiempo, y mucho más se ha aprendido acerca de la naturaleza en el último siglo, de modo que no cabe duda de que un nuevo conjunto de ecuaciones más ideales, por así decirlo, también "últimas", se desarrollarán probablemente en la pista que conduce a esta ecuación final hipotética, a partir del conjunto más amplio de los conocimientos acumulados.

En el campo específico del electromagnetismo, la ecuación de fuerza de Lorentz es una ecuación idealizada que resume todo lo que se entendía a finales del siglo XIX sobre la naturaleza y el comportamiento de los electrones a nivel subatómico. De hecho, se trata de una agrupación idealizada de los dos desarrollos matemáticos que por primera vez permitieron controlar con precisión el movimiento de los electrones en trayectorias libres mediante combinaciones precisas de campos eléctricos y magnéticos, lo cual fue confirmado por los experimentos de Kaufmann y por el exitoso desarrollo de muchos tipos de aceleradores de alta energía a lo largo del siglo XX, desde el primer ciclotrón diseñado y construido por Lawrence en 1932 [45] hasta el *Gran Colisionador de Hadrones* (LHC) del CERN, que entró en servicio en 2008.

Al ser una ecuación generalizada, que resume y combina en apariencia dos ecuaciones diferentes, da por defecto la impresión de que una sola fuerza resulta de su resolución. En efecto, se refiere generalmente en la comunidad como "la" fuerza de Lorentz, cuando en realidad se calculan dos fuerzas diferentes, una vinculada al campo eléctrico ***E*** del primer término y la otra vinculada al campo magnético ***B*** del segundo término. Actúan una contra otra sobre la carga del electrón en movimiento, y lo obligan a moverse en línea recta cuando son iguales [31].

En opinión de este autor, los diversos aspectos del funcionamiento de los aceleradores de alta energía y del control de los haces de partículas cargadas se presentan de la manera más óptima en la obra de referencia excepcional de Stanley Humphries Jr. titulada "*Principles of Charged Particle Acceleration*" [44].

Cabe señalar que los símbolos utilizados por Lorentz en las Ecuaciones (6) y (7) para representar la velocidad y el factor gamma eran respectivamente ω y k, este último siendo

 © André Michaud

ahora mejor conocido como el factor de Lorentz. En este libro, se utilizarán los símbolos modernos v para la velocidad y γ para el factor de Lorentz.

El coeficiente l, por su parte, dependía de la velocidad, y se resuelve a 1 cuando la velocidad es nula, al igual que el factor γ, como en la Ecuación (8). Notemos también que el coeficiente l estaba destinado por Lorentz a conectar la velocidad del electrón con el estado de movimiento de un observador. Pero ya que vamos a estudiar la ecuación de fuerza de Lorentz en relación con la velocidad absoluta del electrón estrictamente determinada por la cantidad instantánea de su energía de momento, este coeficiente se resuelve a 1 en todas las ecuaciones y será ignorado.

En su artículo [1], Lorentz define el factor γ con su Ecuación (3):

$$\frac{c^2}{c^2 - w^2} = k^2 \quad \text{sea :} \quad k = \frac{c}{\sqrt{c^2 - w^2}} \tag{9}$$

Desarrollando esta forma hasta el límite, se obtiene la forma moderna más familiar:

$$\gamma = k = \frac{c}{\sqrt{c^2 - v^2}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{c^2 - v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \tag{10}$$

Pero aunque esta última forma se menciona generalmente en las obras de referencia, los cálculos con las calculadoras científicas de bolsillo se simplifican enormemente cuando se utiliza la siguiente forma, que deja una sola fracción en la expresión:

$$\gamma = \frac{c}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

Dado que la notación histórica utilizada por Lorentz en su artículo de 1904 se ha vuelto desconocida para la mayoría, ahora convertiremos las Ecuaciones (6), (7) y (8) a su notación moderna equivalente antes de proceder a su análisis.

La masa en reposo del electrón ahora está simbolizada por m_0. Se trata de su masa invariante bien conocida cuando su velocidad es teóricamente nula, es decir, cuando se supone clásicamente que su energía cinética es igualmente nula. Esta masa en reposo se establece como una constante física con el valor m_0=9.10938188E-31 kg. La Ecuación (8) ahora se resolverá de la siguiente manera cuando se calcule desde el punto de vista de la ecuación de Coulomb:

$$m_0 = m_{1\ (v=0)} = m_{2\ (v=0)} = \frac{e^2}{6\pi c^2 R} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_e c^2}$$

Se resolviendo a:

$$m_0 = \frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_0\, r_e\, c^2} = 9.10938188\text{E} - 31\text{kg} \tag{11}$$

En la que re es la constante física conocida como el *radio clásico del electrón* (r_e = 2,817940285E-15 m), utilizado con la ecuación de Coulomb para calcular la masa

 © André Michaud

invariante en reposo del electrón.

La Ecuación (7) representa lo que Lorentz identificó como la masa variable de un electrón que acelera en una dirección perpendicular a su dirección de movimiento en su trayectoria en el espacio, y que describe comportarse "como si" era mayor que su masa en reposo m_0 representada por la Ecuación (11), y que corresponde a la masa en reposo del electrón m_0 más un incremento de masa $\Delta m = \gamma m_0 - m_0$, este último correspondiente al incremento de masa transversal vinculado a la velocidad cuya energía fue identificada en 2003 por Paul Marmet como causante del aumento del campo magnético $\boldsymbol{B}$ del electrón cuando su velocidad aumenta en su trayectoria [12] [46], y que corresponde al segundo término de la ecuación de la fuerza de Lorentz F = e ($\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B}$), como precisaremos más adelante:

$$m_2 = \frac{e^2}{6\pi c^2 R} kl = \gamma m_0 = \gamma \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_e c^2}$$

Se resolviendo para la aceleración transversal a:

$$m_2 = \gamma m_0 = m_0 + \Delta m = \gamma \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_e c^2} \tag{12}$$

Y por último, la Ecuación (6), que representa lo que Lorentz ha identificado como la "*masa*" longitudinal variable del electrón en aceleración, es decir, su inercia medible en su dirección de desplazamiento, y que describe comportarse "como si" era más alta para una misma velocidad que la masa m_2=m_0+Δm representada por la Ecuación (12), ella misma más grande que m_0 representada por la Ecuación (11). La única energía adicional que se puede identificar como que actúa longitudinalmente sobre un electrón en movimiento es la energía de su momento ΔK.

Notemos que el término "*masa*" al cual Lorentz se refiere, representado por el término m_1, incluye la energía cinética ΔK del momentum del electrón como incremento de masa porque en su época, todavía no estaba claro si su componente de energía cinética de momentum $\Delta K = \gamma m_0 v^2/2$ formaba parte de su masa variable real $m_2 = \gamma m_0 = \Delta m + m_0$ [12], aunque se comporta longitudinalmente – pero no transversalmente – con la misma inercia que si formara parte de la masa variable longitudinal, lo que permite, a la espera de precisiones posteriores descritas más adelante, asumir momentáneamente que ΔK se comporta como un "*incremento de masa teórica*", dividiéndolo por c^2 para establecer claramente el desarrollo lógico de Lorentz:

$$m_1 = \frac{e^2}{6\pi c^2 R} \frac{d(kl\omega)}{d\omega} = \left(\frac{\gamma m_0 v^2}{2c^2} + \gamma m_0 \right) = m_0 + \frac{\Delta \mathrm{K}}{\mathrm{c}^2} + \Delta m =$$

$$= \gamma m_0 \left(\frac{v^2}{2c^2} + 1 \right) = \gamma \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_e} \left(\frac{v^2}{2c^2} + 1 \right)$$

Se resolviendo para la aceleración longitudinal a:

 © André Michaud

$$m_1 = \left(\frac{\gamma m_0 v^2}{2c^2} + \gamma m_0 \right) = m_0 + \frac{\Delta K}{c^2} + \Delta m = \gamma \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_e c^2} \left(\frac{v^2}{2c^2} + 1 \right) \quad (13)$$

Por supuesto, las conversiones de ecuaciones sin confirmación numérica nunca se garantizan sin error, así que antes de continuar, vamos a comprobar las ecuaciones resultantes con una velocidad relativista bien conocida para confirmar que las formas modernizadas de las ecuaciones de Lorentz se han establecido correctamente y siguen siendo consistentes con la intención de Lorentz.

La velocidad relativista de referencia que utilizaremos es la velocidad relativista de referencia típica relacionada con la energía media *E=4.359743085E-18* j del electrón cuando se estabiliza en el estado fundamental de acción estacionaria del átomo de hidrógeno *v=2187647.561* m/s, cuya longitud de onda es *λ=4.556335261E-8* m y la frecuencia *f=6.579683909E15* Hz, cuyo uno ciclo fue descubierto por de Broglie en 1924 como exactamente correspondiente a una unidad de energía representada por la constante h de Planck, tal como se aclaró en un artículo de 2017 [47] y su reedición final aumentada en 2021 [48], lo que explica por qué la frecuencia de todos los fotones emitidos por los electrones que se deshacen volviendo a su orbital estable de estado de reposo en los átomos son armónicos de este estado de resonancia fundamental.

Por supuesto, el hecho de que esta cantidad media de energía portadora *E=4.359743085E-18* j inducida adiabáticamente en el electrón cuando está cautivo del orbital de resonancia estacionaria de mínima acción del átomo de hidrógeno no significa en ningún caso que el electrón se mueve en una órbita cerrada alrededor del protón a esta velocidad relativista, como se pone claramente en perspectiva en la referencia [49] y su reedición final ampliada [50]. Esta cuestión particular se aclarará en la **Sección 10**.

Cuando se estabiliza, el componente de energía de momento $\Delta K = m_0c^2(\gamma-1) = 2.179871903E-18$ j de esta energía portadora puede entenderse que aplica una *presión* constante en la dirección vectorial de aplicación de este componente de energía de movimiento unidireccional de la energía portadora del electrón si se obstaculiza su velocidad, en el punto de apoyo del electrón de comportamiento puntual identificado en la referencia [26], matemáticamente representable como una superficie infinitesimal *ds*, una *presión* que es igual en valor numérico a la *fuerza* calculada con el primer componente de la ecuación de fuerza de Lorentz, es decir, la fuerza calculada con la ecuación de Coulomb para el electrón en movimiento, siendo a_0 el radio de Bohr:

$$\mathrm{P} = \mathrm{F} = e\mathbf{E} = \frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_0\,a_0{}^2} \quad (14)$$

Pero se ha establecido claramente en todos los experimentos de aceleración de electrones desde los primeros experimentos realizados por Kaufmann [7] cuando tal cantidad de energía portadora – energía cinética de momentum ΔK más una cantidad igual de energía de campo magnético transversal correspondiente a ΔB o a Δm_m se induce en electrones en movimiento libre, se moverán efectivamente a esta velocidad en sus trayectorias individuales, según lo verificado y confirmado por el propio Planck, Poincaré, Bucherer, Newman y Einstein [43], tal como se puso en perspectiva

 © André Michaud

anteriormente. La forma ΔB se explicará más adelante.

Ahora compararemos el aumento de la masa de un electrón en movimiento con la masa en reposo de referencia m_0 formulada por la Ecuación (11) como *masa longitudinal* medible m_1 y como *masa transversal* medible m_2 según las conclusiones de Lorentz a partir de los datos experimentales de Kaufmann para la velocidad relativista de referencia elegida de *v=2187647.561* m/s.

La ecuación de la masa m_0 del electrón en reposo se traslada aquí por conveniencia:

$$m_0 = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_e c^2} = 9.10938188E-31kg \tag{11}$$

La masa transversal m_2 cuando el electrón se mueve a la velocidad *v=2187647.561* m/s – resolviendo el factor γ con esta velocidad – será:

$$m_2 = \gamma m_0 = \gamma \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_e c^2} = 9.109624417E-31kg \tag{15}$$

La masa m_2 proporcionada por la Ecuación (15) implica que la energía magnética transversal del electrón aumenta en una cantidad correspondiente al aumento de la masa Δm_m medible transversalmente [49] [50], y será igual a:

$$\Delta m_m = \frac{\mu_0 e^2 v^2}{8\pi r_e c^2} = 2.425337715E-35\,kg \tag{16}$$

Entonces:

$m_0 + \Delta m_m$ = 9.10938188E-31 kg + 2.425434194E-35 kg =9.109624423E-31 kg.

La "masa" longitudinal m_1 medible del electrón que se mueve a la velocidad *v=2187647.561* m/s será entonces:

$$m_1 = \left(\frac{\gamma m_0 v^2}{2c^2} + \gamma m_0 \right) = 9.109866957E-31kg \tag{17a}$$

También calculable por adición:

$$m_1 = m_0 + \left(\Delta K/c^2 + \Delta m_m\right) = 9.10938188\text{E}-31\text{kg} + 4.850868388\text{E}-35\text{kg} = 9.109866957\text{E}-31\text{kg} \tag{17b}$$

Observamos que la "masa" longitudinal m_1 es mayor que la masa transversal m_2 en una cantidad de *2,425402292E-35* kg, y la masa transversal m_2 es mayor que la masa en reposo m0 en una cantidad casi igual de 2,425434576E-35 kg, para una cantidad total en exceso de la masa en reposo m_0 de *4,850836867E-35* kg. Convirtiendo esta cantidad de energía en julios se obtiene *4,359714795E-18* j, que es la cantidad de energía inducida adiabáticamente en el electrón cuando se estabiliza a la distancia media del estado básico, en relación con el protón en un átomo de hidrógeno, y que puede calcularse directamente mediante la ecuación de Coulomb, y que aplica una presión de $P = e^2/4\pi\varepsilon_0 a_0^2$ = *8.238721806E-8* Newtons dirigidos hacia el protón contra la superficie infinitesimal ds del fulcro del electrón estabilizado en el estado de resonancia axial a esta distancia media

 © André Michaud

del protón, o alternativamente, a la superficie infinitesimal ds del fulcro de un electrón que se mueve en trayectoria libre a la velocidad relativista *v=2187647,561* m/s.

En resumen, transpuesto a la notación clásica/relativista moderna en sustitución de la notación clásica/relativista arcaica de la época de Lorentz, esto es lo que Lorentz calculó a partir de los datos proporcionados por Kaufmann, cálculos cuya validez fue confirmada posteriormente por los físicos de vanguardia de su época, entre ellos Einstein ([43], p.159), y cuya ecuación de cálculo electromagnético – la ecuación de fuerza de Lorentz – ha sido utilizada desde entonces por la comunidad de la ingeniería, pero que la decisión de ignorar en el establecimiento de la teoría de la relatividad especial que estos físicos de vanguardia tomaron en 1907, de acuerdo con la opinión de Einstein, se aseguró de que no se mencionara ni se tuviera en cuenta en la posterior búsqueda de la resolución de la cuestión gravitacional.

6. Descubrimientos hechos después de la decisión determinante de 1907

En 1923, Louis de Broglie llegó a la conclusión de que la única manera de explicar los espectros electromagnéticos de los diferentes átomos era que todos los electrones debían estabilizarse en una serie de estados de resonancia, observando que todas las frecuencias de sus espectros electromagnéticos estaban ordenadas según una secuencia de números enteros como los estados de resonancia macroscópica conocidos a nivel macroscópico, y descubrió que esta secuencia estaba relacionada con la energía de un ciclo de energía del electrón estabilizado en la órbita de Bohr del átomo de hidrógeno, cuyo valor energético correspondía exactamente a la constante de Planck [47] [48] [49] [50] [51].

Tres años más tarde, a finales de 1926, Erwin Schrödinger introdujo la ecuación de onda que debía dar cuenta de los estados y volúmenes de resonancia supuestos por de Broglie [52].

Un año antes, a finales de 1925, Werner Heisenberg había publicado el primer artículo sobre su mecánica matricial, destinada a reflejar la distribución de la energía dentro de los límites de los volúmenes de resonancia que Broglie había supuesto y que la ecuación de onda de Schrödinger debía definir pronto [53]. Los dos métodos se fusionaron en lo que se convertiría en la mecánica cuántica, completada más tarde por el método de la integral del camino de Feynman [54]. La idea misma de que los orbitales de electrones estaban destinados a ser volúmenes de resonancia de un electrón permanentemente localizado, tal como lo entendían de Broglie y Schrödinger, finalmente se pasó por alto y se olvidó.

El objetivo común de de Broglie y de Schrödinger fue establecer la mecánica de emisión de los fotones electromagnéticos que constituyen el espectro electromagnético de los átomos cuando los electrones se estabilizan en los diversos estados estacionarios de resonancia en los que quedan cautivos al ser capturados por átomos ionizados, así que la mecánica de absorción de estos fotones que hacen que los electrones sean expulsados de estos estados estacionarios [49] [50] [55] [56]. Volveremos a esta mecánica de emisión y absorción más adelante.

 © André Michaud

Pero dado el hecho de que el método de Heisenberg parecía localizar el electrón más probablemente cerca del radio de Bohr, su método fue preferido en la comunidad, y la investigación para identificar la mecánica de emisión y absorción de los fotones electromagnéticos por los electrones en sus procesos de captura y expulsión de los estados de resonancia estacionaria en los átomos no ha despertado un interés real en la comunidad, como se pone en perspectiva en las Referencias [49] [50]. Esta mecánica ya se ha establecido [12] [13].

En 1932, Cockcroft y Walton consiguieron convertir en energía parte de la masa de unos pocos nucleones bombardeando núcleos de $\text{Litio}_{7,3}$ con protones ($\text{Hidrógeno}_{1,1}$), lo que provocó que los protones se fusionaran con los núcleos de Litio, produciendo momentáneamente el inestable $\text{Berilio}_{8,4}$. núcleos que inmediatamente se dividieron en dos núcleos de $\text{Helio}_{4.2}$, liberando una gran cantidad de energía electromagnética en el proceso. Einstein consideró este experimento como prueba de que la masa de las partículas elementales estaba formada por energía, es decir que probaba la validez de la ecuación $E=mc^2$ [57], demostrando al mismo tiempo que la masa de los núcleos atómicos estaban formadas de energía electromagnética.

Un nuevo hito se alcanzó un año después, en 1933, cuando Carl Anderson demostró experimentalmente que fotones con energías de 1,022 MeV o más emitidos como subproductos electromagnéticos de la radiación cósmica se convierten espontáneamente en pares masivos de electrones/positrones cuando rozan núcleos atómicos masivos [58], un proceso que se denominó "materialización". Ampliando nuestra comprensión de la relación entre "energía" y "masa", el descubrimiento de Anderson confirmó que la energía de la que estaba compuesta la "masa" de electrones y positrones también era de naturaleza "electromagnética", lo que llevó a Broglie a formular en 1937 una primera hipótesis sobre una posible estructura electromagnética interna de los fotones en movimiento libre, de acuerdo con las ecuaciones de Maxwell [24], lo que condujo al posterior establecimiento de las ecuaciones LC y las ecuaciones de campos de los fotones electromagnéticos [25] [26] (Ver Ecuaciones (27) y (28) a continuación).

En los últimos años de toda una vida de investigación continua, a principios de los años 1950, Einstein se había vuelto cada vez más escéptico sobre sus teorías de la RE y de la RG y finalmente dio a conocer su opinión de que la gravitación probablemente sigue el modelo del electromagnetismo. Sin embargo, toda la comunidad ortodoxa rechazó inmediatamente su recomendación sin una segunda mirada, según lo informado en 1995 por Archibald Wheeler, un líder de opinión importante de la comunidad de los físicos ([59], p.391):

> *"A distinguished physicist even published in his very last years' works, the main point of which is to claim that gravitation follows the pattern of electromagnetism. This thesis, we cannot accept, and the community of physics, quite rightly, does not accept."*

Traducción:

> *"Un eminente físico incluso ha publicado en sus últimos años trabajos cuyo punto principal era afirmar que la gravitación sigue el modelo del electromagnetismo. No podemos aceptar esta tesis, y la comunidad de físicos,*

 © André Michaud

con razón, no la acepta."

En 1969 se publicó el resultado de la exploración experimental de los volúmenes internos de los protones y de los neutrones, realizado utilizando haces de electrones suficientemente energéticos para penetrar en el volumen ocupado por protones y neutrones individuales para colisionar no destructiva con todo lo que podría existir físicamente dentro de sus volúmenes, al nuevo acelerador lineal de Stanford (SLAC).

Martin Breidenbach y sus colegas han informado de que algunos electrones han rebotado de forma altamente inelástica en componentes colisionables internos de protones y neutrones, que así han sido detectados físicamente [60], lo que reveló que estas partículas debían ser cargadas eléctricamente y también debían tener masas del mismo orden que la del electrón, esta última característica revelada por el carácter altamente inelástico observados de los rebotes de electrones. Un análisis profundo reveló que dos tipos de estos componentes elementales internos existían físicamente con masas diferentes uno de otro, ambos cercanos a la masa en reposo del electrón, que fueron nombradas quarks arriba y abajo, en relación con las teorías de Gell-Mann y Zweig que previamente habían predicho su existencia.

En 1997, Kirk McDonald et al. consiguieron, en la instalación SLAC, producir pares electrón/positrón enfocando dos haces de fotones hacia un solo punto del espacio, uno de los haces con fotones con una energía superior al umbral de desacoplamiento de 1,022 MeV, sin que estuviera presente ningún núcleo pesado en las proximidades, lo que permitió establecer que la energía electromagnética podía convertirse en masa mediante simples interacciones entre fotones sin que estuviera presente ninguna masa en las proximidades [61].

El mismo año, aunque los resultados del experimento no se publicaron hasta 2013, se realizó un importante experimento fundacional sobre campos magnéticos cuyos dos polos coinciden geométricamente con el centro del campo [10], que, por similitud, debe ser el caso para el campo magnético del electrón, ya que siempre se comporta de manera puntual durante los experimentos de colisiones mutuas, un comportamiento que se confirmó un año más tarde, en 2014, mediante un experimento realizado con electrones verdaderos [62], que confirma que estos campos interactúan en función de la inversa del cubo de la distancia que los separa, y que sus dos polos no pueden estar presentes simultáneamente en este punto puntual.

7. Reanudación de la investigación fundamental en electromagnetismo

De hecho, es la realización de que no se había realizado ninguna investigación fundamental en electromagnetismo desde al menos los años 1950, como lo reveló Wheeler en 1995 ([59], p.391), a pesar de la recomendación de Einstein, que desencadenó la reanudación de estas investigaciones hacia finales de los años 1990. Esta sección presenta un breve resumen de los diferentes aspectos del electromagnetismo abordados en una serie de artículos publicados entre 2000 y 2013, con el objetivo de llamar la atención sobre el aspecto electromagnético de la realidad física.

 © André Michaud

Un estudio de la historia muestra claramente que toda la investigación realizada en electromagnetismo durante el último siglo han sido intenta reconciliar el electromagnetismo tal y como se establece desde la perspectiva del gauge de Ludwig Lorenz con los conceptos clásicos del lagrangiano y el hamiltoniano, que a su vez se basan en el principio clásico de la conservación universal de la energía.

Investigaciones posteriores revelaron que Maxwell no estaba de acuerdo con el concepto del gauge de Lorenz porque negaba la posibilidad de la existencia de la corriente de desplazamiento que es una parte integral de la ecuación de Gauss para el campo eléctrico ***E***, que es en realidad la ecuación de Coulomb menos una de sus dos cargas, ya que en la ecuación de Coulomb, como se analiza en las referencias [63] [64], la fuerza, y por tanto la energía $E = d{\cdot}F = q^2/4\pi\varepsilon_0 d$ inducida por la fuerza en cada carga no depende de ningún otro criterio que el inverso de la distancia d que separa a las dos cargas, una distancia que sólo puede variar infinitesimalmente de forma gradual entre todas las partículas cargadas en movimiento, lo que es incompatible con el propio principio de conservación universal de la energía que subyace en los conceptos clásicos del Lagrangiano y el Hamiltoniano cuando se aplican a las partículas cargadas, pero están en directa armonía con la interpretación original de Maxwell y, sobre todo, con la hipótesis de de Broglie de una posible estructura electromagnética interna de los fotones en movimiento libre [24]:

$$F = q\mathbf{E} = q_1 \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 d^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 d^2} \tag{18}$$

Cabe señalar aquí que la Ecuación (18) constituye la forma plenamente desarrollada del primer término de la ecuación de fuerza de Lorentz (véase la Ecuación (5) analizada anteriormente).

En julio de 2000, tras 160 años de olvido, se volvió a llamar la atención en la conferencia CONGRESS-2000 sobre la interpretación original de Maxwell, de la que surgió la geometría tresespacial, que ofrecía una nueva perspectiva de desarrollo potencial en la exploración del nivel de magnitudes subatómicas, es decir, una perspectiva que estaba fuera del alcance del enfoque del gauge de Lorenz [65].

Tres años después, en 2003, Paul Marmet, probablemente el experimentalista y teórico más avanzado en electromagnetismo de finales del siglo XX, elaboró brillantemente la siguiente ecuación, mediante una derivación perfecta de la ecuación de Biot-Savart, que revela que la energía creciente del campo magnético transversal del electrón acelerador es la misma energía medible como un aumento de la masa transversal del electrón, que Kaufmann había medido 100 años antes como creciente con la velocidad del electrón [46], es decir, la energía que Lorentz había asociado a la masa transversal m2 del electrón (véanse las Ecuaciones (7) y (12) analizadas anteriormente), es decir, una relación de identidad que no había sido percibida en esa época:

$$\frac{\mu_0 e^2}{8\pi r_e}\frac{v^2}{c^2} = \frac{m_e}{2}\frac{v^2}{c^2} \tag{19}$$

En 2007, una primera ola de derivaciones a partir de esta ecuación revolucionaria fue

 © André Michaud

publicada en la misma revista de ingeniería de la *Universidad Estatal de Kazán* que había publicado previamente el artículo de Marmet [66], que separaba por primera vez el campo magnético ***B*** invariante de la masa en reposo invariante del electrón, del campo magnético ***ΔB*** variable de su energía portadora, cuya suma resulta ser el campo ***B*** del segundo término de la ecuación de la fuerza de Lorentz (véase la Ecuación (2) analizada anteriormente).

El campo magnético invariante de la masa en reposo del electrón que es:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 \pi e c}{\alpha^3 \lambda_C{}^2} \tag{20}$$

en la cual ecuación λ_c es la longitud de onda de Compton del electrón, y el campo magnético variable de la energía portadora del electrón que es:

$$\Delta\mathbf{B} = \frac{\mu_0 \pi e c}{\alpha^3 \lambda^2} \tag{21}$$

en la que λ es la longitud de onda de la energía portadora del electrón. La suma de las Ecuaciones (20) y (21) proporciona el campo ***B*** combinado del segundo término de la ecuación de fuerza de Lorentz:

$$\mathbf{B} = \frac{\pi \mu_0 e c \left(\lambda^2 + \lambda_C{}^2\right)}{\alpha^3 \quad \lambda^2 \lambda_C{}^2} \tag{22}$$

Del mismo modo, la derivación de Marmet permitió separar el campo eléctrico ***E*** invariante de la masa en reposo invariante del electrón:

$$\mathbf{E} = \frac{\pi e}{\varepsilon_0 \alpha^3 \lambda_C{}^2} \tag{23}$$

del campo variable ***ΔE*** de su energía portadora:

$$\Delta\mathbf{E} = \frac{\pi e}{\varepsilon_0 \alpha^3 \lambda^2} \tag{24}$$

cuyo producto vectorial constituye el campo ***E*** combinado del primer término de la ecuación de fuerza de Lorentz:

$$\mathbf{E} = \mathbf{E} \times \Delta\mathbf{E} = \frac{\pi e}{\varepsilon_0 \alpha^3} \frac{\left(\lambda^2 + \lambda_C{}^2\right)\sqrt{\lambda_C\left(4\lambda + \lambda_C\right)}}{\lambda^2 \lambda_C{}^2 \quad \left(2\lambda + \lambda_C\right)} \tag{25}$$

En el caso del campo ***E*** del electrón en movimiento, el enfoque por producto vectorial es necesario dado que la geometría tresespacial revela que el campo ***E*** invariante de la masa en reposo del electrón es perpendicular al campo ***ΔE*** variable de su energía portadora en el espacio-Y electrostática [16].

Al variar simultáneamente la longitud de onda λ de la energía portadora del electrón de las dos Ecuaciones (22) y (25) sobre la gama completa de los valores posibles, se

 © André Michaud

obtiene efectivamente la misma curva de velocidad relativista obtenida por Abraham y Bucherer, que Einstein admitió con franqueza "*adaptarse a la curva observada considerablemente mejor que la curva obtenida a partir de la teoría de la relatividad*" antes citada de la obra de Abraham País ([43], p.159) por medio de esta ecuación para el movimiento en línea recta del electrón:

$$v = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{B}} \tag{26}$$

Cabe señalar que las Ecuaciones (20) y (23) que establecen los campos ***E*** y ***B*** invariantes precisos correspondientes a la masa en reposo del electrón son solo casos especiales de las ecuaciones generales (21) y (24) que pueden utilizarse para calcular toda la gama posible de campos ***E*** y ***B*** para los fotones en movimiento libre.

Las Ecuaciones (21) y (24) permitieron también convertir la ecuación LC de los fotones desarrollada anteriormente [67] en la ecuación de campos correspondiente [25] [26]:

$$E\,\vec{I}\,\vec{i} = \left(\frac{hc}{2\lambda}\right)_X \vec{I}\,\vec{i} + \left[\ 2\left(\frac{e^2}{4C}\right)_Y (\vec{J}\,\vec{j}, \vec{J}\,\vec{j})\cos^2(\omega t) + \left(\frac{L\,i^2}{2}\right)_Z \overleftrightarrow{K}\ \sin^2(\omega t)\right] \tag{27}$$

$$E\,\vec{I}\,\vec{i} = \left(\frac{hc}{2\lambda}\right)_X \vec{I}\,\vec{i} + \left[2\left(\frac{\varepsilon_0 \mathbf{E}^2}{4}\right)_Y (\vec{J}\,\vec{j}, \vec{J}\,\vec{j})\cos^2(\omega t) + \left(\frac{\mathbf{B}^2}{2\mu_0}\right)_Z \overleftrightarrow{K}\ \sin^2(\omega t)\right] V \tag{28}$$

Un segundo resultado de esta primera ola de derivaciones a partir de la Ecuación (19) de Marmet es la siguiente variación de la ecuación de Coulomb que permite calcular la energía de cualquier fotón en movimiento libre utilizando su longitud de onda, sin necesidad de utilizar la constante de Planck:

$$E = hf = \frac{e^2}{2\varepsilon_0 \alpha \lambda} \tag{29}$$

Después de que llegara a ser evidente que las ecuaciones LC y de campos de la energía portadora del electrón eran idénticas a las ecuaciones LC y de campos de fotones en movimiento libre, y que incluso la masa invariante en reposo real del electrón podía estar representada por estas ecuaciones LC y de campos [16] [67] [68]:

$$\mathrm{E}\,\vec{\mathbf{0}} = \mathrm{m_e c^2}\,\vec{\mathbf{0}} = \left[\frac{\mathrm{hc}}{2\lambda_C}\right]_Y \vec{\mathbf{J}}\,\vec{\mathbf{i}} + \left(2\left[\frac{(\mathrm{e}')^2}{4C_C}\right]_X (\vec{\mathbf{I}}\,\vec{\mathbf{j}}, \vec{\mathbf{I}}\,\vec{\mathbf{j}})\cos^2(\omega t) + \left[\frac{L_C i_C{}^2}{2}\right]_Z \overleftrightarrow{\mathbf{K}} \sin^2(\omega t)\right) \tag{30}$$

y

$$\mathrm{m_0}\,\vec{\mathbf{0}} = \frac{\mathrm{V_m}}{\mathrm{c}^2}\left\{\left[\frac{\varepsilon_0 \mathbf{E}^2}{2}\right]_Y \vec{\mathbf{J}}\,\vec{\mathbf{i}} + \left[2\left(\frac{\varepsilon_0 \mathbf{V}^2}{4}\right)_X (\vec{\mathbf{I}}\,\vec{\mathbf{j}}, \vec{\mathbf{I}}\,\vec{\mathbf{j}})\cos^2(\omega t) + \left(\frac{\mathbf{B}^2}{2\mu_0}\right)_Z \overleftrightarrow{\mathbf{K}} \sin^2(\omega t)\right]\right\} \tag{31}$$

fue posible elevar la ecuación no relativista de la energía cinética de Newton al rango de ecuación electromagnética relativista y desarrollar ecuaciones que solo requerían las energías o longitudes de onda del electrón y de su fotón portador para trazar por este medio la misma curva de velocidad relativista que la Ecuación (26) y las de Abraham y Bucherer [69]:

 © André Michaud

$$v = c\frac{\sqrt{4EK + K^2}}{2E + K} \tag{32}$$

y

$$v = c\frac{\sqrt{\lambda_C(4\lambda + \lambda_C)}}{(2\lambda + \lambda_C)} \tag{33}$$

Este desarrollo permitió por primera vez en la historia derivar la ecuación del factor γ de Lorentz (Ecuación (9)) a partir de una ecuación electromagnética en un artículo publicado en 2013 [69], es decir, a partir de la Ecuación (33) antes mencionada, confirmando así la naturaleza relativista de la energía adiabática inducida en todas las partículas cargadas elementales por la interacción de Coulomb, representada convencionalmente a través del primer término de la ecuación de fuerza de Lorentz $F=e\cdot\boldsymbol{E}$ o directamente por la ecuación de Coulomb (Véase el análisis de la **Sección 5**).

A continuación, por medio de la forma general de la ecuación de Coulomb (29) y de esta otra forma aún más desarrollada, considerando que ($\varepsilon_0=1/(4\pi c^2\cdot 10^{-7})$ [70],

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{d^2} = \frac{4\pi c^2\cdot 10^{-7}}{4\pi}\frac{e^2}{d^2} = \frac{e^2\cdot 10^{-7}}{d^2}\frac{c^2}{d^2} \tag{34}$$

fue posible unificar todas las ecuaciones de fuerza clásicas derivando la ecuación de fuerza fundamental *F=ma* de cada una de ellas [70], lo que demuestra matemáticamente que todas las ecuaciones de fuerza clásicas, incluso la ecuación de aceleración *F=ma* tan fundamental de Newton, son todas variaciones de la ecuación de fuerza de Coulomb.

$$F = G_p\frac{M_p \bullet m_e}{r_o^{\,2}} = k\frac{e^2}{r_o^{\,2}} = ev\mathbf{B} = e\alpha\mathbf{E} = m_e a \tag{35}$$

La geometría tresespacial que surge naturalmente de la interpretación inicial de Maxwell permitió entonces establecer una mecánica coherente de desacoplamiento de los fotones electromagnéticos de energía que superaban el umbral mínimo de desacoplamiento de 1,022 MeV en pares electrón/positrón masivos cuando se den las circunstancias requeridas [16].

La mecánica de los efectos Einstein-de Haas y Barnett podía entonces explicarse [11] en el contexto de la geometría tresespacial, así como la diferencia entre los *estados de acción estacionarios orbitales o de resonancia estables compensados permanentemente* y los *estados orbitales o de resonancia metaestables no compensados* en magnitud astronómica y magnitud subatómica.

La *anomalía del momento magnético del electrón* se analizó y explicó [71] revelando la existencia de una *deriva* asociada al radio de giro de la energía del fotón portador del electrón desde el estado eléctrico $\boldsymbol{\Delta E}$ al estado magnético $\boldsymbol{\Delta B}$, y se comprobó que correspondía a los cálculos de Julian Schwinger [72] relativos a esta supuesta anomalía que efectuó en 1948, proporcionando así inesperadamente el primer indicio que conduce a la explicación de las cargas reducidas de los quarks arriba y abajo.

 © André Michaud

De hecho, cuando se adapto las Ecuaciones (32) y (33) para establecer el radio de giro a la distancia media del estado fundamental del electrón en su orbital de acción estacionaria en el átomo de hidrógeno, el factor g del electrón establecido por primera vez por Schwinger como $\alpha/2\pi$ para esta órbita emerge naturalmente de estas dos ecuaciones:

$$\text{Deriva magnética} = \frac{\delta\mu}{\mu_B} = \frac{\sqrt{4EK + K^2}}{2\pi(2E + K)} = \frac{\alpha}{2\pi} = 1.161386535\,E\text{-}3 \tag{36}$$

E=8,18710414E-14 j que es la energía total en reposo del electrón y *K=4,359743805E*-18 j que es la energía portadora del electrón en el estado fundamental del átomo de hidrógeno, y

$$\text{Deriva magnética} = \frac{\delta\mu}{\mu_B} = \frac{\sqrt{\lambda_C(4\lambda + \lambda_C)}}{2\pi(2\lambda + \lambda_C)} = \frac{\alpha}{2\pi} = 1.161386535\,E\text{-}3 \tag{37}$$

λ_C*=2,426310215E-12* m siendo la longitud de onda Compton del electrón y λ*=4,556335256E-8* m siendo la longitud de onda de la energía inducida al radio de Bohr del átomo de hidrógeno.

Por primera vez en la historia, las constantes del vacío ε_0 y μ_0 se derivaron de los principios primeros en la Referencia [31], y se demostró que la Ecuación (34), además de permitir que todas las ecuaciones de fuerza clásicas se deriven unas de otras, está también en el centro de todas las ecuaciones de la electrodinámica, es decir, todas ellas implican una aceleración de cargas eléctricas.

En efecto, el producto inverso término sobre término – para tener en cuenta la ortogonalidad mutua de los estados electrostático y magnetostático – de las dos ecuaciones vectoriales derivadas de los principios primeros en la Referencia [31], que dan cuenta de las fuerzas transversales eléctrica y magnética mutuamente opuestas que se aplican a un electrón en movimiento en la geometría tresespacial, de acuerdo con la teoría de Maxwell:

$$\frac{\overrightarrow{\mathbf{F_B}}}{\overrightarrow{\mathbf{F_E}}} = \frac{\overrightarrow{4\pi c^2}}{\overrightarrow{4\pi c^2}} \frac{10^{-7}}{10^{-7}} \tag{38}$$

pudo relacionarse con el valor constante que emerge de las ecuaciones diferenciales parciales segundas de los campos magnético y eléctrico instantáneos de una onda electromagnética que se propaga en el vacío con relación a la distancia y al tiempo, inicialmente derivadas por Maxwell, es decir,

$$\frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial x^2} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} \qquad \text{y} \qquad \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial x^2} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \tag{39}$$

Dado que esta constante es el producto de ε_0 y μ_0, cuyo producto es igual a $1/c^2$ por estructura [31], y también que $\varepsilon_0 = 1/4\pi c^2 \cdot 10^{-7}$ y que $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$, convirtiendo la Ecuación (38) a su forma escalar y sustituyendo estos valores por sus símbolos estándar ε_0 y μ_0, la relación de velocidad constante que surge de las ecuaciones de segunda derivada parcial de Maxwell (39) puede obtenerse directamente de la Ecuación (38):

 © André Michaud

$$1=\frac{4\pi c^2 10^{-7}}{4\pi c^2 10^{-7}}=\left(\frac{1}{4\pi c^2 10^{-7}}\right)\frac{\left(4\pi 10^{-7}\right)c^2}{}=\varepsilon_0\mu_0 c^2 \tag{40}$$

Con respecto al cálculo de la velocidad de la luz para fotones individuales, utilizando la longitud de onda de cualquier fotón como única variable necesaria para establecer sus campos ***E*** y ***B*** con las Ecuaciones (21) y (24), la velocidad invariante de la luz se puede calcular sistemáticamente con la siguiente ecuación estándar:

$$c=\frac{\mathbf{E}}{\mathbf{B}} \tag{41}$$

A partir de la ecuación tresespacial de campos que pudo establecerse para el muón en la referencia [73],

$$m_\mu=\left\{\left[\frac{\varepsilon_0 \mathbf{E}_e{}^2}{2}\right]_Y+\left[2\left(\frac{\varepsilon_0\left(\nu_e+\nu_\mu\right)^2}{4}\right)_X\cos^2(\omega t)+\left(\frac{\left(\mathbf{B}_e+\mathbf{B}_\mu\right)^2}{2\mu_0}\right)_Z\sin^2(\omega t)\right]\right\}\frac{V_m}{c^2} \tag{42}$$

se ha podido establecer una mecánica coherente de separación de los pares de neutrinos que reduce la masa del muón metaestable a la masa en reposo del electrón.

Y por último, como desarrollo final relativo a la naturaleza de las partículas elementales estables a nivel subatómico desde la perspectiva tresespacial, la conclusión de Einstein de que la energía debe ser una *sustancia físicamente existente*, y el hecho de que la interacción de Coulomb resulta ser el agente físico que induce esta *sustancia físicamente existente* en forma de *energía portadora electromagnética* en cada partícula cargada en función de la inversa del cuadrado de la distancia entre ellas, se analizó la mecánica del establecimiento adiabático de los estados estacionarios de energía de mayor intensidad y de mínima acción en el universo, las estructuras del protón y del neutrón, lo que condujo a las ecuaciones de campo para las masas electromagnéticas de los quarks arriba y abajo en la referencia [74]:

$$m_U=\frac{E}{c^2}=\frac{V_{m_U}}{c^2}\left\{S_U\left[\frac{\varepsilon_0 \mathbf{E}_U{}^2}{2}\right]_Y+\left(2-S_U\right)\left[2\left(\frac{\varepsilon_0 \nu_U{}^2}{4}\right)_X\cos^2(\omega t)+\left(\frac{\mathbf{B}_U{}^2}{2\mu_0}\right)_Z\sin^2(\omega t)\right]\right\} \tag{43}$$

y

$$m_D=\frac{E}{c^2}=\frac{V_{m_D}}{c^2}\left\{S_D\left[\frac{\varepsilon_0 \mathbf{E}_D{}^2}{2}\right]_Y+\left(2-S_D\right)\left[2\left(\frac{\varepsilon_0 \nu_D{}^2}{4}\right)_X\cos^2(\omega t)+\left(\frac{\mathbf{B}_D{}^2}{2\mu_0}\right)_Z\sin^2(\omega t)\right]\right\} \tag{44}$$

que resultan ser, en la geometría tresespacial, electrones y positrones normales cuyas características de masa y carga están distorsionadas a estos estados modificados debido a las tensiones extremas que les impone la intensidad de sus interacciones mutuas a distancias tan cortas cuando alcanzan los estados finales de equilibrio electromagnético en los que se ven obligados a estabilizarse al establecer la estructura interna estable de protones y neutrones.

Por último, la geometría trispatial permite explicar mecánicamente la creación de protones y neutrones a partir de triadas de las dos posibles mezclas de electrones y positones cuando las circunstancias electromagnéticas locales hacen que sean

 © André Michaud

suficientemente térmicas para tener una energía insuficiente para escapar de sus interacciones mutuas, lo que hace que se aceleren y finalmente se estabilicen como protones o neutrones [74].

Esto completa brevemente la visión general de las principales conclusiones extraídas en la primera serie de artículos publicados de 2000 a 2013 para establecer la estructura interna y las interacciones individuales de los fotones y del conjunto de partículas electromagnéticas elementales cargadas estables de las que están compuestos todos los átomos, en la perspectiva ofrecida por la interpretación inicial de Maxwell, a la luz de la conclusión de Einstein sobre la naturaleza física de la energía como sustancia, de la hipótesis de de Broglie sobre una posible estructura electromagnética interna de los fotones, que, según Einstein, deben ser continuamente localizados, y el descubrimiento de Marmet según el cual el aumento de la masa transversal de los electrones en curso de aceleración observado por Kaufmann solo puede estar relacionada con un aumento simultáneo de su campo magnético transversal.

8. Implicaciones inmediatas para los órdenes de magnitud atómica, macroscópica y astronómica

En 2013 se publicaron otros dos artículos, que ponen en perspectiva las implicaciones inmediatas que se desprenden, a nivel atómico, macroscópico y astronómico, de las conclusiones extraídas a nivel subatómico sobre la estructura electromagnética interna y las interacciones del conjunto de partículas cargadas elementales estables, a la luz de la perspectiva tresespacial [75] [76].

En particular, la intensidad de la energía liberada en forma de tres fotones de Bremsstrahlung altamente energéticos – cada uno siendo estimado estar alrededor de 155 MeV – que deben ser emitidos durante la evacuación de la energía cinética del momentum de cada partícula cargada en aceleración cuando cada triada electrón-positrón-electrón o positrón-electrón-positrón se estabiliza en los estados de acción estacionaria estables en forma de neutrón y protón al final de su secuencia de aceleración [74], ha proporcionado claramente una posible explicación a las temperaturas sostenidas aún inexplicables de 2 a 3 millones de grados Kelvin que se observan a menudo con picos más altos en la corona solar.

Estas temperaturas superiores al millón de grados en la corona del sol son aproximadamente 200 veces las de la fotosfera y la cromosfera del sol. Esta temperatura media extrema en la corona resulta ser *una temperatura de equilibrio* [77], lo que se demuestra por el hecho de que permanece constante a pesar de las enormes pérdidas de energía que sufre la corona a través de los intercambios constantes con la cromosfera, por una parte, y las eyecciones constantes de materia hacia el exterior a través de las eyecciones de masa coronal (CME), lo que significa que estas pérdidas de energía y masa deben ser compensadas obligatoriamente por un proceso coronal interno constante aún no comprendido.

Resulta que según la mecánica de aumento de la energía adiabática proporcionada por la interacción coulombiana, que es función de la inversa de las distancias decrecientes entre las partículas cargadas [8], el trío de fotones de Bremsstrahlung de

 © André Michaud

aproximadamente 155 MeV cada uno, emitidos en el momento de la estabilización final de cada una de las dos triadas iníciales posibles en su configuración final altamente energética de protón o neutrón, se encuentra que corresponde a un aumento de 227 veces del nivel de energía ambiente, lo que cae precisamente en el rango de exceso de energía ambiente observado en la corona solar, y podría mantener estas temperaturas de forma constante si los nucleones se generaran continuamente en la corona durante una reacción en cadena continua de bajo nivel que queda por comprender [75].

Tal proceso permanente de generación de nucleones por reacción en cadena de bajo nivel, que habría estado activo desde que el Sol se encendió, abre incluso la puerta a la posibilidad de que toda la materia que compone el sistema planetario y otros cuerpos de menor importancia en el sistema solar podría haber sido generada localmente, y abre también la puerta a la posibilidad de que aprendamos a controlar este proceso de generación de nucleones como fuente de reacción-masa para necesidades de propulsión y fuente de energía ilimitada para otros fines, como se pondrá más claramente en perspectiva en la **Sección 12**.

La naturaleza adiabática del aumento gradual de la energía de todos los electrones cautivos en los orbitales que definen el volumen de cada átomo, a medida que se ven obligados a acercarse gradualmente a su núcleo atómico central debido a la creciente presión mutua que los átomos ejercen entre sí a medida que aumenta la profundidad. en los cuerpos celestes, también proporciona una explicación para el aumento adiabático de la temperatura con el aumento de la profundidad en la Tierra, que se estima que alcanza los 5100 grados Kelvin en el centro del planeta [78], y también proporciona una explicación mecánica para la causa real de la ignición estelar y la subsiguiente fusión por reacción en cadena de alta intensidad de las masas protoestelares cuando alcanzan el umbral de presión de ignición en su centro durante su fase inicial de acumulación de hidrógeno primordial [76].

Lo que lleva a esta conclusión es que la compresión adiabática sufrida por las escoltas electrónicas de todos los átomos cuando la presión aumenta con la profundidad en los grandes cuerpos celestes como las masas estelares, cuando se alcanza la presión crítica de encendido en sus zonas centrales para que la energía adiabática no liberable inducida en los electrones de los átomos de hidrógeno alcance el umbral de desacoplamiento de 1,022 MeV a una distancia de menos de *0,2E-15* metros de su núcleo protónico, que es el radio del volumen dentro del cual las estructuras de protones y neutrones alcanzan el estado estacionario de mínima acción de la energía más alta que puede establecerse en el universo por la aplicación natural de la fuerza de Coulomb, es decir, el volumen en el que el axialmente la presión aplicada por la energía cinética del momento ΔK de sus subcomponentes cargados se equilibra con la contrapresión mutuamente repulsiva ejercida entre estos subcomponentes por su energía magnética.

Ahora, el exceso de energía además de la masa en reposo de una partícula cargada elemental en movimiento, como el electrón, se ha establecido claramente a partir de los datos de Kaufmann y el análisis de Lorentz, combinados con el descubrimiento de Marmet a la luz de la hipótesis de De Broglie, relativa a una posible estructura electromagnética interna de los fotones en movimiento libre, como teniendo las mismas características electromagnéticas que las de tales fotones, como se analiza en las

 © André Michaud

Referencias [25] [26] [69], la única diferencia siendo que en el caso de un electrón en movimiento, este exceso de energía debe "transportar", por así decirlo, el electrón masivo intrínsecamente inerte al que está vinculado, de ahí el nombre de *foton-portador* adoptado para calificar la energía portadora de un electrón.

Entonces podemos esperar que este fotón-portador, si alcanza el umbral de 1,022 MeV, también es probable que se desacople en un par electrón-positrón, que son totalmente térmicos ya que toda la energía de 1,022 MeV se convierte en sus dos masas de 0,522 MeV/c^2, no podrá escapar de la interacción máxima con el electrón transportado anteriormente, que también se ha vuelto totalmente térmico ya que su energía portadora acaba de desaparecer, el trío comenzará inmediatamente a acelerar debido a sus interacciones mutuas de Coulomb para convertir en un neutrón, liberando los 3 fotones de bremsstrahlung altamente energéticos inherentes al proceso de creación de neutrones, un neutrón que luego formaría inmediatamente un núcleo de deuterio con el protón cercano [76].

Así se iniciaría la reacción en cadena de alta energía que encendería la masa de una protoestrella, una reacción en cadena auto-mantenida debido a la presión ahora en aumento en el centro de la estrella naciente, que luego creará más y más neutrones a medida que aumente la masa de la estrella naciente.

Un aspecto particular de la compresión de los orbitales electrónicos de átomos más grandes que el átomo de hidrógeno, debido a la creciente presión mutua de los átomos entre sí con el aumento de la profundidad en los cuerpos celestes, es que, a diferencia de la reducción de las distancias entre las escoltas electrónicas y el núcleo central de cada átomo involucrado, los nucleones (protones y neutrones) que componen sus núcleos están lo suficientemente alejados dentro de sus escoltas electrónicas como para que esta presión adiabática aplicada desde el exterior de sus escoltas electrónicas individuales sea insuficiente para forzar una contracción similar de las triadas de nucleones situados lejos dentro de sus escoltas electrónicas.

Considerando que si el protón de un átomo de hidrógeno se ampliara teóricamente para alcanzar el tamaño del Sol, su electrón se estabilizaría tan lejos como Neptuno si su distancia media al estado fundamental del átomo de hidrógeno se extendiera en la misma proporción. Entonces, a la inversa, a medida que la presión aumenta con la profundidad en los cuerpos celestes contra las escoltas electrónicas de los átomos vecinos, los núcleos de estos átomos se desplazarán evidentemente más cerca unos de otros a medida que el volumen global de cada escolta electrónica se reduzca.

El resultado lógico sólo puede ser una "*tracción hacia el exterior*" que aumente progresivamente la estructura cargada interna de cada nucleón de todos los núcleos que se aproximen unos a otros, la fuerza de Coulomb aumentando entre ellos a medida que las distancias que separan los núcleos disminuyen, dado que la fuerza induce una energía cinética de momentum en los nucleones orientada hacia el exterior cada vez más importante en cada quark cargado de cada triada. Dado que cada tríada aumenta su radio interno de interacción mutua, su velocidad/energía relativista solo puede disminuir proporcionalmente, reduciendo su masa en reposo total en consecuencia.

La Referencia [76] analiza todos los aspectos de esta variación adiabática de los

 © André Michaud

volúmenes atómicos y nucleónicos – y de las masas relativistas en este último caso – en función del estado local del gradiente gravitacional dependiente de la interacción coulombiana. Los gráficos 3D de la Sección VIII de la Referencia [76] son especialmente instructivos.

Otro resultado inesperado y algo sorprendente de la reactividad inmediata de todas las partículas elementales cargadas cautivas en las estructuras atómicas a cualquier variación de la presión unidireccional aplicada por su energía de momento, es que cuando masas pequeñas se alejan de una masa grande como la Tierra, la "*tracción hacia el exterior*" ejercida sobre sus escoltas electrónicas así como sobre los subcomponentes cargados internos de sus núcleos por la suma de las partículas cargadas que componen los átomos de la gran masa terrestre disminuirá a medida que la pequeña masa gane altura, provocando que la interacción coulombiana mutua interna entre las partículas cargadas dentro de cada átomo de la masa pequeña en retroceso contraiga sus orbitales de electrones hacia sus respectivos núcleos, así como los de los nucleones de los que están compuestos sus núcleos, provocando así que se induzca más energía cinética de momento dirigida hacia el núcleo en cada electrón cautivo de los orbitales a medida que se mueven hacia sus respectivos núcleos

La consecuencia, fácilmente observable en algunos casos, como el de los relojes atómicos cuya periodicidad depende de la frecuencia específica de 9 192 631 770 Hz – medida a nivel del suelo – del fotón de bremsstrahlung emitido cuando un electrón salta a su orbital electrónico hiperfino de referencia después de haber sido excitado para saltar al otro orbital electrónico metaestable de referencia, esto se debe a que los dos orbitales de referencia se acercan a los núcleos de cesio 133 a medida que aumenta la distancia entre la masa terrestre y el reloj, un comportamiento que implica, desde el punto de vista de la relatividad especial, que el tiempo transcurre más rápido a mayor altura, mientras que en realidad, el aumento de la frecuencia del fotón emitido durante el salto de referencia se debe obviamente sólo, desde el punto de vista electromagnético, al hecho de que el salto de referencia se realiza ahora entre niveles de referencia que están ahora más cerca del núcleo de cada átomo de cesio. Esta cuestión también se discute en la Referencia [76].

Otro resultado relacionado es la cuestión aún no resuelta de la llamada "*aceleración residual anormal dirigida hacia el Sol*" de las sondas espaciales Pioneer 10 y 11 en sus trayectorias hiperbólicas que las conducen fuera del sistema solar, un problema que se ha observado que afecta también a otras sondas espaciales [79]. Todas estas naves espaciales se comportan exactamente como si fueran ligeramente más masivas en sus trayectorias que las medidas en la superficie de la Tierra antes de su lanzamiento, lo que también es coherente con el análisis que acabamos de resumir, y que se analizó completamente en la Referencia [76].

Muchas otras observaciones "*aparentemente inexplicables*" también se discuten y analizan en la Referencia [76], que también ofrece un experimento fácil de realizar que podría confirmar la dependencia de las masas de los nucleones en la intensidad local del gradiente gravitacional. Consulte la **Subsección 11.1** más adelante sobre este tema.

Hay que mencionar en contexto que la masa en reposo del electrón, por su parte, no depende de ninguna variación del gradiente gravitacional ya que se trata de una partícula

 © André Michaud

elemental confirmada, en el sentido de que está claramente establecido que no se compone de partículas más pequeñas en interacciones mutuas como protones y neutrones, que no son partículas elementales, pero sistemas de partículas elementales cautivos de sus interacciones electromagnéticas mutuas, al igual que el sistema solar no es un cuerpo celeste, sino un sistema de cuerpos celestes cautivos de sus interacciones electromagnéticas mutuas. La masa en reposo del electrón resulta ser universalmente invariante, independientemente de la intensidad local del gradiente gravitacional.

9. Otros desarrollos a nivel general

De 2016 a 2020 se publicaron otros siete trabajos, todos que fueron seleccionados para su reedición en versión definitiva de 2017 a 2021 como capítulos de colecciones especializadas que preseleccionan trabajos considerados de interés en la oferta mundial, en la que pocos investigadores y estudiantes a nivel doctoral encuentran tiempo para profundizar, para encontrar cualquier novedad relevante para sus respectivas disciplinas. En esta sección se ofrece un breve resumen de los temas tratados en cada uno de estos artículos.

El primero de estos artículos explica las consideraciones seminales que inicialmente condujeron al desarrollo de la geometría maxwelliana aumentada del espacio que surge naturalmente de la interpretación inicial de Maxwell, y al establecimiento de las ecuaciones LC y de campos del fotón en movimiento libre, según la hipótesis de Louis de Broglie sobre el fotón de doble partícula [24], cuya derivación de Marmet había llevado a comprender que necesariamente debe poseer la misma estructura electromagnética interna que la energía portadora de los electrones en movimiento libre [46] [66], publicado inicialmente en 2016 [25], republicado en versión final en 2021 [26].

A éste le siguió en 2016 un segundo trabajo [8] que se volvió a publicar de forma definitiva en 2021 [9], en el que se analizaba en profundidad la naturaleza adiabática de la energía físicamente existente que se induce de forma continua por la interacción coulombiana en todas las partículas cargadas en función de la inversa de las distancias entre ellas, y cuyas cantidades varían de forma infinitesimalmente progresiva a medida que varían las distancias, en suma cuando están en proceso de acercamiento, o en sustracción cuando están en proceso de alejamiento. Este trabajo también propone un experimento de alta tecnología para demostrar la naturaleza adiabática de la energía que resultaría de la aceleración de las tríadas térmicas electrón-positrón-electrón o positrón-electrón-positrón que llevaría a la creación de neutrones y protones desde la perspectiva tresespacial [74]. Véase la **Subsección 11.2**.

A continuación se publicó un artículo de revisión en 2017 [63], reeditado en una versión definitiva en 2020 [64], destinado a poner en perspectiva la suma de los análisis separados presentados en la serie de artículos publicados desde el año 2000, para que sirviera de guía en la monografía publicada en 2017 que estableció las bases de una mecánica electromagnética basada en la interpretación inicial de Maxwell al reunir todos estos artículos [80]. En este trabajo se analiza ampliamente el concepto de "fuerza" aplicable a nivel subatómico a la luz de la posibilidad de que la energía electromagnética sea una sustancia física, tal como concluyó Einstein [23] – véase la **Sección 2** sobre este

 © André Michaud

tema – y se presenta una primera visión del gradiente gravitacional universal que surge de estas consideraciones. Véase la **Sección 13** para un análisis final de la cuestión gravitacional desde esta perspectiva.

En 2017 se publicó el artículo [47], reeditado en versión final en 2021 [48], que pone en perspectiva la suma de lo que el conjunto de los experimentos de colisiones experimentales han revelado sobre las partículas elementales estables y metaestables. También proporciona una visión general de los intentos anteriores de expansión de la geometría espacial para resolver los problemas actualmente sin solución que la geometría espacial 3D-4D parecía insuficiente para resolver, y explica cómo la geometría tresespacial conduce a una primera posible explicación mecánica de la existencia de cargas. A continuación se presenta una visión general del conjunto de las nuevas ecuaciones de mecánica electromagnética que se añaden como complemento de la primera ecuación de mecánica electromagnética, es decir, la ecuación de fuerza de Lorentz, objeto del presente análisis en profundidad.

En 2018 se publicó el artículo [49], reeditado en versión final en 2020 [50], que analiza cómo pueden reconciliarse la mecánica electromagnética, la mecánica clásica/relativista y la mecánica cuántica. Por ejemplo, se propone la primera definición de masa estrictamente a partir de parámetros electromagnéticos:

$$\Delta m_m == \frac{\mu_0 \mathrm{e}^2}{8\pi \mathrm{r_e}} \frac{(\mathbf{E}/\mathbf{B})^2}{c^2} = 2.425337726\mathrm{E}-35\ \mathrm{kg} \tag{45}$$

que es en realidad la Ecuación (16) en la que el parámetro *v* se sustituye por su versión electromagnética ***v=E/B*** – Ecuación (26) – que define la velocidad de los electrones en movimiento, tomando como de costumbre el ejemplo estándar de la energía inducida en el electrón cuando se estabiliza en el estado fundamental del átomo de hidrógeno, Δm_m siendo la contribución de masa relativista de la energía electromagnética en oscilación transversal del fotón-portador del electrón, que, cuando se combina con la ecuación siguiente para calcular la energía del momentum asociada (la velocidad relativista *v=2187647,566* m/s, se utiliza para resolver el factor γ),:

$$\Delta K = m_0 c^2 (\gamma - 1) = 2.17978483\mathrm{2E}\text{-}18\,\mathrm{j} \tag{46}$$

permite establecer la siguiente ecuación para describir la energía total del fotón portador del electrón:

$$\text{Fotón-portador del electrón} = \Delta K + \Delta m_m c^2 = 4.359743805\mathrm{E}-18\mathrm{j} \tag{47}$$

que es el equivalente clásico/relativista directo de la Ecuación LC (27) y de la Ecuación de campos (28), y cuando se adapta como sigue, proporciona la masa longitudinal m_1 medida por Kaufmann según lo establecido por Lorentz:

$$m_1 = \Delta K / \mathrm{c}^2 + \Delta m_m + m_0 \tag{48}$$

Mientras que m_2 se resuelve de la siguiente manera:

$$m_2 = \Delta m_m + m_0 \tag{49}$$

 © André Michaud

La primera explicación mecánica de la estabilidad del átomo de hidrógeno también se propone en este artículo en el marco de la geometría tresespacial. Pone en perspectiva cómo la energía del momentum del electrón aplica constantemente la presión requerida sobre la superficie infinitesimal del punto de apoyo del electrón para mantener en estado de resonancia estable las esferas de energía magnética en oscilación constante de el electrón y de los sub-componentes del protón, que están en repulsión mutua permanente debido al hecho de que sus espines magnéticos están en alineación paralela constante por estructura, tal como se establece en la Referencia [10].

Se describe la simultaneidad de la frecuencia de oscilación invariante del electrón y de la frecuencia de oscilación variable del fotón-portador que debe tenerse en cuenta para establecer la ecuación de onda de batido variable conforme a la mecánica electromagnética para un electrón en movimiento libre y la frecuencia de oscilación variable adicional del protón que debe añadirse a la ecuación de onda de batido variable del electrón en movimiento libre cuando el electrón está cautivo en un estado de resonancia axial en los orbitales atómicos, aunque todavía no se han desarrollado las correspondientes ecuaciones de onda de latido variable.

Dos años más tarde, en 2020, se publicó el Artículo [12], seleccionado el mismo año para ser publicado en versión final [13], que resume todos los aspectos de la mecánica electromagnética del conjunto de partículas electromagnéticas elementales estables a nivel subatómico, que surge de la interpretación inicial de Maxwell. Las consideraciones anteriormente expuestas en las referencias [63] [64] en lo que se refiere a la gravitación también se desarrollan con mayor detalle, incluido el establecimiento de la ecuación energía-momentum tresespacial:

$$E_e = \Delta K + \Delta m_m c^2 + m_0 c^2 \tag{50}$$

La característica principal de las referencias [12] y [13] es la introducción de la mecánica de emisión de un fotón electromagnético de bremsstrahlung cuando un electrón se vuelve cautivo en estado de resonancia orbital en un átomo ionizado, así como la mecánica de absorción de un fotón electromagnético entrante que excita lo suficiente un electrón cautivo para que salte a un orbital metaestable más lejos de donde regresa instantáneamente a su orbital de reposo. Se trata de la mecánica de emisión y absorción de los fotones que Schrödinger y de Broglie intentaron establecer en los años 1920 [55], tal como se pone en perspectiva en las Referencias [49] [50].

En 2020 se publicó también una segunda monografía [81] que reagrupaba y sintetizaba estos tres últimos artículos [63] [49] [12], como introducción al electromagnetismo según la interpretación inicial de Maxwell.

La referencia [81] también relaciona las cuatro ecuaciones electromagnéticas de primer nivel para el orden de magnitud subatómico que se desarrollaron durante la primera ola de derivaciones tras el descubrimiento de Paul Marmet, publicada en 2007 [66] con las 4 ecuaciones de Maxwell sintetizadas por Heaviside para su aplicación en magnitudes atómicas, macroscópicas y astronómicas. Véase el **Apéndice A**.

Por último, en 2021 se publicó un artículo final [82], publicado inicialmente en 2016 [83], que proponía la hipótesis del establecimiento y del crecimiento progresivo del

 © André Michaud

Universo estrictamente a partir de consideraciones electromagnéticas, como sugiere Einstein hacia el final de su vida, describiendo la posibilidad de un aumento adiabático progresivo de la energía en el universo a partir de un hipotético nivel de energía cero en el vacío al comienzo del universo, inspirado en la interpretación inicial de Maxwell, como alternativa al nivel de energía del punto cero conservador estable en el vacío postulado en la teoría de campos cuánticos (QFT) basada en el gauge de Lorenz y la teoría conservadora del Big Bang que emerge de la teoría de la relatividad general de Einstein.

La función del tiempo en el universo también se analiza desde esta nueva perspectiva, y va un poco más allá que la Referencia [12] en el enfoque de la cuestión gravitacional, la referencia [82] describe someramente el campo vectorial tresespacial universal que emerge de la interpretación inicial de Maxwell, como posible alternativa al campo vectorial universal de Hilbert que emerge de la interpretación de Lorenz. Véase también la **Sección 13**.

10. Radio de giro frente a distancia media de resonancia electromagnética

En las teorías de la relatividad especial y general, el concepto de fuerza no existe como tal y se sustituye completamente por el movimiento inercial debido a una curvatura del espacio-tiempo asumida axiomáticamente en la que se supone que las masas astronómicas siguen siempre la curva de mínima acción del espacio-tiempo. Según esta perspectiva, el movimiento inercial sólo puede producirse si un cuerpo no ha alcanzado un estado de acción estacionario a lo largo de la inclinación de una línea geodésica, lo que establece que cualquier variación de la inercia longitudinal de los cuerpos masivos se debe a su movimiento, de ahí su velocidad instantánea durante su aceleración a lo largo de dicha línea geodésica. Según esta perspectiva, la inercia transversal de los cuerpos en movimiento no parece tenerse en cuenta, salvo la variación local de la inercia rotacional de un cuerpo en movimiento.

En cambio, para las partículas cargadas y masivas en electromagnetismo, la energía cinética inducida por la interacción de Coulomb subyacente es fundamental y no depende del movimiento de la partícula, sino estrictamente de su distancia respecto a las otras partículas cargadas. Es la mitad *momentum* de la *energía físicamente presente* que es inducida además de la energía de la cual la masa inerte de la partícula está constituida que hace que la partícula se mueva si las circunstancias electromagnéticas no impiden de alguna manera su movimiento local, en cuyo caso esta energía cinética del momentum aplicaría más bien una presión equivalente en la dirección vectorial a la cual forzaría el electrón a moverse si no fuera obstaculizada.

Cuando un electrón "cargado" se mueve libremente, la masa "relativista" momentánea, constituida por su masa en reposo m_o más el incremento de masa Δm_m proporcionado por la otra mitad de la energía inducida en exceso de la que está constituida su masa en reposo, puede interpretarse a primera vista como dependiente de la velocidad, pero hay que subrayar que su velocidad instantánea en cualquier momento depende únicamente de la cantidad instantánea de energía portadora de momentum ΔK que es adiabáticamente

 © André Michaud

inducida en este momento para el electrón. Véase la Referencia [69].

También hay que señalar que cuando un electrón "cargado" se encuentra cautivo en estado de resonancia en un orbital de un átomo, incluso si el equilibrio electromagnético local no le permite moverse realmente alrededor del núcleo, los dos componentes ΔK y Δm_m de su energía portadora permanecen físicamente presentes, aumentando su masa en el caso del componente electromagnético Δm_m, y aplicando una *presión* hacia el núcleo en el caso de su componente de momentum ΔK, contra la resistencia ofrecida por las esferas de energía magnética alineadas en spin paralelo del electrón y de los subcomponentes elementales del núcleo atómico que se repelen mutuamente [49] [50].

Es debido a su incompatibilidad con esta *presencia física permanente* de energía que varía adiabáticamente con la distancia del momento ΔK del electrón y de su complemento electromagnético transversal Δm_m que los conceptos conservadores clásicos tradicionales del momento, del lagrangiano y del hamiltoniano se vuelven incapaces para dar cuenta correctamente de la estabilidad del átomo de hidrógeno, porque se basan en el concepto tradicional de que el momento depende de la velocidad, momento que se supone desaparecer en favor de una "*energía potencial*" inexistente cuando se impide el movimiento de las partículas. La referencia [63] analiza este tema en profundidad. En un contexto electromagnético, una velocidad expresada no es una causa, sino un efecto cuya expresión depende de la libertad de movimiento permitida a una masa "cargada" por el estado de equilibrio electromagnético local. Véase la Sección 10.8 de la Referencia [80] sobre esto.

Otro ejemplo de lo que se puede entender al percibir más claramente que la energía portadora de las partículas elementales cargadas es una *sustancia físicamente existente* es el siguiente. En el hielo, por ejemplo, la energía de momentum de las moléculas individuales está, obviamente, completamente obstaculizada, pero cuando se alcanza el punto de fusión, algún movimiento de las moléculas se hace posible y la presión aplicada por su energía de momentum puede ahora expresarse como un movimiento contra la resistencia ahora debilitada de las moléculas circundantes, permitiendo que las moléculas se muevan fácilmente unas respecto a otras en la masa ahora líquida. Esto proporciona una explicación mecánica para el movimiento de las partículas microscópicas observadas en los líquidos, conocido como movimiento browniano, ya que estas partículas microscópicas – relativamente gigantes comparadas con las moléculas individuales de las que se compone el líquido – son constantemente golpeadas ahora por las moléculas del líquido circundante que se mueven ahora más libremente [27] [28]. En el estado gaseoso, cada molécula está ahora libre de obstáculos, y la energía cinética de momentum ΔK de cada molécula puede expresarse completamente como una velocidad.

Otro ejemplo de la inversión causa/efecto implicada en un conocido proceso físico, considerado desde el punto de vista electromagnético, es el caso de la compresión adiabática de gases. La compresión adiabática se define clásicamente como la que provoca el aumento de la temperatura de un gas, mientras que desde el punto de vista electromagnético se puede entender que es la reducción del volumen en el que está atrapado un gas la que provoca el aumento de la temperatura, al provocar que las moléculas de gas – todas compuestas por partículas elementales cargadas – se acerquen entre sí, cada una de ellas experimentando en consecuencia un aumento adiabático de su

 © André Michaud

energía portadora, lo que aumenta su cantidad de energía de momentum, por lo tanto su velocidad y su inercia longitudinal, lo que a su vez provoca el aumento de la presión que ejercen sobre las paredes del recinto.

Siempre que en este documento se utilice el término "traslación" para simplificar con respecto a los electrones o a los quarks arriba y abajo cautivos en estados estables de resonancia electromagnética en orbitales dentro de los átomos y los núcleos, debe tenerse en cuenta que dicho movimiento de traslación es, en el mejor de los casos, teórico, y que el término implica únicamente que la energía necesaria para sostener potencialmente dicho movimiento de traslación se induce permanentemente en la partícula, y puede soportar con la misma facilidad una oscilación de resonancia axial de la partícula alrededor de la distancia media de su volumen de resonancia orbital desde el centro del átomo, una oscilación axial mantenida por la presión ejercida hacia el núcleo por su energía de momento que impide que las esferas de energía de espín magnético paralelas que se repelen mutuamente del electrón y del núcleo se separen entre sí (Véanse las referencias [49] o [50]).

Por lo tanto, dado que la misma cantidad de energía se induce adiabáticamente en un electrón cargado, que realmente orbita alrededor del protón en un átomo de hidrógeno aislado, como de Broglie supuso, o simplemente oscila localmente en resonancia axial, como lo revela la perspectiva del electromagnetismo, no se introduce ningún error conceptual o matemático refiriéndose al electrón como oscilante en una órbita cerrada, sobre la cual la energía del momentum se expresa en forma de una *velocidad*, o simplemente oscilando localmente de manera axial hacia el núcleo, durante el cual la energía del momentum se expresa en forma de una *presión* hacia el núcleo del átomo, siendo los dos casos límite del mismo proceso. Véase la Referencia [71].

Entonces, en contexto, aunque la ecuación de fuerza de Lorentz se ha desarrollado con éxito para tener en cuenta y controlar las velocidades y trayectorias relativistas reales de los electrones en movimiento, también puede tener en cuenta el movimiento de resonancia axial de los electrones y de los subcomponentes cargados de los nucleones, si se les impide de realmente moverse en órbitas cerradas dentro de los átomos.

La referencia ([44], Ecuación (3.38)) proporciona la ecuación estándar utilizada en todos los aceleradores de circuito cerrado de alta energía existentes, incluido el LHC activado recientemente, para calcular el radio de una órbita cerrada para una partícula cargada (consulte también la Referencia [72] para más desarrollos). Esta ecuación se estableció asociando el segundo término de la ecuación de fuerza de Lorentz, es decir, la Ecuación (2) desarrollada por Heaviside, con la ecuación fundamental de aceleración $F=ma$:

$$\mathrm{F} = q(\mathbf{v}\times\mathbf{B}) = ma = \frac{\gamma m_0 v^2}{r} \tag{51}$$

en la cual, aislando el radio de la órbita que se va a establecer y simplificando, da la ecuación siguiente:

$$\mathrm{r} = \frac{\gamma m_0 v}{q\mathbf{B}} \tag{52}$$

 © André Michaud

En el que el campo magnético ***B*** de la partícula en movimiento se puede calcular con la ecuación (22). La característica interesante de esta ecuación estándar, destinada a calcular las órbitas circulares reales de las cargas en movimiento libre, es que es directamente adaptable para calcular la distancia media de los volúmenes de resonancia de los orbitales electrónicos con respecto a sus núcleos centrales, que el electrón se encuentra en órbita posible alrededor del núcleo como en el caso de un átomo de hidrógeno aislado [84] o simplemente sea localmente cautivo en resonancia axial, utilizando la masa en reposo invariante y la carga invariante del electrón:

$$\mathrm{d} = \frac{\gamma m_0 v}{e\mathbf{B}} \tag{53}$$

Como ejemplo de la utilidad potencial de usar esta ecuación para este propósito, el **Apéndice B** presenta en la **Tabla 1** la lista de los radios atómicos estimados para todos los átomos aislados en la tabla periódica, calculados usando la Ecuación (53).

11. Experimentos de confirmación

Por supuesto, un análisis que lleva a la conclusión de que incluso las masas macroscópicas aumentan con la velocidad, en contradicción con el hecho observado de que ningún experimento con masas macroscópicas realizado en la superficie de la Tierra ha dado nunca el menor indicio de esta posibilidad, debido a su demasiado bajas velocidades posibles, aunque, a pesar de la falta de conciencia en la comunidad de físicos actuales – por falta de referencias – que todos los físicos de principios del siglo 20 han verificado, entendido y convenido que la masa del electrón aumentó efectivamente con la velocidad según los datos recogidos por Kaufmann, exige más pruebas que un simple razonamiento lógico y referencias a los relatos históricos formales de estos acontecimientos, que ocurrieron hace más de un siglo.

Especialmente porque el mismo razonamiento lógico revela que la masa en reposo de los cuerpos macroscópicos sólo puede variar con la intensidad del gradiente gravitacional local, y que esta variación, de confirmarse, descalificaría definitivamente la conclusión de los experimentos de 1972 de Hafele y Keating [85], que afirma que el aumento de la frecuencia de los fotones de referencia de los átomos de cesio con el aumento de la altitud demuestra que la "velocidad" del "flujo del tiempo" aumenta con la distancia entre el reloj y la gran masa de la Tierra, sino que demostraría que este aumento de la frecuencia de los fotones de referencia se debe simplemente al aumento perfectamente natural de la masa de los nucleones de cesio con el aumento de la distancia a la Tierra, que a su vez acerca todos los orbitales de los electrones de los núcleos de cesio del reloj en respuesta, lo que hace que la energía, y por lo tanto la frecuencia, de los fotones de referencia aumente, dejando el elemento tiempo completamente fuera de la imagen.

Es muy comprensible que tales dudas predominen en la comunidad, dado que cualquier aumento de la masa macroscópica que pueda medirse con la velocidad sólo podrá comenzar a medirse si las velocidades alcanzables con masas macroscópicas son mucho más elevadas que las posibles a nuestro nivel macroscópico, ya que deberían alcanzar los 2000 km/s para ser mensurables, lo cual es fácil para los electrones a nivel

 © André Michaud

subatómico, como lo revelan los datos de Kaufmann. Así como es comprensible que los físicos de principios del siglo XX pudieran concluir que tal aumento de masa solo afectaba al nivel subatómico, dada la imposibilidad de detectar tal aumento de masa para los cuerpos macroscópicos.

Pero ahora tenemos tales indicios, incluso a nivel macroscópico, que no estaban disponibles hace 100 años, que fueron proporcionados por el comportamiento de las sondas espaciales Pioneer 10 y 11 en sus trayectorias de salida del sistema solar [86] [87] [88] [89], en parte debido a sus velocidades mucho más altas que las que son posibles aquí en la Tierra, en relación con al hecho de que su masas se midió antes del lanzamiento aquí en la Tierra antes de que fueran elevados en altitud para luego viajar en el espacio profundo, lejos de cualquier gran masa planetaria. Cabe señalar que el comportamiento observado con las naves espaciales Pioneer 10 y 11 también caracteriza el comportamiento de todas las otras naves espaciales, incluso los cuerpos naturales en el sistema solar [79].

En 2013 se propuso un experimento de muy baja tecnología y fácil de realizar [76], mencionado de nuevo en 2016 [8] y 2021 [9], que podría demostrar simultáneamente que las masas en reposo m_o de los átomos aumentan cuando disminuye la intensidad del gradiente gravitacional local, como cuando se elevan pequeñas masas macroscópicas en altitud lejos de la superficie de la Tierra, y que la velocidad del paso del tiempo no está relacionada con el proceso, puesto que es imposible que las masas de los dos tipos de átomos previstos como masas de prueba en el experimento aumenten según diferentes velocidades temporales mientras que son simultáneamente elevados en altitud.

Obsérvese que este experimento también se propuso en un documento presentado al *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM) y al *National Institute of Standards and Technology* (NIST) a principios de marzo de 2011 [90].

11.1 El experimento de la balanza de platos

Si los protones y neutrones son en realidad tríadas de electrones y positrones que han acelerado hasta alcanzar un estado de equilibrio electromagnético de acción estacionaria estable en un volumen cuyo radio es del orden de 1,2E-15 m, que deformaría sus características de masa y carga en las observadas después de que se estabilicen en el estado de quarks arriba y abajo, esto significaría que la mayor parte de las masas de los nucleones no puede ser más que de naturaleza relativista ya que las gamas de masas posibles comprobadas de los quarks arriba y abajo que componen su estructura interna colisionable se han confirmado experimentalmente como subiendo apenas 2% de la masa total del protón y 2.4% de la masa total del neutrón. Véanse las Referencias [74] y [91].

Esta masa relativista debe entonces asociarse a las velocidades altamente relativistas o niveles de energía portadora – ver **Sección 10** – que los quarks arriba (presumiblemente positrones acelerados) y los quarks abajo (presumiblemente electrones acelerados) deberán mantener en los radios axiales medios muy cortos a los que este estado de equilibrio electromagnético obligue a estabilizarse. Estas *velocidades/niveles-de-energía-portadora* y todos los demás parámetros relacionados se analizan en la Referencia [74].

 © André Michaud

Dado que las velocidades relativistas – o niveles de energía – de sus sub-componentes internos cargados y masivos estarían involucrados, esto significa que las masas mensurables de protones y neutrones dependen directamente de la intensidad local del gradiente del campo coulombiano local que establece y mantiene el nivel de energía portadora de sus subcomponentes cargados.

Por lo tanto, si una pequeña cantidad de átomos se aleja de una gran masa como la de la Tierra, estas distancias entre los quarks cargados dentro de los núcleos de la pequeña cantidad disminuirán ligeramente a medida que la distancia entre esta pequeña cantidad y la Tierra aumente, debido a la disminución de la atracción hacia el exterior ejercida por los quarks cargados de los átomos que constituyen la gran masa de la Tierra en función del aumento de la distancia, lo que provocará inevitablemente un aumento de las *velocidades-relativistas/ niveles-de-energía-portadora* en los nucleones de la pequeña masa en proceso de alejamiento, lo que a su vez se traducirá en un aumento del componente de energía relativista de esta pequeña masa, y por lo tanto de su masa mensurable.

Esto también significa que los núcleos menos densos de átomos de litio o magnesio, por ejemplo, son susceptibles de tener un gradiente de contracción de sus nucleones hacia la densidad máxima en el espacio lejano – lejos de cualquier gran masa – que sería más pronunciado que el de los elementos más densos como el uranio o el osmio, cuando la intensidad del gradiente del campo coulombiano ambiente disminuye mientras que se alejan simultáneamente de la superficie de la Tierra, dado que contienen mucho menos nucleones en volúmenes del mismo orden. Se estima que el diámetro de los átomos más densos es solo 3 veces mayor que el del hidrógeno, por lo que la proporción de volúmenes entre los metales de menor densidad y de mayor densidad será aún menor. Véase la **Tabla 1**.

Esto se puede comprobar de una manera muy simple. Bastaría con una balanza de platos para realizar el experimento, en el que dos masas iguales de elementos de densidades muy diferentes estarían en perfecto equilibrio al nivel del suelo, o mejor aún, al fondo del pozo de mina lo más profundo posible. Este conjunto se elevaría luego en altitud.

¿Por qué no 10 km, como se hizo en el primer experimento con relojes atómicos de cesio por Hafele y Keating [85]? Si los gradientes de contracción de los nucleones son realmente diferentes para los elementos de baja y alta densidad, como hemos supuesto aquí, entonces la meseta que contiene el elemento de baja densidad debería bajar durante al menos un momento durante la ascensión, demostrando que este elemento de baja densidad se volvía al menos momentáneamente más masivo que el otro. Se obtendría entonces la prueba de que las masas en reposo de los nucleones varían en función de las variaciones locales del gradiente gravitacional. La consecuencia de este aumento de la densidad de los nucleones con el aumento de la altitud será obviamente un estrechamiento de todos los orbitales electrónicos alrededor de los núcleos ahora más masivos.

El hecho de que dos tipos de átomos de dos densidades diferentes presenten diferentes tasas de aumento de la masa en reposo con el aumento de la distancia respecto a la masa

 © André Michaud

terrestre confirma también que la velocidad del paso del tiempo no puede estar implicada de ninguna manera, puesto que los dos tipos de átomos presentan estas tasas de aumento de la masa en reposo diferentes mientras que simultáneamente son elevados en altitud.

Este experimento también demostraría sin duda posible que velocidades relativistas variables y/o niveles de energía portadora variables están involucrados dentro de los nucleones, lo que daría definitivamente sustancia a la posibilidad de que los nucleones pudieran crearse mediante el proceso de aceleración adiabática, aparentemente irreversible, autorizado desde la perspectiva que emerge de la interpretación inicial de Maxwell [74].

11.2 Inversión del proceso adiabático de creación de nucleones

Además de la experiencia de baja tecnología descrita anteriormente, Un experimento de alta tecnología también podría ser llevado a cabo para confirmar directamente que los quarks arriba y abajo son en realidad simples electrones y positrones cuyas características de masa y carga son alteradas por las tensiones extremas que les son impuestas por los estados de equilibrio de acción estacionaria más energéticos a los que puedan verse obligados por su interacción electromagnética mutua, o bien los estados estables de protón y neutrón.

Por supuesto, dado que los protones y los neutrones son estados estables, el proceso de aceleración adiabática que hace que aumente la energía de se suma para finalmente acumular su masa en reposo parece no ser reversible. Pero, dado que el establecimiento de un átomo de hidrógeno implica la estabilización de un electrón en su orbital de mínima acción alrededor de un protón según el proceso adiabático descrito en las Referencias [8] [9], acompañado de la eyección de un fotón de bremsstrahlung de 13,6 eV que podemos detectar, y que este proceso puede revertirse forzando la eyección de este electrón cuando se imparte la misma cantidad de energía de 13,6 eV al electrón, se puede suponer que el establecimiento de estructuras nucleónicas a partir de tríadas de los dos posibles combinaciones de electrones y positrones térmicos podrían estar sujetas al mismo proceso adiabático de reversibilidad.

Si una combinación de un electrón térmico y dos positrones térmicos es realmente responsable de establecer la estructura del protón después de su estabilización en forma de un quark abajo y de dos quarks arriba, de acuerdo con las conclusiones extraídas de la perspectiva tresespacial, parecería lógico por semejanza que pudieran ser expulsados, recuperando sus características de carga y masa normales, si una cantidad de energía fuera comunicada al protón, igual a la que se liberó como tres fotones de bremsstrahlung de alta energía cuando la tríada se estabilizó en el estado final de protón.

Esto podría lograrse teóricamente mediante la absorción simultánea por un protón inmovilizado de 3 fotones con una energía ligeramente superior a 154,8696007 MeV [74], sea la energía de momentum con la que cada electrón y positrón entrante poseía adiabáticamente en el momento de la estabilización final, y que habría sido liberada como tres fotones de bremsstrahlung, cuando la tríada se estabilizó como los componentes internos cargados que establecieron la estructura estable del protón.

 © André Michaud

Asimismo, para el neutrón, la absorción teórica simultánea de 3 fotones con una energía ligeramente superior a 155,2289185 MeV [74] debería liberar en este caso también el positrón y los 2 electrones cautivos, dando lugar a la reducción adiabática a cero de la energía adiabática no liberable que habían acumulado durante su aceleración inicial.

Sin embargo, en la práctica, dada la dificultad inherente a la producción y al guiado de precisión de tales fotones de alta energía, es posible prever la utilización de un mayor número de fotones de menor energía, equivalentes o superiores a la energía de liberación requerida de 465 MeV, absorbidos simultáneamente por un protón blanco inmovilizado, procedentes de redes de láseres de alta potencia.

Si tuviera éxito, un experimento de este tipo que expulsaría simultáneamente los tres subcomponentes internos de un protón colisionables como un electrón y dos positrones detectables en movimiento libre, *acompañado de la desaparición de la energía no liberable inducida adiabáticamente* que constituía la mayor parte de la masa en reposo del protón, constituiría una prueba física fuera de toda duda de la realidad de los procesos descritos en este análisis, y que los quarks arriba y abajo no son en realidad más que positrones y electrones normales cuyas características de masa y carga se ven alteradas por las coacciones que les imponen estos estados de equilibrio axial de acción estacionaria electromagnética más energéticos que los electrones y positrones pueden alcanzar en la naturaleza, y al mismo tiempo aportaría la evidencia de que la energía inducida por la interacción coulombiana es de naturaleza adiabática.

12. Nuevas fuentes potenciales de energía

Volviendo a la breve descripción de lo que está sucediendo en la corona solar presentada en la **Sección 8**, la posibilidad de que las temperaturas de más de un millón de grados en el plasma de la corona solar se deban a una especie de reacción en cadena lenta y permanente que generaría continuamente nucleones tal como se analiza en la Referencia [75], el establecimiento de cada uno de las cuales que libera la energía que mantiene estas temperaturas lleva a pensar, por supuesto, que este proceso, si se confirma, podría ser controlado a nuestro favor [76].

12.1 El motor corona

No es difícil imaginar lo que podría llegar a ser posible si fuéramos capaces de fabricar sistemáticamente protones y neutrones muy masivos a partir de pares electrón-positrón mucho menos masivos generados por el desacoplamiento de simples fotones electromagnéticos sin masa de 1,022 MeV [74], que el modelo de los tres espacios sugiere claramente es una posibilidad innegable para explicar las temperaturas extremas de la corona como se analiza en la Referencia [75], lo que equivale a hacer materia a partir de energía, en lugar de extraer penosamente energía de la materia como ha sido nuestra única posibilidad hasta ahora.

Para hablar francamente, y sin siquiera tener en cuenta el aumento de 227 veces de la energía libre que resultaría de cada creación de nucleón, controlar en un primer paso tal

 © André Michaud

proceso de conversión de dos fotones de 1,022 MeV en 2,044 MeV/c^2 de masa (dos pares electrón-positrón) y, en una segunda etapa, convertir adiabáticamente estos 2 MeV/c^2 de masa en aproximadamente 938 MeV/c2 de masa efectiva, es decir, un átomo de hidrógeno, es decir, un protón con su electrón asociado, o alternativamente un neutrón con un positrón libre en reserva) por un proceso de aceleración totalmente natural e irreversible, nos proporcionaría aproximadamente 470 veces nuestro apuestas en término de masa.

Con toda probabilidad, la solución consistiría fundamentalmente en bombardear blancos delgados de materiales aún por identificar con cantidades masivas de fotones altamente enfocados de una energía exacta de 1,021 998 MeV, de modo que los pares generados sean inmediatamente térmicos y no tengan energía de momentum para escaparse el uno del otro mientras que siendo producidos en concentraciones y proximidad suficientemente altas para que las triadas tengan una ocasión iniciar el proceso de aceleración debido a sus interacciones mutuas.

En cuanto a la exploración espacial, es posible prever sistemas de propulsión alimentados por tales fotones sin masa, una especie de "motor corona" que expulsaría materia fundamentalmente creada a partir de energía pura en cantidades tan enormes que podría preverse una aceleración constante de hasta 1 g, en naves espaciales cuya masa ya no sería un factor, tal como se presenta en la Referencia [76].

Sería posible diseñar los cascos de los buques tan gruesos como sea necesario, perfilarlos y magnetizarlos para proteger eficazmente a las tripulaciones contra las radiaciones cósmicas y otras partículas, producidos principalmente cuando los protones de alta energía de la radiación cósmica chocan con el casco, a velocidades altamente relativistas que podrían ser alcanzadas.

Los viajes a las regiones más alejadas del sistema solar podrían reducirse a unos pocos meses, mientras que los viajes a Marte con fines de colonización se reducirían a unas pocas semanas. Las estrellas más cercanas podrían ser alcanzadas de ida y vuelta dentro del plazo compatible con la duración de una vida humana.

Vale la pena señalar que la nueva generación de láser de electrones libres (FEL "wigglers") es ya un tipo de acelerador que posiblemente podría modularse para generar haces coherentes precisos de fotones de bremsstrahlung a la frecuencia umbral necesaria para la posible producción de pares cuando se dirigen a un material objetivo adecuado.

Ya en 2009, los experimentadores lograron acelerar de forma estable haces de electrones consistentes a energías de ~0,8 MeV bombardeando un blanco de dióxido de silicio con un sistema de impulsos láser dobles altamente colimados a una frecuencia de 500 veces por segundo [92].

Esto significa que si las conclusiones que, según este análisis, emergen de la interpretación inicial de Maxwell, corresponden a la realidad, el día no está lejos de alcanzar el umbral mágico de energía de los fotones-portadores de 1,021 998 MeV, generados por haces de electrones coherentes con dispositivos simplificados que serán más fácilmente adaptables a la miniaturización y a la motorización de naves espaciales, y nos proporcionarán una fuente de energía disponible en cantidades ilimitadas cuando esté completamente controlada.

 © André Michaud

12.2 El proceso de ignición de las estrellas

El presente análisis revela que solo dos intensidades estables de resonancia de acción estacionaria de la energía electromagnética fundamental pueden asociarse a la masa a nivel subatómico, es decir, el nivel de intensidad energética de la masa del electrón y el nivel de intensidad energética de las masas de los nucleones.

El primer nivel de intensidad energética estable, que implica el establecimiento de las masas de electrones y positrones a partir de la energía de fotones en movimiento libre, es totalmente reversible y no implica ningún componente adiabático [16]. El segundo nivel de intensidad energética estable, que implica el establecimiento de protones y neutrones, parece teóricamente totalmente reversible, e implica un componente adiabático, hasta ahora insospechado, que abre una perspectiva muy prometedora [74].

Con respecto al proceso de ignición de las estrellas, también discutido en la **Sección 8**, relacionado con el nivel crítico de compresión de los átomos de hidrógeno situados en el centro mismo de las acumulaciones de masa de las protoestrellas, que hace que los fotones portadores de electrones de los átomos de hidrógeno alcancen el umbral preciso de energía de disparo de desacoplamiento de 1,021 998 MeV, que acerca el fotón-portador lo suficiente al protón central de cada uno de estos átomos para que se desestabilice inmediatamente y se convierta en el par electrón-positrón totalmente térmico necesario que puede desencadenar inmediatamente el proceso de creación de neutrones para cada átomo implicado al combinarse con el electrón transportado ahora también térmico, es dudoso que tal presión pueda mantenerse en el valor exacto requerido para que permanezcan totalmente térmicos, salvo fugazmente, en cualquier intento de reproducir este proceso de forma continua.

Sin embargo, existe un proceso en dos etapas, que ya está ampliamente al alcance de nuestras capacidades tecnológicas actuales y que consiste en acelerar primero haces de electrones coherentes hasta la velocidad precisa requerida para que sus fotones portadores alcancen el umbral crítico de disociación energética de 1,021 998 MeV, que en julios equivale a 1,637420828E-13 J.

Tal como se analiza en la Referencia [76], este nivel de energía del fotón portador del electrón se alcanza a la velocidad crítica fantástica de 259 627 884 m/s, o sea 86,6% de la velocidad de la luz. Si estos electrones son inducidos a interactuar con un material catalizador que simula la proximidad de los núcleos de hidrógeno en la zona central de las estrellas, Esto debería dar lugar a aglomeraciones de núcleos de deuterio que podrían utilizarse para mantener la fusión del hidrógeno si se combinan con el proceso analizado para la corona.

Los lectores familiarizados con los aceleradores de alta energía saben muy bien que tales velocidades se alcanzan fácilmente e incluso se superan con creces hasta el 99,99... % de la velocidad de la luz para los haces de electrones colimados en los anillos de almacenamiento de los aceleradores de sincrotrón y en los aceleradores Betatron, desde la década de 1960 para sincrotrones y desde la década de 1940 para el diseño del Betatron [93].

La siguiente pregunta viene a la mente: ¿No deberíamos haber observado este

 © André Michaud

fenómeno de generación de neutrones con suficiente frecuencia para estas velocidades críticas y supercríticas? ¡Es muí probable que la producción ocasional y aleatoria de nucleones se haya observado con bastante frecuencia como un subproducto fugaz de experimentos de colisión realizados para observar resultados de experimentos realizados con otros fines!

En este punto hay que comprender que el desacoplamiento en pares de fotones-portadores de electrones a alta velocidad no depende únicamente de que los electrones hayan alcanzado la velocidad crítica. Una cierta condición desestabilizadora debe estar presente para activar el proceso a la velocidad de disparo precisa requerida, de lo contrario se superará esa velocidad, lo que impedirá inmediatamente que cualquier par generado permanezca lo suficientemente térmica para que las triadas se capturen mutuamente y comiencen a acelerar. Es bien sabido que los electrones pueden ser empujados tan lejos en la zona de velocidades supercríticas como la tecnología permite sin que se produzca ningún desacoplamiento de su energía portadora.

Sin embargo, a la velocidad crítica precisa requerida, la menor interferencia con la trayectoria de un haz de electrones por cualquier otra partícula que se encuentre cerca del haz, ya sea parásita o planificada, puede desencadenar el desacoplamiento. Los rastros explosivos de tales ocurrencias han debido ser registrados durante las últimas cinco décadas y estos registros siguen estando disponibles para un posible re-estudio.

Pero dado que el objetivo tradicional de todos los experimentos realizados en aceleradores de alta energía han sido intentos de detectar los partones más masivos que la tecnología permitía, estas colisiones se han efectuado tradicionalmente a la velocidad más alta posible. La energía de los fotones-portadores de los haces de partículas supera sistemáticamente la cantidad precisa de 1,021 998 MeV que debe mantenerse para que el proceso se active, lo que hace dudoso que más de unos pocos neutrones errantes habrían sido producidos directamente, lo que parece ser precisamente lo que se ha observado [94]. Véase también la Referencia ([67], Sección 20.2).

13. Gravitación

Ahora que todos los aspectos de la ecuación de fuerza de Lorentz se han explicado claramente con respecto a la dirección del movimiento en la que el electrón es propulsado por la energía del momentum de su fotón-portador, una energía de momentum que aplica su presión perpendicular contra la superficie ds casi puntual *ds* del punto de apoyo que la une a su complemento de energía longitudinalmente inerte de los campos ***E*** y ***B*** oscilando transversalmente, además de contra la energía invariante e también longitudinalmente inerte de la masa en reposo del electrón, la cuestión de la gravitación en el universo puede por fin ser abordada desde esta perspectiva.

De hecho, el propio Einstein preparó el terreno para que esta cuestión se resolviera desde el punto de vista electromagnético cuando concluyó en su cuarto artículo de 1905 [23] que cuando un cuerpo emite energía en forma de radiación, su masa disminuye en consecuencia (véase la **Sección 2**).

Dado que, según el simple sentido común, si la masa de un cuerpo macroscópico está

 © André Michaud

constituida por una *sustancia físicamente existente*, lo que queda demostrado por el hecho de que ocupa de manera verificable un volumen en el espacio que ninguna experimentación permite desmentir, también puede concluirse que si se retira de este cuerpo cualquier cantidad de esta sustancia físicamente existente, lo que provoca una disminución de la masa de este cuerpo, esta cantidad retirada deberá seguir existiendo como *sustancia existente físicamente* después de su retirada.

La conclusión de Einstein a este respecto debe vincularse a una conclusión de su artículo anterior sobre la creación y transformación de la luz en energía cinética [20]:

> *"Nach der Auffassung, daß das erregende Licht aus Energiequanten von der Energie* (R/N)*β*ν *bestehe, läßt sich die Erzeugung von Kathodenstrahlen durch Licht folgendermaßen auffassen. In die oberflächliche Schicht des Körpers dringen Energiequanten ein, und deren Energie verwandelt sich wenigstens zum Teil in kinetische Energie von Elektronen. Die einfachste Vorstellung ist die, daß ein Lichtquant seine ganze Energie an ein einziges Elektron abgibt; wir wollen annehmen, daß dies vorkomme. Es soll jedoch nicht ausgeschlossen sein, daß Elektronen die Energie von Lichtquanten nur teilweise aufnehmen."*

Traducción:

> *"Si se considera que la luz incidente está constituida por cuanta de energía (R/N)ν, la generación de rayos catódicos por la luz puede entenderse como sigue. Los quanta de energía penetran en la capa superficial del cuerpo y su energía se transforma al menos parcialmente en energía cinética de los electrones. La hipótesis más simple es que un quantum de luz transfiere toda su energía a un solo electrón; asumiremos que es así. Sin embargo, no se excluye que los electrones absorban solo parcialmente la energía de los cuantas de luz.*"

Obviamente, consideraba que los cuánta de energía entrante se convierten en energía cinética de momentum de una manera que simplemente lo agrega a la energía cinética de momentum que los electrones podrían haber poseído antes, es decir, un proceso de absorción mecánica que se ha analizado y explicado en las Referencias [12] [13], tal como se ha expuesto anteriormente. Esto significa que la energía cinética de los fotones entrantes solo puede ser de la misma naturaleza que la energía cinética de momentum previamente poseída por el electrón.

Ahora está claro que esta energía cinética de momentum que el electrón poseía anteriormente es inducida por la interacción coulombiana, ya que los electrones son partículas cargadas. Y esto es lo que establece el vínculo de identidad entre *el concepto clásico de energía cinética de momentum*, y *el concepto electromagnético de energía electromagnética de momentum*, una energía electromagnética de momentum que ahora sabemos que representa solo la mitad de la cantidad total de energía inducida por la interacción coulombiana, y "*cuando es emitida por un cuerpo en forma de radiación, provoca una disminución de su masa* [longitudinal]", como concluyó Einstein en su cuarto artículo de 1905 [23].

 © André Michaud

Esto a su vez significa que esta energía electromagnética de momentum solo puede ser una "*sustancia físicamente existente*" que sigue existiendo mientras que los electrones están cautivos de las estructuras atómicas antes del momento en que se emite en forma de radiación, una condición que Einstein identifico con respecto a los cuerpos macroscópicos como *causando una disminución de la masa del cuerpo* [23], y que cuando esta energía electromagnética de momentum es incapaz de manifestar su existencia como una velocidad del electrón, por lo tanto, solo puede ejercer la *presión* correspondiente en la misma dirección vectorial.

La pregunta ahora es: ¿*Presionar* a qué exactamente?

En el caso del electrón de comportamiento cuasi-puntual, esta presión obviamente se ejercerá contra la ubicación del punto que se sabe que ocupa el electrón en el espacio siempre que se registre como un punto cuasi-puntual en colisión con cualquier otra partícula elemental, una ubicación cuasi-puntual que debe coincidir lógicamente con el centro del cuanto de energía del que consiste la masa en reposo medible del electrón.

Esta ubicación casi puntual puede ser representada matemáticamente como una superficie infinitesimal *ds*, tal como fue presentada por primera vez en la **Sección 3**, una superficie infinitesimal idealizada que representa el punto de apoyo real, o "*punto de aplicación*" sobre el cual la energía del momentum ejerce su presión sobre el centro del quantum de energía del electrón.

Veamos ahora cómo este punto de aplicación de la presión del momentum de un fotón o de un fotón-portador puede ser representado en la geometría tresespacial.

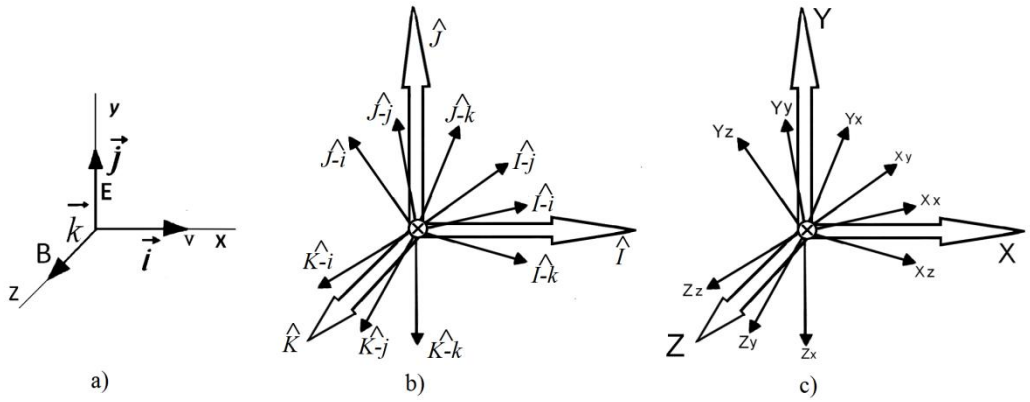

Figura 1: Los conjuntos de vectores mayores y menores aplicables a la geometría tresespacial.

Con referencia a la **Figura 1**, el producto vectorial cruzado de los campos ***E*** y ***B***, que da como resultado un tercer vector perpendicular a los dos primeros, es una referencia muy familiar en la comunidad de físicos (**Figura 1-a**). Para establecer la geometría tresespacial, cada uno de estos tres vectores lineales debe expandirse en un espacio vectorial 3D completo propio (**Figuras 1-b** y **1-c**), con el espacio-Y representando un "*espacio electrostático*" idealizado, en el que la energía tiene las características eléctricas, mientras que el espacio-Z representa un "*espacio magnetostático*" idealizado, que será el asiento de todas las características magnéticas de la energía, y finalmente el espacio-X

 © André Michaud

que representa el "*espacio normal*" idealizado en el que la energía cinética del momento permanece localizado en modo unidireccional constante, aplicando una *presión* al punto de unión central donde los tres espacios vectoriales mutuamente perpendiculares se encuentran en el centro de cualquier cuanto de energía electromagnética físicamente existente [12] [13][25][26].

Conceptualmente, el vacío universal definido en la teoría cuántica de campos (QFT) puede ser cubierto por un espacio vectorial de Hilbert que establece un campo vectorial continuo global [95] [96] [97], cada vector individual que requiere la presencia de dos *objetos puntuales*.

Del mismo modo, en el concepto electromagnético alternativo de un vacío absoluto de energía cero tal como podría haber existido teóricamente al principio del universo, una energía cero que habría aumentado adiabáticamente hasta el nivel que es ambiente en el universo hoy en día, un mínimo de dos fotones electromagnéticos tresespaciales al comportamiento puntual deben haber aparecido simultáneamente para que la primera relación electromagnética haya podido existir, puesto que la existencia individual de cada uno de los dos fotones depende de la existencia simultánea del otro, ya que esta existencia depende de su interacción mutua. En el caso de partículas electromagnéticas de comportamiento cuasi-puntual, pares de cargas eléctricas de signos opuestos se imponen por estructura.

Así, un par de cargas de signos opuestos daría lugar a la aparición en el espacio-X de un par de vectores orientados en oposición, que representa la energía cinética de momentum de cada miembro del par, orientados de manera que representen su tendencia a moverse uno hacia el otro con una energía adiabática progresivamente creciente, función de la inversa de la distancia decreciente que los separa, mientras que un par de cargas del mismo signo daría lugar a un par de vectores orientados en oposición, que representa la energía cinética de cada miembro del par, orientados de manera que representen su tendencia a disminuir progresivamente su energía adiabática cuando se alejan el uno del otro en función de la misma regla inversa de la distancia.

Para mantener la simetría vectorial y energética, se establecen otros dos pares de vectores opuestos en modo estacionario en cada partícula de comportamiento cuasi-puntual, perpendicularmente al vector de momentum, dentro del espacio-Y para uno de los pares, y dentro del espacio-Z para el otro, siendo cada par por estructura perpendicular al otro, cada par invirtiendo e induciendo cíclicamente el otro par perpendicular alternativamente en modo estacionario con respecto a la ubicación puntual de la partícula a la frecuencia de la energía de la partícula representada en la estructura vectorial ortogonal tresespacial.

Lo interesante de esta estructura de vectores mutuamente perpendiculares en tres direcciones es que si la cantidad de energía representada por los dos pares transversales oscilantes se hace igual por estructura a la energía representada por el vector de momento [82], ya que representan una *sustancia energética físicamente existente* que se mueve cíclicamente de un máximo a otro orientado perpendicularmente, entonces por estructura, la energía que oscila entre los dos pares de vectores transversales está sometida a dos secuencias de aceleración perpendiculares entre sí, cuya velocidad máxima alcanzará

 © André Michaud

pero no superará la velocidad de la luz cuando la mitad de la *sustancia* energética se haya transferido de una orientación a la otra, si la velocidad de la *sustancia* ha de volver a cero cuando se encuentre en su máximo en cualquiera de las dos orientaciones perpendiculares [12] [13]; siendo el equilibrio a medias entre la energía cinética del momento y la energía transversalmente oscilante lo que asegura que la energía cinética del momento de la partícula establece la velocidad invariante de la luz del fotón en el vacío, lo que ha sido confirmado matemáticamente en las referencias [31] y [68] tanto para las velocidades transversales como longitudinales.

En primer lugar se presentará una serie de figuras desarrolladas para ilustrar la oscilación interna de la energía dentro de las partículas electromagnéticas elementales en la geometría tresespacial. A continuación se abordará la relación entre las cargas de las partículas elementales de las que están compuestos todos los átomos y la gravitación.

La representación de la **Figura 2** es una secuencia fragmentada de los estados transversales sucesivos que recorre la mitad oscilante de la energía de un fotón electromagnético durante uno de sus ciclos de oscilación transversal, introducida por primera vez en la Referencia [68], y del semi-quantum de la energía unidireccional del momentum que propulsa a la velocidad de la luz en el vacío la mitad que oscila transversalmente.

La misma descripción se aplica al fotón-portador de un electrón en movimiento libre, con la diferencia que además de propulsar su otra inerte mitad oscilante transversalmente, la energía del momentum del fotón-portador también debe propulsar la energía transversal inerte total de la masa en reposo del electrón – que no se muestra en la **Figura 2**, por lo que la relación *energía-de-momento-propulsante / energía-transversal-propulsada* condena para siempre la cantidad de energía del momentum a constituir menos que la mitad de la energía total del complejo *fotón-portador/electrón-transportado*, impidiendo así para siempre que el electrón pueda alcanzar la velocidad de la luz, tal como se analiza en la Referencia [69].

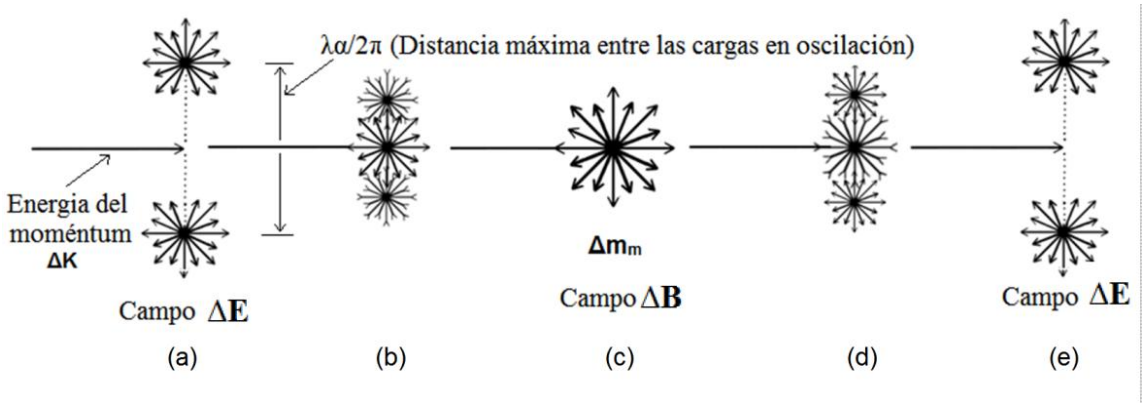

Figura 2: Representación del ciclo de oscilación transversal del semi-quantum electromagnético de un fotón o de un fotón-portador de electrones.

La representación de la **Figura 3** muestra la misma secuencia con los aspectos sucesivos del ciclo de oscilación transversal agrupados en un mismo plano transversal con respecto a la energía del momentum del quantum, las dos mitades energía-del-

 © André Michaud

momentum y energía-oscilante-transversalmente estando unidas en un solo quantum a través de la unión central cuasi-puntual, contra la cual la energía del momentum aplica su presión, en esta representación del tratamiento por onda plana.

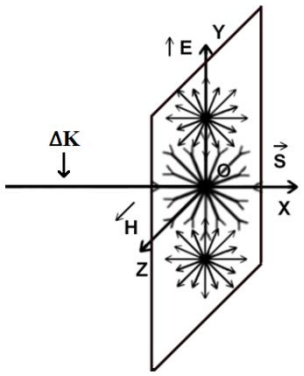

Figura 3: El concepto de onda plana aplicado a un fotón o un fotón-portador localizado permanentemente.

La representación de la **Figura 4** describe la estructura de la energía del campo oscilante interno de la masa en reposo del electrón, de la del quark arriba y de la del quark abajo, correspondiente a la Ecuación (31) para la masa en reposo del electrón, a la Ecuación (43) para la masa en reposo del quark arriba y a la Ecuación (44) para la masa en reposo del quark abajo. La Ecuación (31) se estableció en la Referencia [16] y el campo neutrinico se analizó en la Referencia [73]. Las Ecuaciones (43) y (44) se establecieron en la Referencia [74].

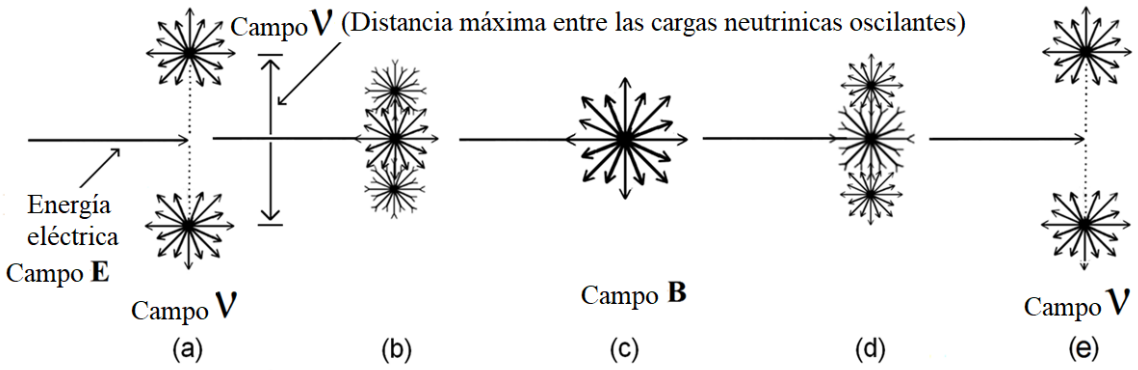

Figura 4: Representación del ciclo de oscilación transversal del campo magnético invariante correspondiente a la mitad de la masa en reposo invariante de un electrón y del campo eléctrico invariante que corresponde a la otra mitad de su masa en reposo invariante.

Obsérvese que la energía portadora del electrón no se muestra en la **Figura 4**. La energía combinada de la masa en reposo del electrón y de su fotón portador puede calcularse con la Ecuación (32) a partir de sus valores de energía por separado, y con la Ecuación (33) a partir de sus longitudes de onda por separado. La combinación de sus ecuaciones de campo tresespacial está disponible en la Tabla I de la Referencia [16].

Los campos ***E*** del electrón, del quark arriba y del quark abajo corresponden a sus

 © André Michaud

respectivas cargas eléctricas, que son las únicas cargas que existen dentro del átomo de hidrógeno. Por estructura, el electrón estabilizado en el estado fundamental del átomo de hidrógeno tiene una carga de C_e=1,602176462E-19 Coulomb, y las tres cargas del protón son dos cargas de quark arriba C_u=1,068117641E-19 Coulomb, y una carga de quark abajo C_d=5.3405807E-20 Coulomb, para un total de 4 cargas que componen la estructura interna del átomo de hidrógeno. Unas Energía portadora es constantemente inducida en estas cargas por la interacción coulombiana subyacente presente permanentemente, en función de la inversa de las distancias que los separan, y estos niveles de energía pueden variar en función de cualquier variación en la intensidad del gradiente gravitacional local que determine estas distancias.

Por lo tanto, desde el punto de vista electromagnético, el átomo de hidrógeno no es un sistema de dos cuerpos masivos en interacción mutua como se considera en la mecánica clásica/relativista, sino más bien un sistema de cuatro partículas electromagnéticas elementales cargadas en interacción mutua, estabilizadas en estado de resonancia electromagnética de acción estacionaria [63].

La misma transposición desde la perspectiva tradicional de *masas en interacción* hacia la perspectiva de *partículas electromagnéticas elementales cargadas en interacción* parece ser necesaria para todos los átomos existentes, así como para todas las masas macroscópicas y astronómicas, para que sea posible entender claramente cómo el gradiente gravitacional depende de la interacción coulombiana.

Esto no implica de ninguna manera que los cálculos desde la perspectiva de interacciones de masa sean inadecuados o inexactos, sólo que la perspectiva estricta de interacciones de masa no permite relacionar la interacción universal de Coulomb con el gradiente gravitacional universal, debido a la ausencia de cualquier referencia a la conocida relación física íntima entre la carga invariante del electrón y su masa invariante en reposo en todas las teorías actuales, a pesar de que esta relación fue claramente establecida por el propio Einstein en su artículo de 1910 [14], como se discute en las Referencias [81] y [82]

> *"On peut, par exemple, obtenir de cette façon les équations du mouvement d'un point matériel de masse m portant une charge électrique e (par exemple un électron) et soumis à l'action d'un champ électromagnétique. On connaît, en effet, les équations du mouvement d'un point matériel à l'instant où sa vitesse est nulle. D'après les équations de Newton et la définition de l'intensité du champ électrique, on a:"*

Traducción:

> *"Así, por ejemplo, podemos obtener las ecuaciones del movimiento de un punto material de masa m que lleva una carga eléctrica e (por ejemplo un electrón) y que está sometido a la acción de un campo electromagnético. Conocemos las ecuaciones del movimiento de un punto material en el momento en que su velocidad es cero. Según las ecuaciones de Newton y la definición de la intensidad del campo eléctrico, tenemos:"*

$$m\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} = e\mathbf{E}_x \qquad (2) \qquad \text{([14], p. 143)}$$

 © André Michaud

Para analizar un ejemplo provisional de procedimiento para realizar esta operación de transposición de la perspectiva tradicional de *masas en interacción* hacia la perspectiva de *cargas en interacción* a nivel general, utilizaremos tanto la estructura de masa interna del átomo de hidrógeno como su estructura de cargas internas como caso de prueba.

Desde este punto de vista, la masa del átomo de hidrógeno consiste en sumar la masa estándar del electrón a la masa estándar del protón (m_e = 9,10938188E-31 kg y m_p = 1,67262158E-27 kg), es decir m_h = 1,673532518E-27 kg.

Ahora se calcula la fuerza aplicada a un átomo de hidrógeno a nivel del suelo terrestre utilizando el valor establecido de la aceleración debida a la gravedad a nivel del suelo [11]:

$$a = \omega^2 r = \frac{v^2}{r} = g = 9.80665 \ m/s^2 \tag{54}$$

Cabe señalar que este valor de aceleración estándar es el valor de aceleración medio entre la aceleración precisa de 9,83208 m/s^2 en los polos y la aceleración precisa de 9,78036 m/s^2 en el nivel medio del mar en el ecuador [91]. La fuerza obtenida con el valor medio de la aceleración en la superficie de la Tierra para un átomo de hidrógeno es:

$$F = m_h \bullet g = 1.641174767 \ \ E-26 \ N \tag{55}$$

Dado que se trata de la fuerza media en la superficie de la Tierra, la multiplicación de este valor de fuerza por el radio medio estimado de la Tierra r = 6378140 metros [91] nos dará la cantidad de energía portadora adiabáticamente inducida en el átomo de hidrógeno en el nivel medio del suelo:

$$E = F \bullet r = 1.641174767E-26 \bullet 6378140 = 1.046764243E-19 \ j \tag{56}$$

La conversión de este valor en electrón-voltios para fines de comparación dividiéndolo por la carga unitaria del electrón (e=1,602176462E-19 Coulomb) da 0,653338922 eV. Según lo establecido para la energía inducida por la interacción coulombiana en el electrón estabilizado a la distancia orbital media del estado fundamental del átomo de hidrógeno, la mitad de esta energía se auto-orienta perpendicularmente a la otra mitad para oscilar entre los estados eléctrico y magnético, aumentando la masa medible del átomo de hidrógeno mientras que la otra mitad permanece orientada unidireccionalmente hacia el centro de la tierra en forma de energía de momentum que aplica su presión sobre el átomo de hidrógeno orientado hacia el centro de la Tierra.

Ahora bien, dado que la estructura interna del átomo de hidrógeno tiene 4 partículas elementales cargadas, y que solo dos de ellas interactúan en atracción con las otras dos, sólo se considerará la posible atracción entre estas dos cargas y las cargas de signo opuesto de la Tierra, puesto que, tal como se analiza en la Referencia [76], las relaciones de repulsión entre cargas del mismo signo se vuelven infinitesimales a muy corta distancia y pueden ignorarse, mientras que las relaciones atractivas entre las cargas de signos opuestos aumentan constantemente con la disminución de las distancias entre ellas, de modo que la cantidad de energía calculada con la Ecuación (56) será compartida a partes iguales por las dos cargas atractivas del átomo de hidrógeno.

 © André Michaud

Ahora, como se estableció en la Referencia [70], se ha demostrado que todas las ecuaciones de fuerza convencionales pueden derivarse entre sí y de la ecuación de aceleración fundamental *F = ma* – véase la Ecuación (35) en la **Sección 7** – incluida la ecuación de fuerza de Coulomb. Esto significa que la fuerza que acaba de calcularse con la ecuación (55) puede estar directamente relacionada con la ecuación de fuerza de Coulomb, de acuerdo con la conclusión de Einstein en su artículo de 1910 antes citado [14].

Es en esta etapa que el salto se puede hacer desde la perspectiva de *masas en interacción* con la perspectiva de *cargas en interacción* entre los cuerpos que se encuentran en la superficie de la Tierra y la propia Tierra. Dado que las dos cargas del átomo de hidrógeno que interactúan en atracción con las cargas de signo opuesto de la Tierra, se puede suponer que están a la misma distancia del centro de la Tierra, dado el ángulo de paralaje infinitesimal que el diámetro del átomo de hidrógeno ofrece cuando se considera desde el centro de la Tierra, asumiremos también, por razones de simplicidad en esta demostración, que ambos tienen la misma carga eléctrica, es decir, la carga del electrón. Entonces, multiplicando esta carga del electrón por 2, se obtiene la carga del átomo de hidrógeno que se puede poner en relación atractiva de pares de cargas con las cargas opuestas de la Tierra.

$$q_1 = 1.602176462\ \text{E}-19 \bullet 2 = 3.204352924\ \text{E}-19\,\text{C} \tag{57}$$

La carga atractiva compuesta de la Tierra puede entonces calcularse aislando q_2 en la ecuación estándar de Coulomb (véase la Ecuación (14)), utilizando la fuerza calculada con la Ecuación (55), la carga atractiva compuesta del átomo de hidrógeno calculada con la Ecuación (57) y el rayo de la Tierra dado anteriormente:

$$q_2 = \frac{\text{F}\,4\pi\,\varepsilon_0\,r_e^{\,2}}{q_1} = 2.318254855\text{E}-04\,\text{Coulomb} \tag{58}$$

Si a continuación se divide q_2 por la carga unitaria, se obtiene el número de cargas atractivas que representan teóricamente la mitad de la masa de la Tierra:

$$\text{A}_\text{E} = \frac{q_2}{e} = 1.446941027\text{E}15\ \text{Cargas atractivas elementales} \tag{59}$$

Multiplicando este valor por 2, se obtiene el número estimado de cargas elementales de las que está constituida la masa entera de la Tierra ($A_E \bullet 2 = 2{,}893882054\text{E}15$).

Asimismo, la fuerza de atracción ejercida sobre la masa terrestre por el Sol puede calcularse con la ecuación gravitatoria tradicional [70], en la que M representa la masa estimada del Sol (M=1,9891E30 kg), r representa el radio medio de la órbita terrestre (r=1,4959787E11 m), m representa la masa estimada de la Tierra (m=5,9742E24 kg), G es la constante gravitacional (G=6,673 E-11 Newton $\bullet$ m^2/kg^2) [91]:

$$\text{F} = \text{G}\frac{\text{Mm}}{\text{r}^2} = 3.543289846\text{E}22\,\text{N} \tag{60}$$

Conociendo la carga atractiva compuesta de la Tierra establecida con la Ecuación (58) y usándola como carga q_1 en la ecuación de Coulomb, la fuerza atractiva del Sol

 © André Michaud

calculada con la Ecuación (60), y el rayo de la órbita terrestre, la carga atractiva compuesta del Sol se puede calcular aislando la carga q_2 en la ecuación de Coulomb:

$$q_2 = \frac{F 4\pi \varepsilon_0 r_e^{\,2}}{q_1} = 3.805878467E38 \text{Coulomb} \tag{61}$$

Al dividir q_2 por la carga unitaria, se obtiene el número de cargas atractivas que representan teóricamente la mitad de la masa del Sol:

$$A_S = \frac{q_2}{e} = 2.375442754E57 \text{ Cargas atractivas elementales} \tag{62}$$

Multiplicar este valor por 2 dará el número estimado de cargas elementales de las que está constituida toda la masa del Sol ($A_S \bullet 2 = 4{,}750885508E57$).

El mismo procedimiento puede aplicarse a todos los átomos de la tabla periódica que componen todas las masas situadas en la superficie de la Tierra y de cualquier otro cuerpo celeste, a todas las masas en órbita en el sistema solar y a todas las masas del universo, para calcular el número de cargas que las componen y calcular la fuerza gravitacional ejercida sobre cada una de ellas mediante la ecuación de Coulomb.

Para los cuerpos masivos que descansan en la superficie de la Tierra, que nos proporcionan las primeras pistas sobre la realidad de la gravitación, el *peso* de un objeto medido en la superficie de la Tierra sólo puede ser una medida de esa *presión* ejercida por la suma de las energías de momento individuales orientadas vectorialmente hacia su centro de masa, pertenecientes a la mitad de las cargas de los átomos que componen la masa medible de ese objeto [12] [13]. Por ejemplo, cuando nos subimos a una báscula de baño para comprobar nuestro "*peso*", lo que estamos midiendo es esta presión ejercida hacia el suelo por la suma de las energías de momento de esa mitad de la multitud de partículas elementales cargadas de la que está hecha nuestra masa corporal. En otras palabras, lo que llamamos "*la fuerza de la gravedad*" puede verse como "*una velocidad obstaculizada*" expresada como "*una presión*" porque la energía de momento unidireccional inducida en los cuerpos orientados hacia el suelo no puede expresarse como un movimiento.

A nivel astronómico, los cuerpos celestes del sistema solar parecen estar atrapados en estados estables de resonancia de acción estacionaria a distancias medias del Sol similares a las que de Broglie supuso se aplica al electrón en el átomo de hidrógeno [49] [50], es decir, un estado de resonancia axial de los astros en órbitas cerradas, limitado por distancias estables mínimas y máximas bien precisas de la estrella central, que son su perihelio y su afelio. Estas dos distancias límite combinadas con el radio medio de la órbita elíptica de cada astro constituyen las tres referencias estables que permiten definir claramente los volúmenes de espacio recorridos a lo largo del tiempo por cada astro alrededor del astro central.

Por otro lado, al contrario del caso del átomo de hidrógeno, analizado en las referencias [49] [50], en que la intensidad del nivel de energía del momento inducido en el electrón a la distancia media del radio de Bohr al protón, con respecto a la masa del electrón, favorece claramente un movimiento de resonancia axial de alta frecuencia en

 © André Michaud

lugar de un movimiento de traslación en una órbita de resonancia cerrada a la misma distancia media del protón, el ratio entre la cantidad de energía adiabática inducida en cada partícula cargada de la masa terrestre a la distancia media de la órbita terrestre al Sol, y la energía que constituye la masa terrestre, siendo insuficiente para generar una oscilación axial de tan alta frecuencia, dada la inercia de la masa macroscópica de la que es cautiva cada partícula cargada, favorece en cambio la estabilización de los astros en órbitas de resonancia cerradas de acción estacionaria.

El volumen del espacio visitado a lo largo del tiempo por cada cuerpo celeste alrededor de una estrella central puede evolucionar hacia formas bastante complejas para los cuerpos celestes que tienen satélites, lo que induce frecuencias de batido que modifican cíclicamente los volúmenes, por lo demás regulares, visitados por los cuerpos que no tienen satélites. En efecto, todos los cuerpos estabilizados en tales sistemas de resonancia axial influyen mutuamente en las trayectorias de los demás y en la forma de los volúmenes de resonancia que visitan. Es este tipo de interacción, combinada con el proceso de ocultación de la estrella central cuando estos cuerpos pasan entre esa estrella y nuestra posición en el espacio, lo que ha permitido identificar los numerosos planetas que orbitan alrededor de estrellas cercanas que se han descubierto recientemente.

14. El método de análisis

El método de análisis utilizado a lo largo del proyecto *Mecánica electromagnética de las partículas elementales* se describe en la Referencia [98], que se vuelve a publicar como Referencia [99], y el método matemático utilizado se describe en la Sección 27 de la Referencia [100], publicada en su versión definitiva como Referencia [101].

15. Conclusión

Un aspecto importante del artículo de Lorentz de 1904 fue mencionado pero no discutido en esta obra porque estaba fuera de contexto directo, ya que se refiere a la razón por la que Lorentz proponía sus *transformaciones*, es decir, *la aparente imposibilidad de probar el movimiento absoluto*. Esta cuestión se ha analizado en el marco de este proyecto, pero requeriría una introducción demasiado larga para ser abordada como cuestión secundaria en este artículo ya largo. El análisis final pertinente está disponible en la Subsección 3.5.1 de la Referencia [81] y en la Subsección 17.8 de la Referencia [26], después de un análisis preliminar en la Referencia [25].

Como se menciona en la **Sección 9**, las ecuaciones de onda tresespaciales de este modelo aún no se han desarrollado. Incluyen como mínimo la ecuación de onda variable necesaria para describir el volumen de resonancia variable visitado por un fotón en movimiento libre, la ecuación de onda de un solo latido variable necesaria para describir el volumen de resonancia del electrón moviéndose libremente, y la ecuación de onda de doble batido necesaria para describir el movimiento de un electrón cautivo en estado de resonancia axial en un orbital electrónico.

Un ejemplo recientemente publicado de desarrollo de funciones de onda que ilustra la evolución reciente de las ideas en nuevas direcciones en la física fundamental, de la cual

 © André Michaud

el enfoque tresespacial presentado en este artículo es parte, es el desarrollo por Declan Trail de funciones de onda interesantes para el electrón y el positrón que son soluciones estables de la ecuación de onda de Schrödinger [102].

Volviendo al modelo tresespacial, como se menciona en las conclusiones de las Referencias [8] y [9], dada la relativa simplicidad de implementar los experimentos descritos en la **Sección 11**, lo que podría confirmar si la secuencia inicial de aceleración irreversible de las partículas elementales recién creadas está sujeto o no al Principio de Conservación, y la fuente potencialmente ilimitada de energía que podría estar disponible al controlar el proceso, como se describe en la **Sección 12** si se confirma esta conclusión extraída del modelo de los tres espacios, se espera que la comunidad física desarrollará un interés temprano en la realización de estos experimentos.

 © André Michaud

Apéndice A

A.1 Las ecuaciones de Maxwell

Las ecuaciones de Maxwell			
	Los órdenes de magnitud atómicos, macroscópicos y astronómicos		**Orden de magnitud subatómico**
	Forma integral	**Forma diferencial**	**Forma de primer nivel**
1	$\oint \mathbf{E}\cdot d\mathbf{S} = {}^{q}\!/_{\varepsilon_0} = \boldsymbol{\Phi}_{\mathbf{E}}$	$\nabla\cdot\mathbf{E} = \rho/\varepsilon_0$	$\mathbf{E}_{\lambda} = \dfrac{\pi e}{\varepsilon_0 \alpha^3 \lambda^2}$
2	$\oint \mathbf{E}\cdot d\mathbf{l} = -d\left(\int \mathbf{B}\cdot\hat{n}dS\right)/dt = -d\boldsymbol{\Phi}_{\mathbf{B}}/dt$	$\nabla\times\mathbf{E} = -\partial\mathbf{B}/\partial t$	$v = \dfrac{\mathbf{E}_{\lambda_C}\times\Delta\mathbf{E}_{\lambda}}{\mathbf{B}_{\lambda_C}+\Delta\mathbf{B}_{\lambda}}$
3	$\oint \mathbf{B}\cdot d\mathbf{S} = 0$	$\nabla\cdot\mathbf{B} = 0$	$\mathbf{B}_{\lambda} = \dfrac{\mu_0 \pi e c}{\alpha^3 \lambda^2}$
4	$\oint \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l} = \mu_0\left(\mathbf{i} + \varepsilon_0 d\left(\boldsymbol{\Phi}_{\mathbf{E}}\right)/dt\right)$	$\nabla\times\mathbf{B} = \mu_0\left(\mathbf{J} + \dfrac{\varepsilon_0\partial\mathbf{E}}{\partial t}\right)$	$c = \dfrac{\mathbf{E}_{\lambda}}{\mathbf{B}_{\lambda}}$

A.2 Ecuaciones para los órdenes de magnitud atómicos, macroscópicos y astronómicos

El conjunto de las ecuaciones conocidas como las ecuaciones de Maxwell fueron en realidad desarrolladas por Gauss, Faraday y Ampere a partir de experimentos realizados físicamente. La principal contribución de Maxwell a la ciencia, después de analizar el hecho observado de que los cambios en los campos magnéticos inducen una corriente en los hilos conductores, y que recíprocamente, como ya lo descubrió Oersted, que la corriente eléctrica que fluye en un hilo induce un campo magnético alrededor del hilo, fue su intuición de que esta mutua inducción de campos eléctricos y magnéticos podría ocurrir en el espacio sin soportes materiales como los imanes y los hilos eléctricos.

Esto lo llevó a vincular esta hipótesis con el rompecabezas de la propagación de la luz después de que Faraday le informara, que cuando colocaba una placa de vidrio entre los polos de un electroimán, el campo magnético giraría el plano de polarización de la luz que pasaba por la placa.

Concluyó entonces que la luz tenía que ser energía electromagnética real y que, dado que el rango de frecuencias de la luz visible era bastante limitado, es decir, de unos 405

 © André Michaud

THz para la luz roja a unos 790 THz para la luz violeta, este rango limitado iba a ser parte de un espectro potencialmente más completo, incluyendo otras frecuencias que serían invisibles para nosotros esta vez, y que se propagarían en ambas direcciones, es decir, en frecuencias superiores a los 790 THz de la luz violeta e inferiores a los 405 THz de la luz roja.

Su hipótesis a este respecto fue confirmada por primera vez 20 años más tarde cuando Hertz confirmó la existencia de las radiofrecuencias. El resto es historia, y su teoría de ondas continuas de energía electromagnética ha demostrado ser totalmente efectiva para tratar con la energía electromagnética desde el nivel atómico hasta el astronómico.

La primera ecuación de Maxwell es, de hecho, la ecuación de Gauss para el campo eléctrico, que es una generalización de la Ley de Coulomb, que establece un campo potencial de interacción eléctrica, eliminando una carga de la ecuación de Coulomb.

La segunda ecuación, derivada de la Ley de Inducción de Faraday, significa que se requiere una variación en un campo magnético para que se produzca un campo eléctrico. En el contexto de los campos puntuales localizados de este modelo, puede interpretarse sin modificaciones en el sentido de que cualquier variación del aspecto magnético de un evento electromagnético va necesariamente acompañada de la correspondiente variación inversa de su aspecto eléctrico.

La tercera ecuación corresponde a la ley de Gauss para el magnetismo, que define un campo potencial de interacción magnética como la contrapartida del campo eléctrico potencial definido con la primera ecuación, e implica que de un volumen dado que contiene la fuente un campo magnético sale tanta energía *magnética* como la que entra, de ahí el valor cero resultante.

La cuarta ecuación, derivada de la ley de Ampère y llamada la ecuación de Ampere-Maxwell, tuvo en cuenta inicialmente la observación de que un campo magnético es producido por una corriente eléctrica en un hilo, que Maxwell amplió hasta la conclusión de que un campo magnético puede ser producido por un campo eléctrico cambiante, y viceversa, incluso sin un soporte material, que es el mayor descubrimiento de Maxwell.

A.3 Ecuaciones para el orden de magnitud subatómico

Los cuatro ecuaciones electromagnéticas de primer nivel para el orden de magnitud subatómico se desarrollaron durante la primera ola de derivaciones tras el descubrimiento de Paul Marmet, y se publicaron en 2007 en la "*International IFNA-ANS Journal*" de la Universidad Estatal de Kazán [66].

El término "*primer nivel*" se refiere al hecho de que, a diferencia de las ecuaciones de Maxwell tradicionalmente mencionadas en todas las obras de referencia, y como se ha presentado anteriormente, las ecuaciones del nivel subatómico están a sólo un paso de mostrar el conjunto completo de constantes y variables que pueden utilizarse inmediatamente para calcular un valor físico, al igual que la ecuación de Coulomb. El análisis de por qué el desarrollo de tales ecuaciones de primer nivel es necesario para avanzar en la física fundamental se hizo en la Sección 27 de la Referencia [100].

La ecuación eléctrica de Gauss de primer nivel se ha desarrollada como la Ecuación

 © André Michaud

(40) en la Referencia [66]:

$$\mathbf{E}_{\lambda} = \frac{\pi e}{\varepsilon_0 \alpha^3 \lambda^2} \tag{A.1}$$

así como la ecuación magnética de Gauss de primer nivel desarrollada como la Ecuación (34) en la misma referencia:

$$\mathbf{B}_{\lambda} = \frac{\mu_0 \pi e c}{\alpha^3 \lambda^2} \tag{A.2}$$

La ecuación de campo eléctrico compuesto de primer nivel ***E*** necesaria para calcular la velocidad de una partícula masiva y cargada, que es de hecho el campo ***E*** totalmente resuelto de la ecuación de Lorentz F=q***(E + v*** x ***B)***, fue entonces resuelta como la Ecuación (58) en la misma referencia, y está aquí totalmente desarrollada por conveniencia:

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_{\lambda_C} \times \Delta\mathbf{E}_{\lambda} = \frac{\pi e}{\varepsilon_0 \alpha^3} \frac{\left(\lambda^2 + \lambda_C{}^2\right)\sqrt{\lambda_C\left(4\lambda + \lambda_C\right)}}{\lambda^2 \lambda_C{}^2 \quad \left(2\lambda + \lambda_C\right)} \tag{A.3}$$

La ecuación para el campo magnético compuesto de primer nivel ***B*** necesaria para calcular la velocidad de una partícula cargada masiva, que es el campo ***B*** totalmente resuelto de la ecuación de Lorentz, ha sido resuelta como la ecuación (49) en la misma referencia, y está totalmente desarrollada aquí por conveniencia:

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_{\lambda_C} + \Delta\mathbf{B}_{\lambda} = \frac{\pi \mu_0 e c \left(\lambda^2 + \lambda_C{}^2\right)}{\alpha^3 \quad \lambda^2 \lambda_C{}^2} \tag{A.4}$$

Las ecuaciones (A.3) y (A.4) pueden entonces utilizarse directamente para calcular la velocidad de una partícula masiva y cargada con la ecuación tradicional ***v=E/B***. De manera similar, las ecuaciones (A.1) y (A.2) pueden utilizarse directamente para calcular la velocidad de cualquier fotón de movimiento libre con la ecuación $\boldsymbol{c}=\boldsymbol{E_\lambda/B_\lambda}$.

 © André Michaud

Apéndice B

Tabla de los radios atómicos para los átomos no ligados establecida mediante el segundo término de la ecuación de fuerza de Lorentz (Columnas D y E), que se utiliza tradicionalmente para calcular el radio de las órbitas circulares de las partículas cargadas en los aceleradores de alta energía, teniendo en cuenta que se requiere la misma cantidad de energía para mantener un electrón en una órbita de resonancia cerrada alrededor del núcleo de un átomo de hidrogeno aislado o para mantenerlo en un estado de resonancia axial a la misma distancia media del núcleo, sin que necesariamente se mueva en una órbita cerrada, como se explica en la **Sección 10**, calculando la distancia media entre el núcleo y el orbital más externo de los átomos mediante la longitud de onda de la primera energía de ionización de cada átomo (Columna A).

B.1 Método de cálculo

El cálculo de los valores de la columna E se realizó con una calculadora Texas Instrument TI-89 Titanium.

Tomando como ejemplo el valor de energía de la primera ionización del átomo de helio de 24,58741 eV (columna A de la **Tabla 1**), cada radio atómico de la columna E puede calcularse mediante la Ecuación (53), repetida aquí para comodidad (véase la **Sección 10**):

$$\mathrm{d} = \frac{\gamma m_0 v}{e\mathbf{B}} \tag{53}$$

En primer lugar, el primer valor de ionización en eV del átomo – aquí el del átomo de helio – se convierte en julios multiplicándolo por la carga invariante del electrón (1.602176462E-19 C):

$$\mathrm{E} = 24.58741 \bullet e = 3.939336956\mathrm{E}-18\,\mathrm{j} \tag{B.1}$$

A continuación, este valor se duplica para tener en cuenta los dos componentes de la energía portadora inducida por la interacción de Coulomb a la distancia media correspondiente del núcleo de helio, correspondiente a los dos primeros términos de la Ecuación (50), que corresponde de hecho a la Ecuación (47), reproducida aquí para comodidad:

$$2\mathrm{E} = \Delta K + \Delta m_m c^2 = 3.939336956\mathrm{E}-18 \bullet 2 = 7.878673913\mathrm{E}-18\,\mathrm{j} \tag{47}$$

La longitud de onda asociada se calcula entonces por medio de la ecuación estándar:

$$\lambda = \frac{\mathrm{hc}}{2\mathrm{E}} = 2.521284145\mathrm{E}-8\,\mathrm{m} \tag{B.2}$$

Utilizando la longitud de onda de Compton del electrón (λ_c=2,426310215E-12 m), la velocidad relativista correspondiente se calcula mediante la Ecuación (33):

© André Michaud

$$v = c\frac{\sqrt{\lambda_C(4\lambda + \lambda_C)}}{(2\lambda + \lambda_C)} = 2940812.243\,\text{m/s} \tag{33}$$

El término $\gamma m_0 v$ de la Ecuación (53) se puede entonces resolver de la siguiente manera, resolviendo el factor γ con la velocidad obtenida de la Ecuación (33):

$$\gamma m_0 v = \frac{2E}{v} = 2.679080901E-24 \tag{B.3}$$

El valor del campo magnético ***B*** correspondiente a la longitud de onda λ calculada con la Ecuación (B.2) se obtiene entonces con la ecuación siguiente:

$$\mathbf{B}_{(\lambda)} = \frac{2\pi(2E)}{c\,e\,\alpha^2\,\lambda} = 7676725.6829\,\text{T} \tag{B.4}$$

Entonces, dado que los valores variables de la Ecuación (53) se han resuelto, a su vez se puede resolver para la primera energía de ionización del átomo de helio con los valores proporcionados por las Ecuaciones (B.3) y (B.4) para proporcionar el radio atómico asociado:

$$d = \frac{\gamma m_0 v}{e\mathbf{B}_{(\lambda)}} = 2.178341596E-11\text{m} \tag{53}$$

en la que d sería el radio aproximado del átomo de helio aislado estimado por el segundo término de la ecuación de fuerza de Lorentz. Este valor se enumera rondeado en picómetros en la columna D de la **Tabla 1** para una comparación directa con los valores de las columnas B y C, y se enumera en metros en la columna E en la notación física estándar, con los radios de los otros átomos de la tabla periódica.

La columna A enumera los primeros valores de ionización para cada átomo del cuadro periódico, extraídos de la Referencia ([91]. p., 10-178).

Para comparar con otros métodos de cálculo de radios atómicos, las columnas B y C enumeran los valores del *método empírico de iones ligados* [103] y del *método atómico calculado* [104] respectivamente.

 © André Michaud

B.2 Cuadro 1 - Tabla de radios atómicos - No ligados

Tabla de los radios atómicos						
		A	B	C	D	E
	Símbolo	Energía de ionización en eV	Radio empírico del ión ligado	Radio atómico calculado	Radio atómico calculado $\gamma m_0 v/eB$ rondeado	Radio atomico cálculo $\gamma m_0 v/eB$
1	H	13.59844	25	53	53	5.296111314E-11
2	He	24.58741	120	31	22	2.178354555E-11
3	Li	5.39172	145	167	212	2.121269975E-10
4	Be	9.3227	105	112	93	9.329866933E-11
5	B	8.29803	85	87	111	1.111027629E-10
6	C	11.26030	70	67	70	7.028526820E-11
7	N	14.53414	65	56	48	4.792998866E-11
8	O	13.61806	60	48	53	5.284670159E-11
9	F	17.42282	50	42	37	3.651871619E-11
10	Ne	21.5646	160	38	27	2.652062202E-11
11	Na	5.13908	180	190	228	2.279592813E-10
12	Mg	7.64624	150	145	125	1.256073509E-10
13	Al	5.98577	125	118	181	1.813451096E-10
14	Si	8.15169	110	111	114	1.141079186E-10
15	P	10.48669	100	98	78	7.820438595E-11
16	Si	10.36001	100	88	80	7.964314704E-11
17	Cl	12.96764	100	79	57	5.687205464E-11
18	Ar	15.75962	71	71	42	4.244959039E-11
19	K	4.34066	220	243	293	2.936643203E-10
20	Ca	6.11316	180	194	176	1.757062959E-10
21	Sc	6.5615	160	184	158	1.580089014E-10
22	Ti	6.8281	140	176	149	1.488458100E-10
23	V	6.7462	135	171	152	1.515645214E-10
24	Cr	6.7665	140	166	151	1.508829806E-10
25	Mn	7.43402	140	161	131	1.310241110E-10
26	Fe	7.9024	140	156	120	1.195497287E-10
27	Co	7.8810	135	152	120	1.200369918E-10
28	Ni	7.6398	135	149	126	1.257662050E-10

© André Michaud

29	Cu	7.72638	135	145	124	1.236581941E-10
30	Zn	9.3942	135	142	92	9.223555299E-11
31	Ga	5.99930	130	136	180	1.807319878E-10
32	Ge	7.8994	125	125	119	1.196178377E-10
33	As	9.7886	115	114	87	8.671763745E-11
34	Se	9.75238	115	103	87	8.720118052E-11
35	Br	11.81381	115	94	65	6.540404795E-11
36	Kr	13.99961	Ningún dato	88	51	5.070106574E-11
37	Rd	4.17713	235	265	311	3.110768884E-10
38	Sr	5.6949	200	219	195	1.954143927E-10
39	Y	6.2171	180	212	171	1.713184965E-10
40	Zr	6.63390	155	206	155	1.554293098E-10
41	Nb	6.75885	145	198	152	1.515645214E-10
42	Mo	7.09243	145	190	140	1.406028113E-10
43	Tc	7.28	135	183	135	1.352040317E-10
44	Ru	7.36050	130	178	133	1.329920826E-10
45	Rh	7.45890	135	173	130	1.303690942E-10
46	Pd	8.3369	140	169	110	1.103266666E-10
47	Ag	7.5762	160	165	127	1.273531683E-10
48	Cd	8.9938	155	161	90	9.037039157E-11
49	In	5.78636	155	156	191	1.907996547E-10
50	Sn	7.3439	145	145	133	1.334432529E-10
51	Sb	8.6084	145	133	105	1.051486981E-10
52	Te	9.0096	140	123	98	9.820408390E-11
53	In	10.45126	140	115	79	7.860239057E-11
54	Xe	12.1298	Ningún dato	108	63	6.286506114E-11
55	Cs	3.89390	265	298	346	3.456267612E-10
56	Ba	5.21170	215	253	223	2.232113530E-10
57	La	5.5769	195	Ningún dato	202	2.016491241E-10
58	Ce	5.5387	185	"	204	2.037388439E-10
59	Pr	5.473	185	247	207	2.074184513E-10
60	Nd	5.5250	185	206	204	2.044971073E-10
61	Pm	5.582	185	205	201	2.013728333E-10
62	Sm	5.6436	185	238	198	1.980848819E-10
63	Eu	5.6704	185	231	197	1.966822380E-10
64	Gd	6.1501	180	233	174	1.741256397E-10
65	Tb	5.8638	175	225	187	1.870325025E-10

© André Michaud

66	Dy	5.9389	175	228	183	1.834960997E-10
67	Ho	6.0215	175	226	180	1.797334344E-10
68	Er	6.1077	175	226	176	1.759419570E-10
69	Tm	6.18431	175	222	173	1.726820214E-10
70	Yb	6.25416	175	222	170	1.697980021E-10
71	Lu	5.4259	175	217	210	2.101250604E-10
72	Hf	6.82507	155	208	149	1.489449408E-10
73	Ta	7.5496	145	200	128	1.280268234E-10
74	W	7.8640	135	193	120	1.204264339E-10
75	Re	7.8335	135	188	121	1.211304393E-10
76	Os	8.4382	130	185	108	1.083459614E-10
77	Ir	8.9670	135	180	99	9.890472321E-11
78	Pt	8.9587	135	177	100	9.984220277E-11
79	Au	9.2255	135	174	95	9.477702701E-11
80	Hg	10.43750	150	171	79	7.875787525E-11
81	Tl	6.1082	190	156	176	1.759203544E-10
82	Pb	7.41666	180	154	131	1.314844043E-10
83	Bi	7.2856	160	143	135	1.350481781E-10
84	Po	8.417	190	135	109	1.087555540E-10
85	At	Ningún dato	Ningún dato	127	Ningún dato	Ningún dato
86	Rn	10.74850	"	120	75	7.536455357E-11
87	Fr	4.0727	"	Ningún dato	323	3.231179136E-10
88	Ra	5.2784	215	"	219	2.189938850E-10
89	Ac	5.17	195	"	226	2.259173326E-10
90	Th	6.3067	180	"	168	1.676806048E-10
91	Pa	5.89	180	"	186	1.857859566E-10
92	U	6.19405	175	"	172	1.722756745E-10
93	Np	6.2657	175	"	169	1.693291269E-10
94	Pu	6.0262	175	"	180	1.795232080E-10
95	Am	5.9738	175	"	182	1.818904347E-10
96	Cm	5.9915	176	"	181	1.810850279E-10
97	Bk	6.1979	Ningún dato	"	172	1.721151795E-10
98	Cr	6.2817	"	"	169	1.686826004E-10
99	Es	6.42	"	"	163	1.632614393E-10
100	Fm	6.50	"	"	160	1.602566939E-10
101	Md	6.58	"	"	157	1.573429993E-10
102	No	6.65	"	"	155	1.548652014E-10

© André Michaud

103	Lr	4.9	"	"	245	2.448449067E-10
104	Rf	6.0	"	"	181	1.807003608E-10
105	Db	Ningún dato	"	"	Ningún dato	Ningún dato
106	Sg	"	"	"	"	"
107	Bh	"	"	"	"	"
108	Hs	"	"	"	"	"
109	Mt	"	"	"	"	"
110	Ds	"	"	"	"	"
111	Rg	"	"	"	"	"
112	Cn	"	"	"	"	"
113	Nh	"	"	"	"	"
114	Fl	"	"	"	"	"
115	Mc	"	"	"	"	"
116	Lv	"	"	"	"	"
117	Ts	"	"	"	"	"
118	Og	"	"	"	"	"

Bibliografía

[1] Lorentz, H.A. (1904) *Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity smaller than that of light*, in: KNAW, Proceedings, 6, 1903-1904, Amsterdam, 1904, pp. 809-831.

https://en.wikisource.org/wiki/Electromagnetic_phenomena.

[2] Michelson, A.A. & Morley, E.W. (1887) *On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether*. The American Journal of Scince.

https://history.aip.org/exhibits/gap/PDF/michelson.pdf

[3] d'Abro, Aram (1951) *The Rise oft he New Physics*. Dover Publications, New York.

[4] Poincaré, H. (1905) *La dynamique de l'électron*. Comptes rendus d l'Académie des Sciencs, t. 140, p. 1504-1508 (5 juin 1905).

https://www.academie-sciences.fr/pdf/dossiers/Poincare/Poincare_pdf/Poincare_CR1905.pdf

[5] Einstein, A. (1905c) *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*. *Annalen der Physik*, vol. 17, n° 10, 30 juin 1905, p. 891–921 (DOI 10.1002/andp.19053221004,

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/andp.19053221004

[6] Kaufmann, W. (1901) Die magnetische und electrische Ablenkbarkeit der Bequerelstrahlen und die Scheinbare Masse der elektronen.

[7] Kaufmann, W. (1903) *Über die "Elektromagnetische Masse" der Elektronen*, Kgl. Gesell-schaft der Wissenschaften Nachrichten, Mathem.-Phys. Klasse, pp. 91-103.

http://gdz.sub.uni-goettingen.de/dms/load/img/?PPN=PPN252457811_1903&DMDID=DMDLOG_0025

[8] Michaud, A. (2016) *On Adiabatic Processes at the Elementary Particle Level*. J Phys Math 7: 177. doi:10.4172/2090-0902.1000177.

http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers/View/6961

 © André Michaud

[9] Michaud, A. (2021) *On Adiabatic Processes at the Subatomic Level*. In: Dr. Jelena Purenovic, Editor. Newest Updates in Physical Science Research Vol. 4, 30–62.

https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/8813

[10] Michaud, A. (2013) *On The Magnetostatic Inverse Cube Law and Magnetic Monopoles*. International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 7, Issue 5. pp. 50-66.

http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers/View/7097

[11] Michaud A. (2013) *On the Einstein-de Haas and Barnett Effects*, International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X, Volume 6, Issue 12, pp. 07-11.

https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/9005

[12] Michaud, A. (2020) *Electromagnetism according to Maxwell's Initial Interpretation*. Journal of Modern Physics, 11, 16-80.

https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Mathematical%20Physics/Download/8070

[13] Michaud, A. (2020) *Emphasizing the Electromagnetism according to Maxwell's Initial Interpretation*. In: Dr. Thomas F. George, Editor. Chapter 4 In New Insights into Physical Science Vol. 10. West Bengal, India: Book Publisher International. 2020.

https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Essays-Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/8888

[14] Einstein, A. (1910) *Le Principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne*. Traduit de l'allemand par E. Guillaume. Archives des sciences physiques et naturelle 29 (1910): 5-28; 125-144.

https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol3-doc/169

https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol3-doc/193

[15] Einstein, A. (1910) *The Principle of Relativity and its Implications in Modern Physics*. Translated by André Michaud and Fritz Lewertoff. In: Vesselin Petkov, Editor. Relativity: Meaning and Consequences for Modern Physics and for our Understanding of the World. Minkowski Institute Press. Montreal. Canada. 2021.

http://www.minkowskiinstitute.org/mip/books/einstein2.html

[16] Michaud, A. (2013) *The Mechanics of Electron-Positron Pair Creation in the 3-Spaces Model*. International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, **p**-ISSN: 2278-800X. Volume 6, Issue 10. pp. 01-10.

https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/8754

[17] Lorentz, H.A. (1895) Versuch einer Theorie der electrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern, Leiden — E. J. Brill.

https://archive.org/details/versucheinerthe00loregoog

https://de.wikisource.org/wiki/Versuch_einer_Theorie_der_electrischen_und_optischen_Erscheinungen_in_bewegten_K%C3%B6rpern

https://en.wikisource.org/wiki/Translation:Attempt_of_a_Theory_of_Electrical_and_Optical_Phenomena_in_Moving_Bodies

 © André Michaud

[18] Heaviside, O. XXXIX. On the electromagnetic effects due to the motion of electrification through a dielectric. https://doi.org/10.1080/14786448908628362.

https://zenodo.org/record/1431195#.YR-God9KthF

[19] Abraham, M. (1902) *Dynamik des Elektrons*, Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse,1902,S.20. http://gdz.sub.uni-goettingen.de/dms/load/img/?PPN=PPN252457811_1902&DMDID=DMDLOG_0009.

[20] Einstein, A. (1905a) *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*. *Annalen der Physik*, vol. 17, n° 6, 1905, p. 132–148. (DOI 10.1002/andp.19053220607,

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/andp.19053220607

http://users.physik.fu-berlin.de/~kleinert/files/eins_lq.pdf

[21] Planck, M. (1900) *Über das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum*. In: *Ann. Phys.* Band 4, Nr. 3, 1901, S. 553–563, doi:10.1002/andp.19013090310.

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/andp.19013090310

[22] Wien, W. (1898) Ueber die Fragen, welche die translatorische Bewegung des Lichtäthers betreffen. In: Annalen der Physik. Band 301, Nr. 3, 1898, S. I–XVIII.

https://de.wikisource.org/wiki/Translatorische_Bewegung_des_Licht%C3%A4thers

[23] Einstein, A. (1905d) *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig? Annalen der Physik*, vol. 18, n° 13, 1905, p. 639–641. DOI 10.1002/andp.19053231314.

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/andp.19053231314

http://www.fourmilab.ch/etexts/einstein/E_mc2/www/

[24] De Broglie, L. (1993) *La physique nouvelle et les quanta*, Flammarion, France 1937, 2nd Edition 1993, with new 1973 Preface by Louis de Broglie. ISBN: 2-08-081170-3.

[25] Michaud, A. (2016) *On De Broglie's Double-particle Photon Hypothesis*. J Phys Math 7: 153. doi:10.4172/2090-0902.1000153.

http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers/View/5905

[26] Michaud, A. (2021) *De Broglie's Double-Particle Photon*. In: Dr. Jelena Purenovic, Editor. Newest Updates in Physical Science Research Vol. 4, 63–102.

https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/8809

[27] Einstein, A. (1905b) Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. Ann. d. Phys. 17. P. 549. 1905. https://doi.org/10.1002/andp.19053220806

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/andp.19053220806

[28] Smoluchowski, M. (1906) Zur kinetischen Theorie der Brownschen Molekularbewegung und der Suspensionen. In: Annalen der Physik. Band 326, 1906, S. 756–780.

https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k15328k/f770.chemindefer

[29] Perrin, J. (1912) Les Preuves de la réalité moléculaire (Étude spéciale des émulsions). Rapport lu au Congrès Solvay en novembre 1911 in La théorie du rayonnement et des quanta (Gauthier-Villards, 1912, pp. 153-251).

[30] Maxwell, J.C. (1965) *A dynamical theory of the electromagnetic field*. Philos. Trans. Roy. Soc. Lond. for the year 1865, 1865, CLV, 459-512. Received 27.10.1864. Read 8.12.1864.

http://www.bem.fi/library/1865-001.pdf

 © André Michaud

[31] Michaud, A. (2013) *Deriving ε_0 and μ_0 from First Principles and Defining the Fundamental Electromagnetic Equations Set*. International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 278-067X, p-ISSN: 2278-800X, Volume 7, Issue 4 (May 2013), PP. 32-39.

http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers/View/7131

[32] Kaufmann, W. (1902a) *Über die electromagnetische Masse des Elektrons*. Göttinger Nachrichten (5): 291–296.

http://www.digizeitschriften.de/dms/img/?PID=GDZPPN002499444

[33] Kaufmann, W. (1902b) *Über die electromagnetische Masse des Elektrons*. Physikalische Zeitschrift, **4** (1b): 54–56

https://wikilivres.org/wiki/Die_elektromagnetische_Masse_des_Elektrons

[34] Abraham, M. (1902) *Dynamik des Elektrons*, Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse, 1902, S. 20.

http://gdz.sub.uni-goettingen.de/dms/load/img/?PPN=PPN252457811_1902&DMDID=DMDLOG_0009

[35] Poincaré, H. (1905) *La valeur de la science*, France, Flammarion, 1994 Edition.

[36] Ernst A. & Hsu J.P. (2001) *First Proposal of the Universal Speed of Light by Voigt in 1887*, Chinese Journal of Physics, Vol. 39, No. 3.

http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-data_query?bibcode=2001ChJPh..39..211E&link_type=ARTICLE&db_key=PHY&high=

[37] Bucherer, A. H. (1908) Messungen an Becquerelstrahlen. Die experimentelle Bestätigung der Lorentz-Einsteinschen Theorie., Physikalische Zeitschrift, **9** (22): 755–762.

[38] Neumann, G. (1914) *"Die träge Masse schnell bewegter Elektronen*". Annalen der Physik. **350** (20): 529–579.

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/andp.19143502005

[39] Planck, M. (1906) *Die Kaufmannschen Messungen der Ablenkbarkeit der β-Strahlen in ihrer Bedeutung für die Dynamik der Elektronen.* Physikalische Zeitschrift 7 (21): 753–761.

https://de.wikisource.org/wiki/Die_Kaufmannschen_Messungen_der_Ablenkbarkeit_der_%CE%B2-Strahlen_in_ihrer_Bedeutung_f%C3%BCr_die_Dynamik_der_Elektronen

https://en.wikisource.org/wiki/Translation:The_Measurements_of_Kaufmann

[40] Poincaré, H. (1908) *La dynamique de l'électron*. Rev. Gén. Sci. **19,** 386, 1908.

http://henripoincarepapers.univ-lorraine.fr/chp/hp-pdf/hp1908rg.pdf

[41] Purcell, E.M. (1980) in *Proceedings of Einstein Centennial Symposium at Princeton 1979*. p.106. Addison-Westley, Reading, Mass. 1980.

https://catalog.library.vanderbilt.edu/discovery/fulldisplay/alma991006105249703276/01VAN_INST:vanui

[42] Einstein, A. (1907) *Über das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen*. Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik. Jahrb. Rad. Elektr. 4, 411 (1907).

https://books.google.ca/books?id=CNA-AQAAMAAJ&pg=PA411&lpg=PA411&dq=Jahrb.+Rad.+Elektr.+4,+411+(1907)&source=bl&ots=_dvMN7pmLL&sig=ACfU3U1iXIAK9G0lqtcIPrFTlNYTBqG1CA&hl=fr&sa=X&ved=2ahUKEwjC8qugn632AhXPjokEHVCHAlsQ6AF6BAgcEAM#v=onepage&q=Jahrb.%20Rad.%20Elektr.%204%2C%20411%20(1907)&f=false

[43] Pais, A. (2008) *Subtle is the Lord: The Science and the Life of Albert Einstein*. Oxford University Press. 2008.

 © André Michaud

[44] Humphries, S. Jr. (1986) *Principles of Charged Particle Acceleration*, John Wiley & Sons.
http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.382.7882&rep=rep1&type=pdf

[45] Lawrence, E.O. & Livingston, M.S. (1932) The Production of High Speed Light Ions Without the Use of High Voltages. Phys. Rev. 40, 19
https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.40.19
https://journals.aps.org/pr/pdf/10.1103/PhysRev.40.19

[46] Marmet, P. (2003) *Fundamental Nature of Relativistic Mass and Magnetic Fields*. International IFNA-ANS Journal, No. 3 (19), Vol. 9. Kazan State University.
http://www.newtonphysics.on.ca/magnetic/index.html

[47] Michaud, A. (2017) *The Last Challenge of Modern Physics*. J Phys Math 8: 217. doi: 10.4172/2090-0902.1000217**.**
http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers/View/6958

[48] Michaud, A. (2021) *The Last Challenge of Modern Physics: Perspective to Concept and Model Analysis*. In: Dr. Jelena Purenovic, Editor. Newest Updates in Physical Science Research Vol. 4, 1–29.
https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/8817

[49] Michaud, A. (2018) *The Hydrogen Atom Fundamental Resonance States*. Journal of Modern Physics, 9, 1052-1110. doi: 10.4236/jmp.2018.95067.
http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/7278

[50] Michaud, A. (2020) *An Overview of The Hydrogen Atom Fundamental Resonance States*. In: Dr. Mohd Rafatullah, editor. New Insights Into Physical Science Vol. 6. West Bengal, India: Book Publisher International. 2020.
https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/8942

[51] De Broglie, L. (1923) *Ondes et Quanta. Comptes rendus.* T.177 (1923) 507-510.
http://www.academie-sciences.fr/pdf/dossiers/Broglie/Broglie_pdf/CR1923_p507.pdf

[52] Schrödinger, E. (1926) *An Undulatory Theory of the Mechanics of Atoms and Molecules*. Phys. Rev. 28, 1049 – Published 1 December 1926.
https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.28.1049

[53] Heisenberg, W. (1925) *Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen*. Zeitschrift für Physik. **33** (1): 879–893.
https://link.springer.com/article/10.1007/BF01328377

[54] Brown, L.M. (2005) *Feynman's Thesis – A New Approach to Quantum Theory*. World Scientific.

[55] Einstein, A., Schrödinger, E., Pauli, W., Rosenfeld, L., Born, M., Joliot-Curie, I. & F., Heisenberg, W., Yukawa, H., et al. (1953) *Louis de Broglie, physicien et penseur*. Éditions Albin Michel, Paris.

[56] Schrödinger, E. (1952) *Are there quantum jumps?* Brit. J. Philos. Sci. 3 109,233.
https://philpapers.org/rec/SCHATQ-3

[57] Cockcroft, J.D. & Walton, E.T.S. (1932) *Disintegration of Lithium by Swift Protons*. Nature volume 129, page 649 (1932).
https://www.nature.com/articles/129649a0

 © André Michaud

[58] Anderson, C.D. (1933) *The Positive Electron*, California Institute of Technology, Pasadena, California (Received February 28, 1933).

https://journals.aps.org/pr/pdf/10.1103/PhysRev.43.491

[59] Ciufolini, I. & Wheeler, J.A. (1995) *Gravitation and Inertia*, Princeton University Press.

[60] Breidenbach M. et al. (1969) *Observed Behavior of Highly Inelastic Electron-Proton Scattering*, Phys. Rev. Let., Vol. 23, No. 16, 935-939.

http://www.slac.stanford.edu/pubs/slacpubs/0500/slac-pub-0650.pdf

[61] McDonald, K., et al. (1997) *Positron Production in Multiphoton Light-by-Light Scattering*, Phys.Rev.Lett.79,1626.

http://www.slac.stanford.edu/exp/e144/.
http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.79.1626.

[62] Kotler S., Akerman N., Navon N., Glickman Y., Ozeri R. (2014) *Measurement of the magnetic interaction between two bound electrons of two separate ions.* Nature magazine. doi:10.1038/nature13403. Macmillan Publishers Ltd. Vol. 510, pp. 376-380.

https://www.nature.com/articles/nature13403.epdf?referrer_access_token=yoC6RXrPyxwvQviChYrG0tRgN0jAjWel9jnR3ZoTv0PdPJ4geER1fKVR1YXH8GThqECstdb6e48mZm0qQo2OMX_XYURkzBSUZCrxM8VipvnG8FofxB39P4lc-1UIKEO1

[63] Michaud, A. (2017) *Gravitation, Quantum Mechanics and the Least Action Electromagnetic Equilibrium States*. J Astrophys Aerospace Technol 5: 152. doi:10.4172/2329-6542.1000152

http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers/View/7093

[64] Michaud, A. (2020) *Gravitation, Quantum Mechanics and the Least Action Electromagnetic Equilibrium States*. In: Amenosis Lopez, editor. Prime Archives in Space Research. Hyderabad, India: Vide Leaf. 2020.

https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Unification%20Theories/Download/8260

[65] Michaud, A. (2000) *On an Expanded Maxwellian Geometry of Space*. Proceedings of Congress-2000 – Fundamental Problems of Natural Sciences and Engineering. (2000) Volume 1, St.Petersburg, Russia, pages 291-310.

https://www.researchgate.net/publication/357526949_Sobre_una_geometria_maxwelliana_aumentada_del_espacio

[66] Michaud, A. (2007) *Field Equations for Localized Individual Photons and Relativistic Field Equations for Localized Moving Massive Particles*, International IFNA-ANS Journal, No. 2 (28), Vol. 13, pp. 123-140, Kazan State University, Kazan, Russia.

http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers/View/6672

[67] Michaud, A. (2012) *Expanded Maxwellian Geometry of Space*. SRP Books. Smashwords. ISBN: 9780988052741.

https://www.smashwords.com/books/view/163704

[68] Michaud, A. (2013) *The Expanded Maxwellian Space Geometry and the Photon Fundamental LC Equation*. International Journal of Engineering Research and Development, e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 6, Issue 8, pp. 31-45**.**

https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/8957

[69] Michaud, A. (2013) *From Classical to Relativistic Mechanics via Maxwell*, International Journal of Engineering Research and Development, e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 6, Issue 4. pp. 01-10.

 © André Michaud

http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers/View/6610

[70] Michaud, A. (2013) *Unifying All Classical Force Equations*, International Journal of Engineering Research and Development, e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X, Volume 6, Issue 6 (March 2013), PP. 27-34.

http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers/View/6626

[71] Michaud, A. (2013) *On the Electron Magnetic Moment Anomaly***,** International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 7, Issue 3, PP. 21-25.

https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/9045

[72]Schwinger, J. (1948) *On Quantum-electrodynamics and the Magnetic Moment of the Electron*. Phys. Rev. 73, 416-417 (1948).

https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.73.416

[73] Michaud, A. (2013) *The Mechanics of Neutrinos Creation in the 3-Spaces Model*. International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 7, Issue 7, pp.01-08.

https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/8986

[74] Michaud, A. (2013) *The Mechanics of Neutron and Proton Creation in the 3-Spaces Model*. International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN : 2278-800X, Volume 7, Issue 9. pp. 29-53.

https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Quantum%20Theory%20/%20Particle%20Physics/Download/8970

[75] Michaud, A. (2013) *The Corona Effect*. International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X, Volume 7, Issue 11(July2013), PP. 01-09.

http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers/View/7076

[76] Michaud, A. (2013) *Inside planets and stars masses.* International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 8, Issue 1. pp. 10-33.

http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Cosmology/Download/7088

[77] Aschwanden, M. (2006) *Physics of the Solar Corona*, Springer, 2006.

[78] Lowrie, W. (2007) *Fundamentals of Geophysics*, Second Edition, Cambridge University Press.

[79] Kühne, R.W. (1998) *Remark on "Indication, from Pioneer 10/11, Galileo, and Ulysses Data, of an Apparent Anomalous, Weak, Long-Range Acceleration*". arXiv:gr-qc/9809075v1 28 Sep 1998.

https://arxiv.org/pdf/gr-qc/9809075.pdf.

[80] Michaud, A. (2017) *Mecánica electromagnética de las partículas elementales*. 2a edición. Scholar's Press. Saarbrücken, Germany. 2016. ISBN: 978-3-330-65345-0.

http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Mechanics%20/%20Electrodynamics/Download/6975

[81] Michaud, A. (2020) *Introducción al electromagnetismo según Maxwell - Mecánica electromagnética*, Generis Publishing, ISBN 978-9975-3238-3-3.

 © André Michaud

https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Mechanics%20/%20Electrodynamics/Download/8322

[82] Michaud, A. (2021) *Our Electromagnetic Universe*. In: Dr. Mohd Rafatullah, Editor. Newest Updates in Physical Science Research Vol. 12. 23 July 2021, Page 64-82.

https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Unification%20Theories/Download/8866

[83] Michaud, A. (2016) *On the Birth of the Universe and the Time Dimension in the 3-Spaces Model*. American Journal of Modern Physics. Special Issue: Insufficiency of Big Bang Cosmology. Vol. 5, No . 4-1, 2016, pp. 44-52. doi: 10.11648/j.ajmp.s.2016050401.17.

http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers/View/5695

[84] Stodolna, A.S., Rouzée, A. et al. (2013) *Hydrogen Atoms under Magnification: Direct Observation of the Nodal Structure of Stark States.* Physical Review Letters. Volume 110, Issue 21, e213001, (2013).

http://prl.aps.org/abstract/PRL/v110/i21/e213001

[85] Hafele, J.C. and Keating, R.E. (1972) *Around-the-World Atomic Clocks: Predicted Relativistic Time Gains*. Science, New Series, Vol. 177, No. 4044, pp. 166-168. DOI: 10.1126/science.177.4044.166.
http://www.personal.psu.edu/rq9/HOW/Atomic_Clocks_Experiment.pdf.

[86] Anderson, J.D., Laing, A., Lau, E.L., Liu, A.S., Nieto, M.M. et al. (1998) *Indications from Pioneer 10/11, Galileo, and Ulysses Data, of an Apparent Anomaleous, Weak, Long-Range Acceleration*, gr-qc/9808081, v2, 1 Oct 1998.

http://arxiv.org/pdf/gr-qc/9808081v2.pdf.

[87] Nieto, M.M., Goldman, T., Anderson, J.D., Lau, E.L., Perez-Mercader, J. (1994) *Theoretical Motivation for Gravitation Experiments on Ultra low Energy Antiprotons and Antihydrogen*, hep-ph/9412234, 5 Dec 1994.

http://arxiv.org/pdf/hep-ph/9412234.pdf.

[88] Anderson, J.D., Campbell, J.K, Nieto, M.M. (2006) *The energy transfer process in planetary flybys*, astro-ph/0608087v2, 2 Nov 2006.

http://arxiv.org/pdf/astro-ph/0608087.pdf.

[89] Anderson J.D. et al. (2005). Study of the anomalous acceleration of Pioneer 10 and 11, gr-qc/0104064.

https://arxiv.org/abs/gr-qc/0104064

[90] Michaud, A. (2011) *Proposal of an invariant mass reference for the kilogram. ResearchGate*. DOI: 10.13140/RG.2.2.25904.02563/1

http://www.gsjournal.net/Science-Journals/Essays/View/2465

[91] Lide, D.R,, Editor-in-chief (2003) *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 84th Edition 2003-2004, CRC Press, New York. 2003.

[92] Mordovanakis, A.G. et al. *Quasimonoenergetic Electron Beams with Relativistic Energies and Ultrashort Duration from Laser-Solid Interactions at 0.5 kHz*, Phys. Rv. Lett. 103, 235001, 2009.

https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.103.235001

[93] Blewett, J.P. (1946) *Radiation Losses in the Induction Electron Accelerator*, Phys. Rev. 69, 87.

https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.69.87

 © André Michaud

[94] Hanson, G., Agrams, G.S., et al. (1975) *Evidence for Jet Structure in Hadron Production by e+ e- Annihilation*. Phys. Rev. Let., Vol. 35, No. 24, 1609-1612.
https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.35.1609

[95] Hassani, S. (1999) *Mathematical Physics*. Springer-Verlag. USA. ISBN 0-387-98579-4.

[96] Van Leunen, H. (2021) *The Standard Model of Particle Physics and the Hilbert Repository*. The Hilbert Book Model Project. DOI: 10.13140/RG.2.2.24853.04325
https://vixra.org/abs/2103.0188

[97] Van Leunen, H. (2021) *Elemental and Structured Spaces.* The Hilbert Book Model Project.
https://vixra.org/abs/2102.0087

[98] Michaud, A. (2017) *On the Relation between the Comprehension Ability and the Neocortex Verbal Areas*. J Biom Biostat 8: 331. doi:10.4172/2155-6180.1000331
https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Education/Download/7618

[99] Michaud, A. (2021) *Relating the Comprehension Ability to the Neocortex Verbal Areas: A brief study*. In: Dr. Slawomir Borek, Editor. New Visions in Biological Science Vol. 1. 10 August 2021, Page 136-164.
https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Education/Download/8881

[100] Michaud, A. (2019) *The Mechanics of Conceptual Thinking*. Creative Education, 10, 353-406.
https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Education/Download/7667

[101] Michaud, A. (2020) *Advancement on the Mechanics of Conceptual Thinking*. In: Dr. Sachin Kumar Jain & Dr. Alina Georgeta Mag, Editors. New Horizons in Education and Social Studies Vol. 6. West Bengal, India: Book Publisher International. 2020.
https://www.gsjournal.net/Science-Journals/Research%20Papers-Education/Download/8926

[102] Trail, D. (2022) *Wave Functions for the Electron and Positron*. Applied Physics Research; Vol. 14, No. 1; 2022 ISSN 1916-9639 E-ISSN 1916-9647é Published by Canadian Center of Science and Education. https://doi.org/10.5539/apr.v14n1p59
https://ccsenet.org/journal/index.php/apr/article/view/0/47058

[103] Slater, J.C. (1964) *Atomic radii in Crystals*. J. Chem. Phys. **41**, 3199 (1964).
https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.1725697

[104] Clementi, E., Raimondi, D.L., Reinhardt, W.P. (1967) *Atomic Screening Constants from SCF Functions. II. Atoms with 37 to 86 Electrons*. J. Chem. Phys. **47** (4): 1300–1307.
https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.1712084

 © André Michaud