

PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TEORÍA ECE

UN NUEVO PARADIGMA DE LA FÍSICA

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

Traducción: Alex Hill

Junio de 2016.

Capítulo 4

La Masa del Fotón y el Campo $B^{(3)}$.

4.1 Introducción.

El campo $B^{(3)}$ fue inferido en noviembre de 1991 [1]- [10] a partir de una consideración del producto conjugado de óptica no lineal en el Efecto Faraday Inverso. En la física previa al gran cambio paradigmático de la teoría ECE, se consideraba al producto conjugado como existiendo en el espacio libre solamente en un plano de dos dimensiones. Esto constituía un dogma absurdo, requerido por la necesidad de un fotón sin masa y la invariancia gauge $U^{(1)}$ de la vieja teoría [24]. El lagrangiano debía ser invariante bajo cierto tipo de transformación gauge. Por lo tanto, no podía haber componentes longitudinales del campo electromagnético libre, lo cual significaba que el producto vectorial conocido como el producto conjugado no podía tener componente longitudinal en el espacio libre, pero tan pronto interactuaba con la materia producía una magnetización longitudinal observable experimentalmente. En retrospectiva, esto resulta groseramente absurdo, ya que desafía la geometría básica, la definición básica del producto vectorial en el espacio tridimensional, o la parte espacial del espaciotiempo de cuatro dimensiones.

Los primeros documentos referidos a $B^{(3)}$ se publicaron en *Physica B* en 1992 y 1993, y pueden verse en la Sección Omnia Opera del portal www.aias.us . El descubrimiento del campo $B^{(3)}$ no se relacionó de inmediato con la masa del fotón, un concepto que se remonta a la teoría corpuscular de Newton y aun antes. Fue revivido por Einstein, a medida que

desarrolló la vieja teoría cuántica y la relatividad restringida, y con la inferencia de la dualidad onda-partícula pasó a formar parte de la escuela de pensamiento de de Broglie en el Instituto Poincaré en París. Entre los miembros de esta escuela se encontraban Proca y Vigier, cuya vida laboral se dedicó en gran parte a la teoría de la masa del fotón y un tipo de mecánica cuántica que rechazaba la indeterminación de Copenhague. Esto se conoce habitualmente como la mecánica cuántica determinista o causal. La teoría ECE ha refutado claramente la indeterminación en favor del determinismo causal, porque la teoría ECE ha demostrado que esencialmente todas las ecuaciones válidas de la física tienen su origen en la geometría. El indeterminismo afirma que algunos aspectos de la naturaleza son absolutamente incognoscibles, y que no hay causa y efecto, y que por ejemplo una partícula puede hacer lo que se le antoje, como el ir hacia adelante y hacia atrás en el tiempo. Para los deterministas causales esto resulta absurdo y un dogma antibaconiano, de manera que lo han rechazado desde que fue propuesto, hace alrededor de noventa años. Esto constituyó el primer gran cisma en el campo de la física. El segundo gran cisma se dio con el surgimiento de la teoría ECE, la cual ha partido a la física en el dogma (el modelo establecido) y un desarrollo perfectamente lógico basado en la geometría (teoría ECE). Todo efecto posee una causa, y las ecuaciones ondulatorias de la física se obtienen a partir de la geometría de una manera rigurosamente lógica. Se han refutado muchos aspectos del modelo establecido con una facilidad asombrosa. Esto sugiere que el modelo establecido “ni siquiera estaba equivocado”, en palabras de Pauli, sino que se trataba de una plétora de abstracciones ridículas que nunca podían evaluarse a nivel experimental y que muy pocos podían comprender. Este conjunto de tonterías se vocifera por los medios masivos de comunicación como propaganda, provocando un enorme daño a la ciencia baconiana. Este libro intenta remediar parte de dicho daño.

Vigier aceptó de inmediato el campo $B^{(3)}$, y a finales de 1992 sugirió en una carta a M. W. Evans, el descubridor de $B^{(3)}$, que implicaba la existencia de la masa del fotón, porque era un componente longitudinal del campo libre, observable experimentalmente, y de ese modo refutaba el dogma de la transformación gauge $U^{(1)}$. Vigier era muy consciente del hecho de que el lagrangiano de Proca no es invariante gauge $U^{(1)}$ debido a la masa del fotón, y en 1992 había desarrollado el tema en múltiples direcciones. El tema de la masa del fotón estaba tan desarrollado como cualquier otra cosa de la física establecida. Los dos tipos de física se desarrollaron en paralelo, siendo una tan válida como la otra, pero una de ellas (el modelo establecido) mucho más conocida que la otra. La Escuela de Pensamiento de de Broglie era bien conocida por Einstein, quien invitó a Vigier a que fuese su asistente, lo cual parecía implicar que Einstein favorecía la escuela determinista de la mecánica cuántica, como es bien sabido. Lo mismo sucedió con Schroedinger, quien trabajó sobre el tema de la masa fotónica durante muchos años. Uno de los últimos trabajos de Schroedinger, en colaboración con Bass, se refiere a la masa fotónica, durante su estancia en el Instituto de Dublín de Estudios Avanzados, a mediados de la década de los cincuentas. De manera que, por implicancia, Einstein, de Broglie y Schroedinger rechazaban la invariancia gauge del modelo establecido $U^{(1)}$, de la misma manera en que hubiesen rechazado el bosón de Higgs en la actualidad.

El campo $B^{(3)}$ también fue aceptado por los protagonistas de una electrodinámica con topología más elevada, tres o cuatro de cuyos libros aparecen en la serie de World Scientific, “*Contemporary Chemical Physics*”. Por ejemplo, libros escritos por Lehnert y Roy, Barrett, Harmuth et al., y Crowell, y también fue aceptado por Kielich, un pionero de la óptica no lineal. Otros artículos, en especial de Reed [27] acerca de los campos de Beltrami y electrodinámica con una topología más elevada, aparecen en “*Modern Nonlinear Optics*”, publicado en dos ediciones y seis volúmenes entre 1992 y 2001. Piekara también trabajó en París, y con Kielich infirieron el Efecto Faraday Inverso (EFI). Este efecto fue re-inferido por Pershan en Harvard, a principios de la década de los sesentas, y observado experimentalmente por primera vez en el Bloembergen School, en Harvard, alrededor de 1964. La primera observación utilizó un láser de frecuencia visible, y el EFI fue confirmado a frecuencias de microondas por Deschamps et al. [35] en París en 1970, en un plasma de electrones. De manera que demostró ser un efecto ubicuo, que dependía para su descripción del producto conjugado. El campo $B^{(3)}$ fue ampliamente aceptado como una descripción natural de la magnetización longitudinal del EFI.

Siguiendo la sugerencia de Vigier, en cuanto a que el campo $B^{(3)}$ implicaba la existencia de la masa fotónica, se llevaron a cabo los primeros intentos para desarrollar la electrodinámica $O^{(3)}$ [1]- [10], en la que los índices de la base circular compleja, (1), (2) y (3), se incorporaron a la electrodinámica, tal como se describe en capítulos anteriores de este libro. Muchos aspectos de la invariancia gauge $U^{(1)}$ fueron rechazados, tal como se describe en la Omnia Opera publicada en el portal www.aias.us, entre 1993 y 2003, tras una década de desarrollo. Durante este período, Evans y Vigier produjeron cinco volúmenes [1]- [10] en la célebre serie de van der Merwe que llevó por título “*The Enigmatic Photon*” (El Fotón Enigmático), título sugerido por el mismo van der Merwe. El contenido de estos libros está disponible en la Omnia Opera del portal www.aias.us. A mediados de la década de los noventas, van der Merwe publicó un artículo de recopilación, acerca de las implicaciones de $B^{(3)}$, por sugerencia de Vigier, en su publicación “*Foundations of Physics*”. Esta fue una célebre publicación periódica sobre temas de avanzada en la física, uno de los muy pocos que permitían la publicación de ideas que no pertenecieran a la física establecida.

La electrodinámica $O^{(3)}$ era una electrodinámica con topología más elevada, que resultó transicional entre la época temprana de la teoría $B^{(3)}$ y la teoría ECE, en la que la masa del fotón y $B^{(3)}$ se desarrollan ambos a partir de la geometría de Cartan.

4.2 Deducción de las Ecuaciones de Proca a partir de la Teoría ECE

La ecuación de Proca, tal como se comenta brevemente en el Capítulo 3, constituye la ecuación fundamental de la teoría de la masa del fotón, y en esta sección se deduce a partir

del postulado de la t etra. Este último siempre da una masa fotónica finita en la teoría ECE, que aquí consideramos en el formato:

$$D_\mu q^a{}_\nu = \partial_\mu q^a{}_\nu + \omega^a{}_{\mu b} q^b{}_\nu - \Gamma^\lambda{}_{\mu\nu} q^a{}_\lambda = 0 \quad (4.1)$$

donde $q^a{}_\nu$ es la t etra de Cartan, donde $\omega^a{}_{\mu b}$ es la conexi n de esp n y $\Gamma^\lambda{}_{\mu\nu}$ es la conexi n gamma.

Definimos:

$$\omega^a{}_{\mu\nu} = \omega^a{}_{\mu b} q^b{}_\nu \quad , \quad (4.2)$$

$$\Gamma^a{}_{\mu\nu} = \Gamma^\lambda{}_{\mu\nu} q^a{}_\lambda \quad , \quad (4.3)$$

entonces:

$$\partial_\mu q^a{}_\nu = \Gamma^a{}_{\mu\nu} - \omega^a{}_{\mu\nu} := \Omega^a{}_{\mu\nu} \quad . \quad (4.4)$$

Diferenciamos ambos lados:

$$\partial^\mu \partial_\mu q^a{}_\nu = q^a{}_\nu = \partial^\mu \Omega^a{}_{\mu\nu} \quad (4.5)$$

y definimos:

$$\partial^\mu \Omega^a{}_{\mu\nu} := -Rq^a{}_\nu \quad (4.6)$$

para hallar la ecuación de onda ECE:

$$(\square + R)q^a{}_\nu = 0 \quad (4.7)$$

y la ecuación:

$$\partial^\mu \Omega^a{}_{\mu\nu} + Rq^a{}_\nu = 0 \quad , \quad (4.8)$$

donde la curvatura es:

$$R = -q^v_a \partial^\mu \Omega^a_{\mu\nu}. \quad (4.9)$$

Ahora utilizamos el postulado ECE y definimos un campo electromagnético:

$$F^a_{\mu\nu} := A^{(0)} \Omega^a_{\mu\nu} \quad (4.10)$$

para hallar:

$$(\square + R)A^a_\mu = 0 \quad (4.11)$$

y

$$\partial^\mu F^a_{\mu\nu} + RA^a_\nu = 0. \quad (4.12)$$

Estas son ecuaciones de onda y de campo de Proca, Q. E. D.

La masa del fotón se define mediante la curvatura:

$$R = \left(\frac{mc}{\hbar}\right)^2 \quad (4.13)$$

Por lo tanto:

$$\left(\square + \left(\frac{mc}{\hbar}\right)^2\right) A^a_\mu = 0 \quad (4.14)$$

y

$$\partial^\mu F^a_{\mu\nu} + \left(\frac{mc}{\hbar}\right)^2 A^a_\nu = 0. \quad (4.15)$$

Para cada estado de polarización a , éstas son las ecuaciones de Proca de mediados de la década de los treinta. No son invariantes gauge $U^{(1)}$ y refutan inmediatamente la teoría del bosón de Higgs, porque la teoría del bosón de Higgs es invariante gauge $U^{(1)}$. Puede considerarse a la Ec. (4.10) como un postulado de la teoría ECE en donde el campo electromagnético se define mediante la conexión $\Omega^a_{\mu\nu}$. Por antisimetría:

$$F^a_{\mu\nu} = -F^a_{\nu\mu} \quad (4.16)$$

y a partir de la primera ecuación estructural de Cartan:

$$T^a_{\mu\nu} = \partial_\mu q^a_\nu - \partial_\nu q^a_\mu + \omega^a_{\mu\nu} - \omega^a_{\nu\mu}. \quad (4.17)$$

Los postulados fundamentales de la teoría ECE son:

$$A^a_\mu = A^{(0)} q^a_\mu, \quad (4.18)$$

$$F^a_{\mu\nu} = A^{(0)} T^a_{\mu\nu}, \quad (4.19)$$

de manera que:

$$\begin{aligned} F^a_{\mu\nu} &= \partial_\mu A^a_\nu - \partial_\nu A^a_\mu + A^{(0)} \omega^a_{\mu\nu} - \omega^a_{\nu\mu} \\ &= A^{(0)} \Gamma^a_{\mu\nu} - \Gamma^a_{\nu\mu}. \end{aligned} \quad (4.20)$$

Por antisimetría:

$$F^a_{\mu\nu} = 2 (\partial_\mu A^a_\nu + A^{(0)} \omega^a_{\mu\nu}) \quad (4.21)$$

de manera que:

$$F^a_{\mu\nu} (\text{original}) = 2 (F^a_{\mu\nu} (\text{nuevo}) + A^{(0)} \omega^a_{\mu\nu}). \quad (4.22)$$

El postulado (4.10) es una forma conveniente de deducir las dos ecuaciones de Proca a partir del postulado de la tétrada. Al así hacerlo:

$$R_0 = \left(\frac{m_0 c}{\hbar} \right)^2 \quad (4.23)$$

donde m_0 es la masa en reposo del fotón. Definimos más generalmente:

$$R = \left(\frac{mc}{\hbar}\right)^2 \quad (4.24)$$

donde:

$$m = \gamma m_0 \quad (4.25)$$

entonces la ecuación de de Broglie se generaliza a:

$$E = \hbar\omega = mc^2 = \hbar c R^{1/2} \quad (4.26)$$

y el cuadrado de la masa del fotón en movimiento se define mediante la curvatura:

$$m^2 = \left(\frac{\hbar}{c}\right)^2 R = \left(\frac{\hbar}{c}\right)^2 q^{\nu}_a \partial^{\mu} (\omega^a_{\mu\nu} - \Gamma^a_{\mu\nu}) \quad (4.27)$$

Las ecuaciones de Proca se comentan más extensamente en el Capítulo 3. La dogmática transformación gauge $U^{(1)}$ de la física establecida es:

$$A^{\mu} \rightarrow A^{\mu} + \partial^{\mu}\chi \quad (4.28)$$

pero el Lagrangiano de Proca en el modelo establecido es:

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \frac{1}{2} m_0^2 A_{\mu} A^{\mu} \quad (4.29)$$

y este lagrangiano no es invariante gauge $U^{(1)}$ porque la transformación (4.28) lo modifica.

Este problema fundamental de la invariancia gauge $U^{(1)}$ nunca ha sido resuelto, y la actual teoría detrás del bosón de Higgs todavía emplea la invariancia gauge $U^{(1)}$, luego de muchas refutaciones lógicas. El resultado ha sido un profundo cisma en la física entre la teoría ECE científica y la dogmática teoría del modelo establecido.

4.3 Vínculo entre la Masa del Fotón y $B^{(3)}$.

El tensor de campo electromagnético completo de la teoría ECE puede definirse mediante:

$$F^a_{\mu\nu} = f^a_{\mu\nu} - f^a_{\nu\mu} + \omega^a_{\mu b} A^b_{\nu} - \omega^a_{\nu b} A^b_{\mu} \quad (4.30)$$

donde:

$$A^a_{\mu} = A^{(0)} q^a_{\mu} , \quad f^a_{\mu\nu} = \partial_{\mu} A^a_{\nu} . \quad (4.31)$$

Consideremos ahora el postulado de la tétrada en el formato:

$$\partial_{\mu} q^a_{\nu} = \Gamma^a_{\mu\nu} - \omega^a_{\mu\nu} := \Omega^a_{\mu\nu} . \quad (4.32)$$

La Ec. (4.31) sigue directamente a partir del postulado subsidiario:

$$f^a_{\mu\nu} = A^{(0)} \Omega^a_{\mu\nu} \quad (4.33)$$

y como ya se ha demostrado en este capítulo, da lugar a las ecuaciones de onda y de campo de Proca en un formato covariante generalizado. Se observa que las ecuaciones de Proca son estructuras subsidiarias de la estructura no lineal más general (4.30).

El campo $B^{(3)}$ que constituye la base de la teoría de campo unificado se define mediante:

$$B^a_{\mu\nu} = -ig (A^c_{\mu} A^b_{\nu} - A^c_{\nu} A^b_{\mu}) = \omega^a_{\mu b} A^b_{\nu} - \omega^a_{\nu b} A^b_{\mu} \quad (4.34)$$

y se deduce de la parte no lineal del tensor de campo completo (4.30).

En la teoría $B^{(3)}$:

$$\omega^a_{\mu b} = -ig A^c_{\mu} \epsilon^a_{bc} . \quad (4.35)$$

Definimos ahora, para cada índice de polarización a :

$$g^{\mu\nu} = \partial^{\mu} A^{\nu} - \partial^{\nu} A^{\mu} . \quad (4.36)$$

Se deduce entonces que:

$$\partial^\rho g^{\mu\nu} + \partial^\nu g^{\rho\mu} + \partial^\mu g^{\nu\rho} = 0. \quad (4.37)$$

Esta ecuación es igual que:

$$\partial^\mu \tilde{g}_{\mu\nu} = 0 \quad (4.38)$$

donde el tilde denota el dual de Hodge. Sigue entonces que:

$$\partial^\mu \tilde{f}_{\mu\nu} = 0 \quad (4.39)$$

que es la ecuación de campo homogénea de la estructura de Proca. La Ec. (4.32) permite la descripción de los efectos de Aharonov Bohm [1]- [10] con la suposición:

$$\Gamma^a{}_{\mu\nu} = \omega^a{}_{\mu\nu}. \quad (4.40)$$

Con esta suposición, el potencial es distinto de cero cuando el campo es igual a cero. En el documento UFT 157, publicado en el portal www.aias.us, se dedujo la siguiente relación para cada índice de polarización a :

$$j^\mu = - \frac{R}{\mu_0} A^\mu \quad (4.41)$$

donde la densidad de corriente de carga es:

$$j^\mu = (c\rho, \mathbf{J}) \quad (4.42)$$

y donde:

$$A^\mu = \left(\frac{\varphi}{c}, \mathbf{A} \right). \quad (4.43)$$

Aquí, μ_0 es la permeabilidad del vacío y ϵ_0 es la permitividad del vacío. Así:

$$\rho = - \epsilon_0 R \varphi \quad (4.44)$$

y:

$$\mathbf{J} = -R\mu_0\mathbf{A} \quad (4.45)$$

donde ρ es la densidad de carga, φ es el potencial escalar, \mathbf{J} es la densidad de corriente y \mathbf{A} es el potencial vectorial. Previamente en este libro se incluyó una lista de unidades en el S. I., y las unidades de permeabilidad del vacío son:

$$[\mu_0] = \text{J s}^2\text{c}^{-2} \text{m}^{-1}. \quad (4.46)$$

Por lo tanto, el conjunto completo de ecuaciones de la estructura de Proca es:

$$f^a{}_{\mu\nu} = A^{(0)} (\Gamma^a{}_{\mu\nu} - \omega^a{}_{\mu\nu}) \quad (4.47)$$

$$\partial^\mu f^a{}_{\mu\nu} + RA^a{}_\nu = 0 \quad (4.48)$$

$$(\square + R)q^a{}_\mu = 0 \quad (4.49)$$

$$\partial^\mu F^a{}_{\mu\nu} = \square A^a{}_\nu = -RA^a{}_\nu = \mu_0 j^a{}_\nu \quad (4.50)$$

$$\partial^\mu \tilde{f}^a{}_{\mu\nu} = 0 \quad (4.51)$$

$$j^\mu = -\frac{R}{\mu_0} A^\mu. \quad (4.52)$$

Ahora definimos del tensor de campo y su dual de Hodge como:

$$f_{\mu\nu} = \begin{bmatrix} 0 & E_X/c & E_Y/c & E_Z/c \\ -E_X/c & 0 & -B_Z & B_Y \\ -E_Y/c & B_Z & 0 & -B_X \\ -E_Z/c & -B_Y & B_X & 0 \end{bmatrix}, \quad (4.53)$$

$$\tilde{f}_{\mu\nu} = \begin{bmatrix} 0 & B_X & B_Y & B_Z \\ -B_X & 0 & E_Z/c & -E_Y/c \\ -B_Y & -E_Z/c & 0 & E_X/c \\ -B_Z & E_Y/c & -E_X/c & 0 \end{bmatrix}.$$

Estas definiciones dan la ecuación de campo de Proca inhomogénea bajo todas las condiciones, incluso en el vacío:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho / \epsilon_0 = -R\varphi \quad (4.54)$$

$$\nabla \times \mathbf{B} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \mu_0 \mathbf{J} = -R\mathbf{A} \quad (4.55)$$

y las ecuaciones de campo homogéneas:

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (4.56)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \mathbf{0} \quad (4.57)$$

bajo todas las condiciones.

La solución de la Ec. (4.54) es:

$$\varphi = \frac{1}{\epsilon_0} \int \frac{\rho d^3 x'}{|x - x'|} \quad (4.58)$$

y a partir de las Ecs. (4.54) y (4.58):

$$\varphi = -\rho / \epsilon_0 R = \frac{1}{\epsilon_0} \int \frac{\rho d^3 x'}{|x - x'|} \quad (4.59)$$

de manera que:

$$\frac{1}{\epsilon_0} \int \frac{\rho d^3 x'}{|x - x'|} = -\frac{\rho}{R} \quad (4.60)$$

donde:

$$R = -q^a{}_v \partial^\mu \Gamma^a{}_{\mu v} - \omega^a{}_{\mu v}. \quad (4.61)$$

Por lo tanto:

$$\frac{1}{\epsilon_0} \int \frac{\rho(x') d^3 x'}{|x - x'|} = \frac{\rho}{q_a^\nu \partial^\mu (\omega_{\mu\nu}^{a\nu} - \Gamma_{\mu\nu}^a)} \quad (4.62)$$

La ecuación original de Proca de la década de los treinta suponía que:

$$q_a^\nu \partial^\mu (\omega_{\mu\nu}^{a\nu} - \Gamma_{\mu\nu}^a) = \left(\frac{m_0 c}{\hbar}\right)^2 \quad (4.63)$$

donde m_0 es la masa en reposo. Para campos electromagnéticos en el vacío, se suponía que esto era la masa del fotón en reposo, de manera que se infería que las ecuaciones de Proca eran ecuaciones de un bosón con masa finita. Desde un punto de vista más general en física de partículas, éste puede ser cualquier bosón. Por lo tanto, en la teoría de Proca se asocia el campo electromagnético con un bosón masivo (es decir, con un fotón que tiene masa). Por lo tanto, las ecuaciones originales de Proca de los años treinta suponían:

$$\varphi = \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{\hbar}{m_0 c}\right)^2 \rho. \quad (4.64)$$

Se deduce entonces que:

$$\int \frac{\rho(x') d^3 x'}{|x - x'|} = \left(\frac{\hbar}{m_0 c}\right)^2 \rho. \quad (4.65)$$

A partir de las Ecs. (4.59) y (4.65):

$$\varphi(\text{vac}) = \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{\hbar}{m_0 c}\right)^2 \rho(\text{vac}) \quad (4.66)$$

dando la masa en reposo del fotón como la razón:

$$m_0^2 = \left(\frac{\hbar}{c}\right)^2 \frac{1}{\epsilon_0} \frac{\rho(\text{vac})}{\varphi(\text{vac})} = 1.4 \times 10^{-74} \frac{\rho(\text{vac})}{\varphi(\text{vac})}. \quad (4.67)$$

Se requiere de dos experimentos independientes para hallar $\rho(\text{vac})$ y $\varphi(\text{vac})$. En la ref. [37]

se incluye una lista de experimentos utilizados par determinar la masa del fotón. Sin embargo, en esta sección se examinan cuidadosamente las suposiciones utilizadas en estas determinaciones, y en lo principal, se muestra que no son sostenibles. Más adelante, en este capítulo, se incluirá un nuevo método para la determinación de la masa del fotón.

La conservación de la densidad de corriente de carga para cada índice de polarización a significa que:

$$\partial_{\mu} j^{\mu} = 0. \quad (4.68)$$

A partir de las Ecs. (4.68) y (4.52):

$$\partial_{\mu} A^{\mu} = 0. \quad (4.69)$$

En la fisica establecida, se sabe que la Ec. (4.69) es gauge según Lorenz, una suposición arbitraria. En la teoría de la masa del fotón de Proca, el gauge de Lorenz se deduce en forma analítica. En la teoría de Proca, el 4-potencial es físico, y la invariancia gauge $U^{(1)}$ queda completamente refutada. En consecuencia, la teoría del bosón de Higgs se derrumba.

A partir de las conocidas correcciones radiativas [1]- [10] se sabe experimentalmente que el vacío contiene densidad de corriente de carga. Se deduce directaente a partir de la Ec. (4.52) que el vacío también contiene un 4-potencial asociado con la masa del fotón. Por o tanto, hay campos del vacío que en la teoría ECE no lineal incluyen al campo $B^{(3)}$. Por lo tanto, éste último también existe en el vacío y se vincula con la masa del fotón y la teoría de Proca. En el dogma establecido, la suposición de una masa del fotón igual a cero significa que los campos en el vacío sólo contienen componentes transversales. Esto, claramente, constituye una tontería geométrica, y conduce al pequeño grupo $E^{(2)}$ [24] del grupo Poincaré-El 4-potencial en el vacío es:

$$A^{\mu}(\text{vac}) = \left(\frac{\varphi(\text{vac})}{c}, \mathbf{A}(\text{vac}) \right). \quad (4.70)$$

Se deduce que un circuito puede detectar el 4-potencial en el vacío a través de las ecuaciones inhomogéneas de Proca

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = -R\varphi(\text{vac}) \quad (4.71)$$

y:

$$\nabla \times \mathbf{B} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \mu_0 \mathbf{J} = -R\mathbf{A}(\text{vac}). \quad (4.72)$$

En este proceso, la energía total se conserva a través del teorema relevante de Poynting deducido como sigue. Multipliquemos la Ec. (4.72) por \mathbf{E} :

$$\mathbf{E} \cdot (\nabla \times \mathbf{B}) - \frac{1}{c^2} \mathbf{E} \cdot \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = -R\mathbf{E} \cdot \mathbf{A}(\text{vac}). \quad (4.73)$$

Utilicemos:

$$\mathbf{E} \cdot \nabla \times \mathbf{B} = -\nabla \cdot \mathbf{E} \times \mathbf{B} + \mathbf{B} \cdot \nabla \times \mathbf{E} \quad (4.74)$$

en la Ec. (4.73) para encontrar el teorema de Poynting de conservación de la densidad de energía total:

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{S} = \frac{R}{\mu_0} \mathbf{E} \cdot \mathbf{A}(\text{vac}). \quad (4.75)$$

La densidad de energía electromagnética, en unidades de joules por metro cúbico, es:

$$W = \frac{1}{2} \left(\epsilon_0 E^2 + \frac{1}{\mu_0} B^2 \right) \quad (4.76)$$

y el vector de Poynting es:

$$\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B}. \quad (4.77)$$

La Ec. (4.76) define la densidad de energía electromagnética disponible del vacío, más precisamente del espaciotiempo. Este proceso está gobernado por el Teorema de Poynting (4.75) y, por lo tanto, hay conservación de la energía total, habiendo densidad de energía electromagnética en el vacío. El tensor de campo electromagnético relevante es:

$$f^a{}_{\mu\nu} = \partial_\mu A^a{}_\nu \quad (4.78)$$

entonces ya sea:

$$\mathbf{E} = -\nabla\varphi \quad (4.79)$$

ó:

$$\mathbf{E} = -\frac{\partial\mathbf{A}}{\partial t} . \quad (4.80)$$

La antisimetría de la torsión de Cartan significa que el complejo campo no lineal de la Ec. (4.30) es antisimétrico:

$$F^a_{\mu\nu} = -F^a_{\nu\mu} = f^a_{\mu\nu} - f^a_{\nu\mu} + \omega^a_{\mu\nu} - \omega^a_{\nu\mu}. \quad (4.81)$$

La torsión de Cartan viene definida por:

$$T^a_{\mu\nu} = q^a_{\lambda} T^{\lambda}_{\mu\nu} \quad (4.82)$$

donde el tensor de torsión antisimétrico $T^{\lambda}_{\mu\nu}$ está definido por el conmutador de derivadas covariantes:

$$[D_{\mu}, D_{\nu}] V^{\rho} = -T^{\lambda}_{\mu\nu} D_{\lambda} V^{\rho} + R^{\rho}_{\sigma\mu\nu} V^{\sigma}. \quad (4.83)$$

El tensor de torsión está definido por la diferencia de conexiones antisimétricas:

$$T^{\lambda}_{\mu\nu} = \Gamma^{\lambda}_{\mu\nu} - \Gamma^{\lambda}_{\nu\mu} \quad (4.84)$$

y el postulado de la tétrada significa que:

$$\Gamma^a_{\mu\nu} = -\Gamma^a_{\nu\mu} = \partial_{\mu} q^a_{\nu} + \omega^a_{\mu\nu}. \quad (4.85)$$

Se deduce que la antisimetría en la Ec. (4.30) está definida por:

$$f^a_{\mu\nu} + \omega^a_{\mu b} A^b_{\nu} = - (f^a_{\nu\mu} + \omega^a_{\nu b} A^b_{\mu}). \quad (4.86)$$

Si se utiliza la Ec. (4.79) por motivos argumentales, entonces el Teorema de Poynting deviene:

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{S} = -\frac{1}{2} \frac{R}{\mu_0} \frac{\partial}{\partial t} (A^2(\text{vac})). \quad (4.87)$$

A partir de la Ec. (4.45):

$$\mathbf{A}(\text{vac}) = -\frac{\mu_0}{R} \mathbf{J}(\text{vac}) \quad (4.88)$$

de manera que llegamos a:

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{S} = -\frac{1}{2} \mu_0 R \frac{\partial}{\partial t} \frac{J^2(\text{vac})}{R} \quad (4.89)$$

que nos muestra que la densidad de energía en el vacío y el vector de Poynting del vacío se deducen a partir de la derivada temporal del cuadrado de la densidad de corriente en el vacío dividido por R .

En aplicaciones prácticas, estamos interesados en la transferencia de la densidad de energía electromagnética del vacío a un circuito que puede aprovechar la densidad de energía. En un circuito aislado, consideremos la ecuación:

$$A^a{}_\mu = \mu_0 j^a{}_\mu. \quad (4.90)$$

Cuando el circuito interactúa con el vacío:

$$j^a{}_\mu \rightarrow j^a{}_\mu + j^a{}_\mu(\text{vac}) \quad (4.91)$$

de manera que la ecuación de Proca deviene:

$$\square A^a{}_\mu = \mu_0 (j^a{}_\mu + j^a{}_\mu(\text{vac})) \quad (4.92)$$

y

$$\partial^\mu F^a_{\mu\nu} = \mu_0 (j^a_{\mu} + j^a_{\mu}(\text{vac})). \quad (4.93)$$

La ley de Coulomb se modifica a:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{1}{\epsilon_0} (\rho(\text{circuito}) + \rho(\text{vac})) \quad (4.94)$$

y la ecuación que gobierna el potencial escalar es:

$$(\square + R)\varphi = \rho(\text{vac}) / \epsilon_0. \quad (4.95)$$

El operador de d'Alembert se define mediante:

$$\square = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} - \nabla^2. \quad (4.96)$$

La parte dependiente del tiempo de φ en el circuito, por lo tanto, se define mediante:

$$\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + R\varphi = \rho(\text{vac}) / \epsilon_0. \quad (4.97)$$

La unidad de masa fundamental del circuito es la masa del electrón m_e , cuya frecuencia angular en reposo se define mediante el dualismo onda-partícula de de Broglie:

$$R_e = \left(\frac{m_e c}{\hbar}\right)^2 = \frac{\omega_e^2}{c^2} = q^v_a \partial^\mu (\omega^a_{\mu\nu} - \Gamma^a_{\mu\nu}). \quad (4.98)$$

De manera que la Ec. (4.97) deviene:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \omega_e^2 \varphi = c^2 \rho_0(\text{vac}) / \epsilon_0 \quad (4.99)$$

que es una ecuación de resonancia de Euler Bernoulli siempre y cuando:

$$c^2\rho(\text{vac}) / \epsilon_0 = A \cos \omega t. \quad (4.100)$$

La solución de la ecuación de Euler Bernoulli

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \omega_e^2 \varphi = A \cos \omega t \quad (4.101)$$

es conocida por ser:

$$\varphi(t) = \frac{A \cos \omega t}{(\omega_e^2 - \omega^2)^{1/2}}. \quad (4.102)$$

En el punto de resonancia:

$$\omega_e = \omega \quad (4.103)$$

y el potencial escalar del circuito se vuelve infinito para todo valor de A , no importa cuán pequeño sea en magnitud. Esto permite el diseño de circuito para un dispositivo que recoja cantidades prácticas de densidad de radiación electromagnética a partir del vacío mediante amplificación o resonancia. Las placas del condensador utilizado para observar el conocido efecto Casimir pueden incorporarse en el diseño del circuito, como se menciona en trabajo previo por Eckardt, Lindstrom y otros [36].

A partir de las Ecs. (4.41) y (4.44)

$$c^2\rho(\text{vac}) / \epsilon_0 = -c^2 R \varphi(\text{vac}) \quad (4.104)$$

y si consideramos la parte espacial del potencial escalar φ , entonces:

$$\square \rightarrow -\nabla^2 \quad (4.105)$$

y para cada índice de polarización a la ecuación de Proca se reduce a:

$$\nabla^2 \varphi = \left(\frac{mc}{\hbar}\right)^2 \varphi. \quad (4.106)$$

la parte radial del laplaciano en coordenadas polares se define mediante:

$$\nabla^2 \varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} \quad (4.107)$$

de manera que hay una solución para la Ec. (4.106) conocida como el potencial de Yukawa:

$$\varphi = \frac{B}{r} \exp\left(-\left(\frac{mc}{\hbar}\right) r\right) . \quad (4.108)$$

Esta solución se utilizó inicialmente en física de partículas, pero fue descartada por carecer de sentido físico. Los primeros experimentos para detectar la masa del fotón [1]- [10] suponen en todos los casos la validez del potencial de Yukawa. Sin embargo, la ecuación básica:

$$\square A_\mu = \mu_0 j_\mu \quad (4.109)$$

también posee la solución:

$$\varphi = \frac{e}{4\pi\epsilon_0} \left(\left(1 - \frac{\mathbf{n} \cdot \mathbf{v}}{c} \right) |\mathbf{r} - \mathbf{r}'| \right)_{tr}^{-1} \quad (4.110)$$

y

$$\mathbf{A} = \frac{\mu_0 e \mathbf{v}}{4\pi} \left(\left(1 - \frac{\mathbf{n} \cdot \mathbf{v}}{c} \right) |\mathbf{r} - \mathbf{r}'| \right)_{tr}^{-1} \quad (4.111)$$

que son las conocidas soluciones de Liénard Wiechert. Aquí, tr es el tiempo retardado definido por:

$$tr = t - \frac{1}{c} |\mathbf{r} - \mathbf{r}'| \quad , \quad c = \frac{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}{t - tr} \quad (4.112)$$

Por lo tanto, el potencial estático de la ecuación de Proca viene dado por la Ec. (4.110) con:

$$\mathbf{v} = \mathbf{0} \quad (4.113)$$

y la densidad de carga estática en el vacío, en unidades de coulombs por metro cúbico, viene dado por:

$$\rho(\text{vac}) = - \left(\frac{mc}{\hbar} \right)^2 \frac{1}{4\pi} \left(\frac{e}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} \right) tr \quad (4.113a)$$

que es la ley de Coulomb para cualquier masa de fotón.

Esto significa que la masa del fotón no afecta la ley de Coulomb, conocida como una de las más precisas leyes en la física. Análogamente, la masa del fotón no afecta la ley de Ampère Maxwell ni la ley de Ampère. Esto se observa experimentalmente [1]- [10] con un alto grado de precisión, de manera que se concluye que la usual solución de Liénard Wiechert es la solución física, y que la solución de Yukawa es correcta desde un punto de vista matemático, pero sin sentido físico. Por otro lado, la física establecida ignora la solución de Liénard Wiechert, así como otras soluciones, y afirma arbitrariamente que la solución de Yukawa debe de utilizarse en teoría de masa fotónica. El empleo del potencial de Yukawa significa que hay desviaciones respecto de las leyes de Coulomb y Ampère. Estas desviaciones nunca se han observado, de manera que la física establecida concluye que la masa del fotón es igual a cero para todo propósito práctico. Esto constituye una conclusión completamente arbitraria, basada en la afirmación antropomórfica de la masa fotónica igual a cero, un argumento circular completamente inválido. La teoría de este capítulo demuestra que las leyes de Coulomb y Ampère se cumplen para cualquier masa de fotón, y esta última no puede determinarse a partir de estas leyes. En otras palabras, estas leyes no se ven afectadas por la masa del fotón, en el sentido de que la forma de las mismas permanece sin cambio alguno. Por ejemplo, la dependencia respecto del cuadrado de la inversa en la ley de Coulomb es la misma para cualquier masa de fotón. El concepto de masa de fotón no resulta tan directo como pareciera. Por ejemplo, el documento UFT 244, publicado en el portal www.aias.us, muestra que la dispersión Compton, cuando se desarrolla correctamente, da una masa de fotón muy diferente respecto de la Ec. (4.67). Éstas constituyen preguntas no resueltas en la física de partículas, porque el documento UFT 244 ha mostrado violación de la conservación de la energía en la teoría básica de dispersión de partículas.

Antes de proceder a la descripción de la determinación de la masa del fotón mediante dispersión Compton, mencionamos el origen de la idea de la masa del fotón. Este concepto provino de Henri Poincaré, en su memoria de Palermo, presentada el 23 julio de 1905, (Henri Poincaré, *Sur la Dynamique de l'Electron, Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, 21, 127-175 (1905)). Este documento sugirió que la velocidad del fotón v podría ser inferior a c , que es la constante de la transformación de Lorentz. Como fue típico de Poincaré,

introdujo varios nuevos conceptos acerca de relatividad, incluyendo nuevos 4-vectores, generalmente atribuidos a documentos posteriores de Einstein. De manera que Poincaré puede ser considerado como un co-pionero de la relatividad restringida, junto con varios otros. El mismo Einstein sugirió una masa de fotón igual a cero como primera idea tentativa, simplemente porque un objeto que se moviese a una velocidad igual a c debe de tener una masa igual a cero, pues de lo contrario las ecuaciones de la relatividad restringida se vuelven singulares. Posteriormente, Einstein quizá fue persuadido por la Escuela de de Broglie, en el Instituto Poincaré en París, para que considerase una masa finita para el fotón, pero esto no resulta claro. Por lo tanto, fue de Broglie quien asumió la idea de una masa de fotón finita propuesta por Poincaré. El estaba influido por los trabajos de Henri Poincaré antes de inferir la dualidad onda-partícula en 1923, cuando sugirió que las partículas tales como el electrón pudieran comportarse como ondas. A veces surge la confusión cuando se afirma que la velocidad de la luz en el vacío es igual a c . Éste no es el significado de c en la relatividad restringida y general; c es la constante en la transformación de Lorentz. Lorentz y Poincaré habían inferido las ecuaciones tensoriales del electromagnetismo mucho antes que Einstein, como es bien sabido. Habían demostrado que las ecuaciones de Maxwell Heaviside cumplen con la transformación de Lorentz. La teoría ECE ha desarrollado ecuaciones para el electromagnetismo que son covariantes generalizadas, y por lo tanto también son covariantes según Lorentz en un límite bien definido. Es bien sabido que Einstein y otros quedaron muy impresionados con los trabajos de de Broglie, a quien Einstein describió con la célebre frase de que había levantado una esquina del velo.

Louis de Broglie procedió a desarrollar la teoría de la masa del fotón y la mecánica cuántica causal hasta la Conferencia Solvay de 1927, cuando se propuso el indeterminismo, principalmente por parte de Bohr, Heisenberg y Pauli. Fue un concepto rechazado por Einstein, Schrödinger, de Broglie y otros. Posteriormente, de Broglie retornó a la mecánica cuántica determinista por sugerencia de Vigier. Una minoría de físicos ha continuado con el desarrollo de la teoría de la masa finita del fotón, estableciendo límites superiores para la magnitud de la masa fotónica. Existen muchos problemas con el concepto de la masa del fotón igual a cero, como es bien sabido [24]. Estos se discuten con amplios detalles en los cinco volúmenes de la obra "*The Enigmatic Photon*" (Kluwer, 1994, 2002) por M. W. Evans y J.-P. Vigiér. Wigner [24], por ejemplo, demostró que la relatividad restringida puede desarrollarse en términos del grupo Poincaré, o grupo ampliado de Lorentz. En este análisis del grupo Poincaré para una partícula sin masa aparece el Euclidiano $E^{(2)}$, el grupo de rotaciones y traslaciones en un plano bidimensional. Esto resulta obviamente incompatible con las cuatro dimensiones del espaciotiempo o las tres dimensiones del espacio. El pequeño grupo para una partícula con masa es tridimensional y físico, y ya no bidimensional.

Esto constituye el problema más obvio para una partícula sin masa, y una de sus manifestaciones es que el campo electromagnético en el espacio libre debe ser transversal y bidimensional, a pesar del hecho de que la teoría del electromagnetismo está construida en un espaciotiempo de cuatro dimensiones. El fotón sin masa puede tener solamente dos

sentidos de polarización, etiquetados como los conjugados transversales (1) y (2) en la base circular compleja [1]- [10] utilizada en capítulos previos. Este dogma absurdo tomó cuerpo debido al prestigio de Einstein, pero el prestigio no sustituye a la lógica. La idea de una masa de fotón igual a cero se desarrolló hacia la invariancia gauge $U^{(1)}$, la cual se enquistó en el modelo establecido de la física. El sector electromagnético de la física establecida todavía se basa en la invariancia gauge $U^{(1)}$, refutada por el campo $B^{(3)}$ en 1992, y en amplios desarrollos efectuados desde entonces. La idea de una invariancia gauge $U^{(1)}$ fue de hecho refutada por el documento de Poincaré ya descrito, y por el trabajo de Wigner, de manera que es meramente dogmático, no científico. Ha sido refutado por efectos observados en óptica no lineal, en especial por el Efecto Faraday Inverso, y de muchas otras formas. Fue ampliamente refutado en el Capítulo 3 por el hecho de que las ecuaciones de Beltrami del electromagnetismo del espacio libre poseen intrincadas soluciones longitudinales en el espacio libre. Según el dogma $U^{(1)}$, éstas no existen, lo cual constituye una conclusión absurda. Probablemente el concepto más absurdo del dogma $U^{(1)}$ es la condición de Gupta Bleuler, en donde las polarizaciones temporal (0) y longitudinal (3) se eliminan artificialmente [24]. Existen también múltiples problemas conocidos de cuantización canónica del campo electromagnético sin masa. Éstos se comentan en un libro de texto tradicional tal como el de Ryder [24], y en gran detalle en “*The Enigmatic Photon*” [1]- [10]. Finalmente, la teoría electro-débil, la cual puede describirse como $U^{(1)} \times SU^{(2)}$, quedó completamente refutada en el documento UFT 225. La totalidad de la teoría del campo unificado depende de la invariancia gauge $U^{(1)}$, de manera que toda la teoría queda refutada como se describe más arriba. Obviamente, no puede existir un bosón de Higgs.

4.4 Medición de la Masa del Fotón mediante Dispersión Compton.

La teoría de dispersión de partículas ha avanzado marcadamente durante el desarrollo de la teoría ECE, en documentos tales como UFT 155 a UFT 171, en el portal www.aias.us analizados en el documento de recopilación UFT 200. Se ha demostrado que el concepto de una masa de fotón igual a cero resulta incompatible con una teoría de dispersión rigurosamente correcta, por ejemplo la dispersión Compton. Esto es por los numerosos problemas comentados en la parte final de la Sección 4.3. Una masa de fotón igual a cero resulta incompatible con la relatividad restringida, una teoría sobre la cual se basa la dispersión Compton tradicional. En los documentos UFT 158 a UFT 171 se descubrió que las ecuaciones de Einstein de Broglie no poseen consistencia interna, pues un cuidadoso examen académico de la teoría demostró resultados muy inconsistentes, los cuales también aparecen en la dispersión electrón-positrón de igual masa.

La teoría de la dispersión Compton con masa de fotón finita se publicó inicialmente en los documentos UFT 158 a UFT 171, y aquí se utiliza la misma notación empleada en los mismos. La ecuación de conservación de la energía clásica relativista es:

$$\gamma m_1 c^2 + m_2 c^2 = \gamma m_1 c^2 + \gamma' m_2 c^2 \quad (4.114)$$

donde m_1 es la masa del fotón, m_2 es la masa del electrón, y donde los factores de Lorentz se definen, como de costumbre, por las velocidades. La masa del fotón viene dada por la primera ecuación deducida en el documento UFT 160, publicado en el portal www.aias.us:

$$m^2_1 = \left(\frac{\hbar}{c^2}\right)^2 \left[\frac{1}{2a} (-b \pm (b^2 - 4ac')) \right] \quad (4.115)$$

$$a = 1 - \cos^2 \theta,$$

$$b = (\omega'^2 + \omega^2) \cos^2 \theta - 2A,$$

$$A = \omega\omega' - x^2 (\omega - \omega'),$$

$$c' = A^2 - \omega^2 \omega'^2 \cos^2 \theta$$

donde ω' es la frecuencia del rayo gamma disperso, ω es la frecuencia del rayo gamma incidente, y donde:

$$x_2 = \frac{m_2 c^2}{\hbar}. \quad (4.116)$$

Aquí, \hbar es la constante reducida de Planck y c es la velocidad de la luz en el vacío. El ángulo de dispersión es θ . Los datos experimentales de la dispersión Compton pueden utilizarse con la masa del electrón medida en los laboratorios de normas:

$$m_2 = 9.10953 \times 10^{-31} \text{ kg} \quad (4.117)$$

de manera que:

$$x_2 = 7.76343 \times 10^{20} \text{ rad s}^{-1}. \quad (4.118)$$

Las dos soluciones de la Ec. (4.115) para la masa del fotón se incluyen más adelante en esta sección. Una solución siempre posee valor real, y esta raíz generalmente se considera como el valor físico de la masa del fotón. Varía con el ángulo de dispersión, pero su valor siempre se encuentra cerca de la masa del electrón. En este método, el fotón es mucho más pesado que lo considerado previamente. La otra solución puede ser un valor imaginario, y

por lo general esta solución quedaría descartada por falta de sentido físico. Sin embargo, la teoría R significa que la curvatura con valor real puede hallarse como sigue:

$$R = mm^* \left(\frac{c}{\hbar}\right)^2 \quad (4.119)$$

donde $*$ denota el complejo conjugado. Se demuestra posteriormente que una masa con valor imaginario puede interpretarse en términos de propagación supraluminal.

La velocidad del fotón luego de sufrir la dispersión a partir de un electrón estacionario, viene dada por la ecuación de de Broglie:

$$\gamma' m_1 c^2 = \hbar \omega' \quad (4.120)$$

y es igual a c para todo propósito práctico y todos los ángulos de dispersión (Sección 4.3). Por lo tanto, un fotón tan pesado como un electrón no entra en conflicto con los resultados del experimento de Michelson y Morley, pero en una escala cosmológica un fotón con semejante peso podría fácilmente explicar cualquier discrepancia de masa que actualmente se afirme como debida a la materia oscura. La física de la masa del fotón difiere fundamentalmente de la física establecida, tal como se explica con amplios detalles [1]-[10] en los cinco volúmenes de “*The Enigmatic Photon*”, en la sección Omnia Opera del portal www.aias.us. Un fotón tan masivo como un electrón significaría que intentos previos de determinación de la masa del fotón debieran de reconsiderarse, como ya se ha mencionado en este capítulo. El potencial de Yukawa debería abandonarse y desarrollarse nuevamente.

Sin embargo, la teoría del efecto fotoeléctrico puede hacerse compatible con un fotón masivo de la siguiente manera. Consideremos un fotón pesado en colisión con un electrón estático. La ecuación de conservación de la energía es:

$$\gamma m_0 c^2 + m_2 c^2 = \gamma' m_0 c^2 + \gamma'' m_2 c^2. \quad (4.121)$$

La ecuación de de Broglie puede utilizarse como sigue:

$$\hbar \omega = \gamma m_0 c^2 \quad (4.122)$$

$$\hbar \omega'' = \gamma'' m_2 c^2 \quad (4.123)$$

Si el fotón queda detenido tras la colisión, entonces la ecuación de conservación de la energía es:

$$\hbar\omega + m_2c^2 = m_0c^2 + \hbar\omega'' \quad (4.124)$$

donde m_0 es la masa en reposo del fotón. Este concepto no existe en el modelo establecido, porque un fotón sin masa nunca está en reposo. Por lo tanto:

$$m_0 = m_2 + \frac{\hbar}{c^2} (\omega - \omega''). \quad (4.125)$$

Si, por motivos argumentales, las masas del fotón y del electrón son iguales, entonces:

$$m_0 = m_2 \quad (4.126)$$

y:

$$\omega = \omega'' \quad (4.127)$$

es decir, toda la energía del fotón se transfiere al electrón.

Si:

$$\omega \neq \omega'' \quad (4.128)$$

entonces:

$$\hbar (\omega - \omega'') = \Phi + (m_0 - m_2) c^2 = \Phi \quad (4.129)$$

donde Φ es la energía de unión del efecto fotoeléctrico. A partir de la Ec. (4.129):

$$\hbar\omega + m_2c^2 = m_0c^2 + \hbar\omega'' + \Phi \quad (4.130)$$

es decir:

$$\hbar\omega = \hbar\omega'' + \Phi = E + \Phi \quad (4.131)$$

ó:

$$E = \hbar\omega - \Phi \quad (4.132)$$

que es la ecuación típica del efecto fotoeléctrico, Q. E. D. El fotón pesado no desaparece y transfiere su energía al electrón, y el fotón pesado es compatible con el efecto fotoeléctrico.

Resulta interesante inspeccionar el resultado para la masa del fotón en un rango más amplio de parámetros y comprobar si existen islas de estabilidad [33]. Comenzando con la Ec. (4.115), existen en general cuatro soluciones para m_1 , que aparecen en dos pares con signo positivo y negativo. Eliminamos las soluciones negativas y representamos gráficamente los resultados para el rango de valores de ω_0 y θ obtenidos de un experimento [34]. Las gráficas se muestran en las Figs. 4.1 y 4.2. Las áreas con valores iguales a cero (negras) son aquellas con masa imaginaria. Puede observarse que ambas soluciones poseen regiones continuas de valores bien definidos. Existe incluso una simetría en la dependencia angular. Una solución crece para ángulos cada vez mayores, mientras que la otra disminuye en forma correspondiente. Existen mesetas para $m_1 \approx 1$ que es la masa del electrón. Sin embargo, no existe una verdadera región de masa constante, lo cual conduce al absurdo la teoría de de Broglie Einstein.

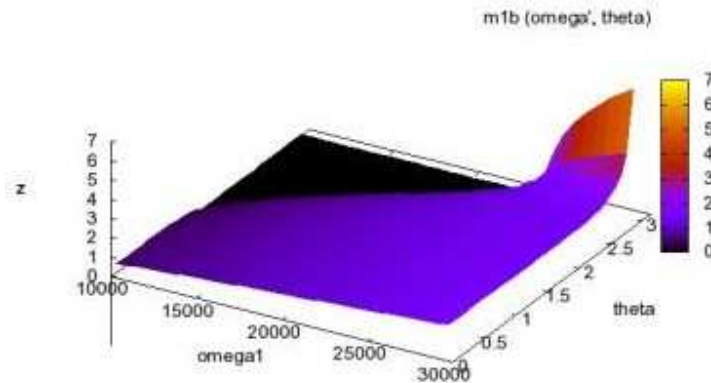


Figura 4.1: Gráfica de superficie para la masa del fotón $m_1(\omega_0, \theta)$, primera solución.

Un problema significativo y fundamental para la física establecida surge a partir de la consideración de la dispersión Compton de igual masa, tal como se describe en el documento UFT 160, publicado en el portal www.aias.us. Puede argumentarse como sigue, en cuanto a que la dispersión Compton entre cuerpos de igual masa viola la conservación de la energía. Consideremos una partícula con una masa m que entra en colisión con una partícula inicialmente estática con masa m . Si se supone que las ecuaciones de conservación de energía y momento son inicialmente correctas, pueden resolverse simultáneamente para dar:

$$x^2 + (\omega^2 - x^2)^{1/2} (\omega'^2 - x^2)^{1/2} \cos \theta = \omega\omega' - (\omega - \omega')x \quad (4.133)$$

donde:

$$x = \omega_0 = mc^2 / \hbar \quad (4.134)$$

si la frecuencia en reposo de la partícula de masa m , ω_0 , es la frecuencia dispersa, y ω es la frecuencia entrante de la partícula m que colisiona con una partícula inicialmente estática con masa m . El ángulo de dispersión es θ y a partir de la Ec. (4.133):

$$\cos^2 \theta = \frac{\omega_0^2 + \omega_0 (\omega - \omega') - \omega\omega'}{\omega_0^2 - \omega_0 (\omega - \omega') - \omega\omega'} \quad (4.135)$$

Para que se cumpla

$$0 \leq \cos^2 \theta \leq 1 \quad (4.136)$$

entonces:

$$\omega < \omega' \quad (4.137)$$

La ecuación de de Broglie significa que la colisión puede describirse mediante:

$$\hbar\omega + \hbar\omega_0 = \hbar\omega' + \hbar\omega'' \quad (4.138)$$

de manera que:

$$\omega + \omega_0 = \omega' + \omega'' \quad (4.139)$$

y:

$$\omega - \omega' = \omega'' - \omega_0 \quad (4.140)$$

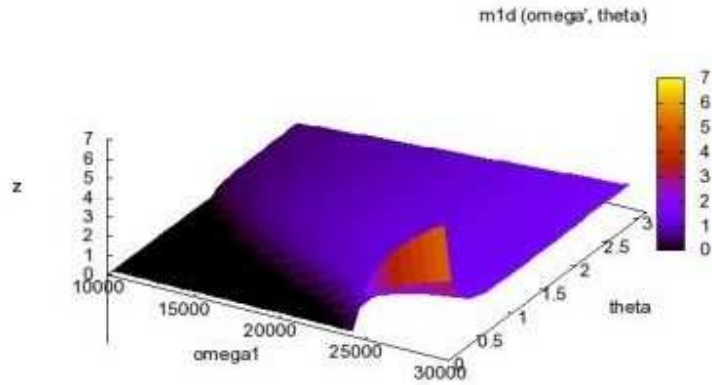


Figura 4.2: Gráfica de superficie para la masa del fotón $m_1(\omega', \theta)$, segunda solución.

Por lo tanto:

$$\omega'' < \omega_0. \quad (4.141)$$

A partir de las Ecs. (4.137) y (4.141):

$$\omega + \omega_0 < \omega' + \omega''. \quad (4.142)$$

Sin embargo, la ecuación inicial de conservación de la energía es (4.139), de manera que la teoría dio la conservación de la energía y se contradice. Esto constituye un desastre para la teoría de dispersión de partículas, porque una violación de la conservación de la energía se produce en un nivel fundamental. La electrodinámica cuántica y la teoría de cuerdas, o la teoría del bosón de Higgs de la dispersión de partículas quedan completamente invalidadas. Si las partículas con masas m_1 y m_2 entran en colisión y ambas continúan en movimiento, la ecuación inicial de conservación de la energía es:

$$\gamma m_1 c^2 + \gamma_2 m_2 c^2 = \gamma' m_1 c^2 + \gamma'' m_2 c^2 \quad (4.143)$$

es decir

$$\hbar\omega + \gamma_2 m_2 c^2 = \hbar\omega' + \hbar\omega'' \quad (4.144)$$

Definimos

$$x_2 = \gamma_2 m_2 c^2 / \hbar \quad (4.145)$$

entonces:

$$x_2 := \omega_2 = \omega' + \omega'' - \omega \quad (4.146)$$

La ecuación de conservación del momento es:

$$\mathbf{p} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2 = \mathbf{p}' + \mathbf{p}'' \quad (4.147)$$

Resolviendo las Ecs. (4.143) y (4.147) simultáneamente, conduce a:

$$x_2 (\omega - \omega') = \omega\omega' - (x_1^2 + (\omega^2 - x_1^2)^{1/2} (\omega'^2 - x_1^2)^{1/2} \cos \theta) \quad (4.148)$$

Para dispersión entre masas iguales:

$$\gamma_2 x (\omega - \omega') = \omega\omega' - (x_1^2 + (\omega^2 - x_1^2)^{1/2} (\omega'^2 - x_1^2)^{1/2} \cos \theta) \quad (4.149)$$

donde

$$x = mc^2 / \hbar \quad (4.150)$$

Por definición:

$$\gamma_2 = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} \quad (4.151)$$

de manera que:

$$(\omega^2 - x^2)^{1/2} (\omega'^2 - x^2)^{1/2} \cos \theta = \omega\omega' - (\omega - \omega') \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-1/2} x - x^2. \quad (4.152)$$

Para

$$v \ll c \quad (4.153)$$

entonces:

$$\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{1/2} \sim 1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} \quad (4.154)$$

De manera que la Ec. (4.152) se aproxima mediante:

$$(\omega^2 - x^2)^{1/2} (\omega'^2 - x^2)^{1/2} \cos \theta = - \left((x - \omega') (x + \omega) + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} x (\omega - \omega') \right). \quad (4.155)$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} (\omega - x) (\omega + x) (\omega' - x) (\omega' + x) \cos^2 \theta = \\ (x - \omega')^2 (x + \omega)^2 + \frac{v^2}{c^2} x (\omega - \omega') (x - \omega') (x + \omega) + \frac{1}{4} \frac{v^4}{c^4} x^2 (\omega - \omega')^2. \end{aligned} \quad (4.156)$$

Para ordenar (v/c):

$$\cos^2 \theta = \frac{x^2 + x(\omega - \omega') \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right) - \omega\omega'}{x^2 - x(\omega - \omega') - \omega\omega'}. \quad (4.157)$$

Sin embargo:

$$0 \leq \cos^2 \theta \leq 1 \quad (4.158)$$

de manera que:

$$(\omega - \omega') \left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right) < -(\omega - \omega') \quad (4.159)$$

es decir:

$$\omega < \omega'. \quad (4.160)$$

La ecuación de conservación de la energía (4.143) es:

$$\omega + \omega_2 = \omega' + \omega'' \quad (4.161)$$

de manera que:

$$\omega' - \omega = \omega_2 - \omega''. \quad (4.162)$$

A partir de las Ecs. (4.160) y (4.162):

$$\omega_2 > \omega''. \quad (4.163)$$

Sumando las Ecs. (4.160) y (4.163):

$$\omega + \omega'' < \omega' + \omega_2 \quad (4.164)$$

De manera que la conservación de la energía nuevamente se ve violada a un nivel fundamental, y queda refutada la totalidad de la teoría de dispersión de partículas, incluso la teoría del bosón de Higgs.

4.5 La Masa del Fotón y la Desviación de la Luz por causa de la Gravitación.

En los documentos de 1923 y 1924 (L. de Broglie, *Comptes Rendues*, 77, 507 (1923) y *Phil. Mag.*, 47, 446 (1924)) Louis de Broglie utilizó el concepto de masa de fotón para relacionar la teoría de Planck del fotón como cuanto de energía y la teoría de la relatividad

restringida. Dedujo ecuaciones conocidas en este libro como las ecuaciones de de Broglie Einstein. Cuantizó el momento del fotón, produciendo el dualismo onda-partícula, y estos documentos condujeron directamente a la inferencia de la ecuación de Schroedinger. En los documentos UFT 150B y UFT 155 en el portal www.aias.us, se demostró que la masa del fotón es responsable de la desviación de la luz y cambio temporal debido a la gravitación, y se demostró que los métodos obsoletos de cálculo de estos fenómenos eran incorrectos de muchas maneras. Esto constituye un ejemplo de un patrón en el que la teoría ECE, a medida que se fue desarrollando, volvió a la vieja física completamente obsoleta. La masa del fotón surgió como uno de los principales contra ejemplos de la física establecida; el bosón de Higgs no existe debido a la masa finita del fotón, lo cual también implica que existe un desplazamiento cosmológico hacia el color rojo sin que haya un universo en expansión. Por lo tanto, la masa del fotón también refuta el *Big Bang*, como también lo hace la torsión del espacio-tiempo [1]- [10]. El desplazamiento al rojo puede deducirse a partir de las ecuaciones originales de 1924 de de Broglie Einstein, sin suposiciones adicionales, y las ecuaciones de de Broglie Einstein pueden deducirse a partir de la geometría de Cartan (Capítulo 1).

La existencia de la masa del fotón puede demostrarse como en el documento UFT 157, publicado en el portal www.aias.us, mediante desviación de la luz por causa gravitacional utilizando la distribución de Planck para un fotón. El resultado es consistente con una masa de fotón de aproximadamente 10^{-51} kg, para un rayo de luz calentado a 2,500 K mientras roza la superficie solar, y este resultado es una de las formas en las que puede demostrarse la masa del fotón, inferida por el campo $B^{(3)}$. Con prioridad a este resultado, existían estimaciones de la masa del fotón con valores con un límite superior de alrededor de 10^{-52} kg, y muchos métodos suponían la validez del potencial de Yukawa. Estos métodos ya han sido criticados más arriba en este mismo capítulo. La teoría einsteiniana de desviación de la luz por causa gravitacional utilizó una masa de fotón igual a cero y se encuentra plagada con errores, tal como se demuestra en los documentos UFT 150B y UFT 155. Por lo tanto, los datos experimentales referidos a la desviación de la luz por causa gravitacional fueron completamente reinterpretados en el documento UFT 157, para dar una estimación razonable de la masa del fotón. Una vez aceptada la existencia de la masa del fotón, éste comienza a aparecer en todos los experimentos que indicaron originalmente el establecimiento de la teoría cuántica, a finales del siglo XIX: radiación del cuerpo negro, calores específicos, el efecto fotoeléctrico, los espectros atómicos y moleculares, y en la década de 1920 la dispersión Compton. Como ya se argumentó en el contexto de la ecuación de Proca, la masa del fotón indica la existencia de un potencial en el vacío, el cual puede amplificarse mediante resonancia de conexión de spin para producir energía a partir del espaciotiempo. Las ecuaciones de de Broglie Einstein son válidas en el límite clásico de la ecuación de ondas de Proca de la mecánica cuántica de la relatividad restringida. Ya se ha demostrado que la ecuación de Proca constituye un límite de la ecuación de onda de la teoría ECE, obtenida a partir del postulado de la tétrada de la geometría de Cartan, y el desarrollo de las ecuaciones de onda a partir del postulado de la tétrada permite la ansiada unificación de la teoría gravitacional y la mecánica cuántica. La ecuación ECE de la electrodinámica cuántica es:

$$(\square + R) A^a{}_\mu = 0 \quad (4.165)$$

donde R es una curvatura escalar bien definida y donde:

$$A^a{}_\mu = A^{(0)} q^a{}_\mu. \quad (4.166)$$

Aquí, $A^{(0)}$ es la magnitud del potencial escalar y $q^a{}_\mu$ es la tétrada de Cartan definida en el Capítulo 1. La Ec. (4.165) se reduce a la ecuación de Proca de 1934 en el límite:

$$R \rightarrow \left(\frac{mc}{\hbar}\right)^2 \quad (4.167)$$

donde m es la masa del fotón, c es una constante universal, y \hbar es la constante reducida de Planck. Nótese cuidadosamente que c no es la velocidad del fotón con masa m , y según lo mencionado en la memoria de Palermo de Poincaré, de Broglie interpretó a c como la velocidad máxima posible en la relatividad restringida. La Ec. (4.165) en el límite clásico es la ecuación de la energía de Einstein:

$$p^\mu p_\mu = m^2 c^2 \quad (4.168)$$

donde:

$$p^\mu = \left(\frac{E}{c}, \mathbf{p} \right) \quad (4.169)$$

y donde m es la masa del fotón. Aquí, E es la energía relativista:

$$E = \gamma m c^2 \quad (4.170)$$

y \mathbf{p} es el momento relativista:

$$\mathbf{p} = \gamma m \mathbf{v}_g. \quad (4.171)$$

El factor γ es el resultado de la transformación de Lorentz y fue descrita por de Broglie como:

$$\gamma = \left(1 - \frac{v_g^2}{c^2}\right)^{-1/2} \quad (4.172)$$

donde v_g es la velocidad de grupo:

$$v_g = \frac{\partial \omega}{\partial \kappa}. \quad (4.173)$$

Las ecuaciones de de Broglie Einstein son:

$$p_\mu = \hbar \kappa^\mu \quad (4.174)$$

donde el 4-número de onda es:

$$\kappa^\mu = \left(\frac{\omega}{c}, \boldsymbol{\kappa}\right). \quad (4.175)$$

La Ec. (4.174) constituye una consecuencia lógica inevitable de la teoría de Planck del cuanto de energía de luz, posteriormente denominado fotón, publicada en 1901, y de la teoría de la relatividad restringida. El modelo establecido ha intentado rechazar la lógica inexorable de la Ec. (4.174) mediante el rechazo de m . La Ec. (4.174) puede expresarse como:

$$E = \hbar \omega = \gamma m c^2 \quad (4.176)$$

y:

$$\mathbf{p} = \hbar \boldsymbol{\kappa} = \gamma m \mathbf{v}_g. \quad (4.177)$$

En sus documentos originales de 1923 y 1924, de Broglie definió la velocidad en la transformación de Lorentz como la velocidad de grupo, que es la velocidad de la envolvente de dos o más ondas:

$$v_g = \frac{\Delta \omega}{\Delta \kappa} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\kappa_2 - \kappa_1} \quad (4.178)$$

y para muchas ondas, aplica la Ec. (4.173). La velocidad de fase v_p fue definida por de Broglie como:

$$v_p = \frac{E}{p} = \frac{\omega}{\kappa}, \quad (4.179)$$

$$v_g v_p = c^2,$$

que es una ecuación independiente del factor de Lorentz γ y con validez universal. El modelo establecido efectúa las arbitrarias y fundamentalmente erróneas suposiciones:

$$m =? 0, \quad v_g = v_p = ? c. \quad (4.180)$$

En óptica física, la velocidad de fase se define mediante:

$$v_p = \frac{\omega}{\kappa} = \frac{c}{n} \quad (4.181)$$

donde $n(\omega)$ es el índice de refracción dependiente de la frecuencia, en general una cantidad compleja (UFT 49, UFT 118 y OO 108 en la sección Omnia Opera del portal www.aias.us.) La velocidad de grupo en óptica física es:

$$v_g = c \left(n + \omega \frac{dn}{d\omega} \right)^{-1} \quad (4.182)$$

y resulta que:

$$v_p v_g = c^2 = \frac{c^2}{n + \omega \frac{dn}{d\omega}} \quad (4.183)$$

dando lugar a la ecuación diferencial:

$$\frac{dn}{d\omega} = - \frac{n}{2\omega} \quad (4.184)$$

Una solución de esta ecuación es

$$n = \frac{D}{\omega^{1/2}} \quad (4.185)$$

donde D^2 es una constante de integración con las unidades de frecuencia angular.

De manera que:

$$n = \frac{\omega_0}{\omega} \quad (4.186)$$

donde ω_0 es una frecuencia angular característica de la radiación electromagnética. La Ec. (4.186) se ha deducido directamente a partir de los documentos originales de de Broglie [1]-[10], utilizando sólo las ecuaciones (4.181) y (4.182) de la óptica física o física ondulatoria. La masa del fotón no aparece en la ecuación final (4.186), pero la masa del fotón es básica para el significado del cálculo. Si se interpreta ω_0 como la frecuencia angular de luz emitida en una estrella distante, entonces ω es la frecuencia angular de la luz que llega al observador. Si:

$$n > 1 \quad (4.187)$$

entonces:

$$\omega < \omega_0. \quad (4.188)$$

y la luz ha sufrido un desplazamiento al rojo, lo cual significa que su frecuencia angular observable (ω) es menor que su frecuencia angular emitida (ω_0), y esto se debe a la masa del fotón, no al universo en expansión. El índice de refracción $n(\omega)$ es aquel del espacio tiempo entre la estrella y el observador. Por lo tanto, en 1924 de Broglie explicó efectivamente el corrimiento cosmológico al rojo en términos de la masa del fotón. Se sabe ahora que el *Big Bang* (término jocoso acuñado por el astrónomo Hoyle) es erróneo de muchas maneras, y fue el resultado de una confusa patología impuesta en lugar de la clara ciencia utilizada por de Broglie. En 1924, de Broglie también introdujo el concepto de frecuencia angular mínima (o en reposo):

$$\hbar\omega_0 = mc^2 \quad (4.189)$$

y frecuencia angular cinética ω_k . Esta última puede definirse en el límite no relativista:

$$\hbar\omega = mc^2 \left(1 - \frac{v_g^2}{c^2}\right)^{-1/2} \sim mc^2 + \frac{1}{2}mv_g^2 \quad (4.190)$$

de manera que:

$$\hbar\omega_\kappa \sim \frac{1}{2}mv_g^2 \quad (4.191)$$

Análogamente, en el límite no relativista:

$$\hbar\kappa \sim mv_g + \frac{1}{2}mv_g^3/c^2, \quad (4.192)$$

de manera que el número de onda mínimo, κ_0 , es:

$$\hbar\kappa_0 \sim mv_g \quad (4.193)$$

y el número de onda cinético es:

$$\hbar\kappa_\kappa \sim \frac{1}{2}mv_g^3/c^2. \quad (4.194)$$

La frecuencia angular total en este límite es:

$$\omega = \omega_0 + \omega_\kappa \quad (4.195)$$

y el número de onda total es:

$$\kappa = \kappa_0 + \kappa_\kappa. \quad (4.196)$$

La energía cinética del fotón fue definida por de Broglie mediante la omisión de la frecuencia mínima (o en reposo):

$$T = \hbar\omega_\kappa \sim \frac{1}{2}mv_g^2 = \frac{p^2}{2m} \quad (4.197)$$

donde:

$$p = mv_g. \quad (4.198)$$

Utilizando las Ecs. (4.189) y (4.193) se encuentra que:

$$v_p = c^2 / v_g = \omega_0 / \kappa_0 \quad (4.199)$$

y utilizando las Ecs. (4.191) y (4.194)

$$v_p = \frac{c^2}{v_g}. \quad (4.200)$$

Por lo tanto:

$$v_p = \frac{\omega}{\kappa} = \frac{\omega_0 + \omega_\kappa}{\kappa_0 + \kappa_\kappa} \quad (4.201)$$

una posible solución de la cual es:

$$\frac{\omega_\kappa}{\omega_0} = v_p. \quad (4.202)$$

Utilizando las Ecs. (4.193) y (4.191):

$$\frac{\omega_\kappa}{\kappa_0} = \frac{1}{2} v_g \quad (4.203)$$

se encuentra que en estos límites:

$$v_g = 2v_p. \quad (4.204)$$

La obra de de Broglie se ha ampliado en este capítulo para dar una simple deducción del viraje cosmológico al rojo debido a la existencia de la masa del fotón, e inversamente, el corrimiento cosmológico al rojo constituye una prueba de la masa del fotón. En los textos del

modelo establecido, la masa del fotón raramente se comenta, y se distorsiona la obra de de Broglie y nunca se la cita correctamente. La mejor estimación actual de la masa del fotón es del orden de 10^{-52} kg. En los documentos UFT 150B y UFT 155, publicados en el portal www.aias.us, se calculó la masa del fotón para la desviación de la luz como:

$$m = \frac{R_0}{c^2 a} E \quad (4.205)$$

utilizando:

$$E = \hbar\omega. \quad (4.206)$$

Esto dio como resultado:

$$m = 3.35 \times 10^{-41} \text{ kg.} \quad (4.207)$$

Aquí, R_0 es la distancia de máximo acercamiento, tomada como igual al radio solar:

$$R_0 = 6.955 \times 10^8 \text{ m} \quad (4.208)$$

y a es un parámetro de distancia calculado con gran exactitud:

$$a = 3.3765447822 \times 10^4 \text{ m.} \quad (4.209)$$

En una teoría más completa, dada aquí, el fotón dentro de un rayo de luz que roza la superficie solar posee una energía media dada por la distribución de Planck [1]- [10]:

$$\langle E \rangle = \hbar\omega \left(\frac{e^{-\hbar\omega/(kT)}}{1 - e^{-\hbar\omega/(kT)}} \right) \quad (4.210)$$

donde k es la constante de Boltzmann y T es la temperatura del fotón. Se encuentra que una masa del fotón de:

$$m = 9.74 \times 10^{-52} \text{ kg} \quad (4.211)$$

es compatible con una temperatura de 2,500 K. La temperatura de la fotosfera en la superficie

solar es de 5,778 K, mientras que la temperatura en la corona solar es de 13 millones K. Utilizando la Ec. (4.176) se encuentra que:

$$v_g = 2.99757 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \quad (4.212)$$

que es menor que la velocidad máxima de la teoría de la relatividad:

$$c = 2.9979 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}. \quad (4.213)$$

Como se comentó en la Nota 157(13), la energía media $\langle E \rangle$ se relaciona con la intensidad del haz I , en unidades de joules por metro cuadrado, mediante

$$I = 8\pi \left(\frac{f}{c}\right)^2 \langle E \rangle \quad (4.214)$$

donde f es la frecuencia del radio, en unidades de hertz. La intensidad puede expresarse como:

$$I = 8\pi f^2 m \left(1 - \frac{v_g^2}{c^2}\right)^{-1/2} \quad (4.215)$$

La densidad de energía total del rayo de luz, en unidades de joules por metro cúbico, es:

$$U = \frac{f}{c} I \quad (4.216)$$

y su densidad de energía, en unidades de watts por metro cuadrado (joules por segundo por metro cuadrado), es:

$$\Phi = cU = fI = 8\pi f^3 m \left(1 - \frac{v_g^2}{c^2}\right)^{-1/2}. \quad (4.217)$$

La densidad de energía es una cantidad fácilmente medible, e implica una masa finita para el fotón a través de la Ec. (4.217). En el modelo establecido no existe la masa del fotón, de manera que no hay densidad de energía, un resultado absurdo. La densidad de energía se relaciona con la magnitud de la fuerza del campo eléctrico (\mathbf{E}) y la densidad de flujo magnético (\mathbf{B}) del rayo mediante:

$$\Phi = \epsilon_0 c E^2 = c B^2 / \mu_0. \quad (4.218)$$

Las unidades en el S.I. son las siguientes:

$$\left. \begin{aligned} E &= \text{volt m}^{-1} = \text{JC}^{-1} \text{ m}^{-1} \\ B &= \text{tesla} = \text{JsC}^{-1} \text{ m}^{-2} \\ \epsilon_0 &= \text{J}^{-1} \text{ C}^2 \text{ m}^{-1} \\ \mu_0 &= \text{Js}^2 \text{ C}^{-2} \text{ m}^{-1} \end{aligned} \right\} \quad (4.219)$$

donde ϵ_0 y μ_0 son, respectivamente, la permitividad en el vacío y la permeabilidad en el vacío definidas por:

$$\epsilon_0 \mu_0 = \frac{1}{c^2} \quad (4.220)$$

de manera que:

$$\Phi = 8\pi f^3 m \left(1 - \frac{v_g^2}{c^2}\right)^{-1/2} = \epsilon_0 c E^2 = \frac{c B^2}{\mu_0} \quad (4.221)$$

4.6 Dificultades con la Teoría de Einstein de la Desviación de la Luz por causa de la Gravitación.

La célebre teoría de Einstein de la desviación de la luz por causa gravitacional se basa en la idea de una masa de fotón igual a cero, porque en 1905 Einstein infirió semejante idea a partir de las bases de la relatividad restringida. Conjeturó que una partícula puede viajar a una velocidad igual a c si, y solamente si, su masa es idénticamente igual a cero, y supuso que los fotones viajaban a esa velocidad c . Poincaré, por otro lado, se dio cuenta que los fotones pueden viajar a una velocidad inferior a c si poseen masa, y que c es la constante en la transformación de Lorentz. El cálculo einsteiniano de la desviación de la luz por causa gravitacional se basó, por lo tanto, en la entonces nueva relatividad general aplicada con una

partícula sin masa. En el influyente documento UFT 150B, publicado en el portal www.aias.us, se demostró que el método de Einstein contiene varios errores fundamentales. Sea cual fuere la precisión de las mediciones, los datos no pueden corregir dichos errores, y la teoría de Einstein se refuta completamente a nivel experimental en las galaxias en espiral, de manera que no puede ser utilizada en ningún sitio de la cosmología.

El método de Einstein se basa en la métrica gravitacional:

$$ds^2 = c^2 d\tau^2 = c^2 dt^2 \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) - dr^2 \left(1 - \frac{r_0}{r}\right)^{-1} - r^2 d\varphi^2 \quad (4.222)$$

usualmente, e incorrectamente, atribuida a Schwarzschild. Aquí, se utilizan coordenadas polares cilíndricas en el plano XY. En la Ec. (4.222) r_0 es el así-llamado radio de Schwarzschild, la partícula de masa m que gira en órbita alrededor de la masa M , por ejemplo el Sol. El infinitesimal del tiempo propio es $d\tau$. El lagrangiano para este cálculo es:

$$L = \frac{m}{2} \left(\left(\frac{dt}{d\tau} \right)^2 \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) - \left(1 - \frac{r_0}{r}\right)^{-1} \left(\frac{dr}{d\tau} \right)^2 - r^2 \left(\frac{d\varphi}{d\tau} \right)^2 \right) \quad (4.223)$$

y la energía y el momento totales vienen dados como las siguientes constantes de movimientos:

$$E = mc^2 \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \frac{dt}{d\tau}, \quad L = mr^2 \frac{d\varphi}{d\tau}. \quad (4.224)$$

Dado que $m \ll M$, el radio de Schwarzschild es:

$$r_0 = 2MG / c^2. \quad (4.225)$$

Por lo tanto, el cálculo supone que la masa m no es igual a cero. Para la luz que roza la superficie solar, ésta es la masa del fotón.

La ecuación de movimiento se obtiene a partir de la Ec. (4.222), multiplicando ambos lados por $(1 - r_0/r)$ para dar: c^2

$$m \left(\frac{dr}{d\tau} \right)^2 = \frac{E^2}{mc^2} - \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \left(mc^2 + \frac{L^2}{mr^2} \right). \quad (4.226)$$

El infinitésimo del tiempo propio se elimina como sigue:

$$\frac{dr}{d\tau} = \frac{d\varphi}{d\tau} \frac{dr}{d\varphi} = \left(\frac{L^2}{mr^2} \right) \frac{dr}{d\varphi} \quad (4.227)$$

para dar la ecuación orbital:

$$\left(\frac{dr}{d\varphi} \right)^2 = r^4 \left(\frac{1}{b^2} - \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{r^2} \right) \right) \quad (4.228)$$

donde las dos longitudes constantes a y b se definen mediante:

$$a = \frac{L}{mc} \quad , \quad b = \frac{cL}{E} \quad (4.229)$$

La solución de la Ec. (4.228) es:

$$\varphi = \int \frac{1}{r^2} \left(\frac{1}{b^2} - \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{r^2} \right) \right)^{-1/2} dr \quad (4.230)$$

y la desviación de la luz por causa gravitacional es:

$$\Delta\varphi = 2 \int_{R_0}^{\infty} \frac{1}{r^2} \left(\frac{1}{b^2} - \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{r^2} \right) \right)^{-1/2} dr - \pi \quad (4.231)$$

donde R_0 es la distancia de máximo acercamiento, esencialmente el radio solar. Utilizando:

$$u = 1/r \quad , \quad du = -\frac{1}{r^2} dr \quad (4.232)$$

la integral puede re-expresarse como:

$$\Delta\varphi = 2 \int_0^{1/R_0} \left(\frac{1}{b^2} - (1 - r_0 u) \left(\frac{1}{a^2} + u^2 \right) \right)^{-1/2} dr - \pi \quad (4.233)$$

Si hemos de aceptar la métrica gravitacional por motivos argumentales, su empleo correcto debe ser el asumir una masa de fotón idénticamente distinta de cero e integrar la Ec. (4.233), generando una ecuación para la desviación observada experimentalmente $\Delta\varphi$ en términos de m , a y b .

Sin embargo, debido a esta conjetura de la masa del fotón igual a cero, Einstein utilizó la condición de geodésica nula:

$$ds^2 = 0 \quad (4.234)$$

que significa que m es idénticamente igual a cero. Esta suposición significa que:

$$a = \infty. \quad (4.235)$$

Sin embargo, el momento angular es L , que es una constante de movimiento, de manera que la Ec. (4.235) significa:

$$m = 0 \quad , \quad \frac{d\varphi}{d\tau} = \infty \quad (4.236)$$

que en la física obsoleta del modelo establecido se conocía como el límite ultra relativista. En esta teoría einsteiniana de desviación de la luz, la Ec. (4.223) se define como de naturaleza puramente cinética, pero al mismo tiempo la teoría establece un potencial efectivo:

$$V(r) = \frac{1}{2} mc^2 \left(-\frac{r_0}{r} + \frac{a^2}{r^2} - \frac{r_0 a^2}{r^3} \right) \quad (4.237)$$

y también asume órbitas circulares:

$$\frac{dr}{d\tau} = 0. \quad (4.238)$$

Sin embargo, esta suposición significa que:

$$\frac{1}{b^2} = \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{r^2}\right) \quad (4.239)$$

y el denominador de la Ec. (4.230) se vuelve igual a cero y la integral alcanza un valor infinito. Con el objeto de evitar esta dificultad, Einstein supuso:

$$\frac{r_0}{r} \rightarrow 0 \quad (4.240)$$

que debe querer decir:

$$r \rightarrow \infty \quad (4.241)$$

y

$$m \rightarrow 0, \quad a \rightarrow \infty. \quad (4.242)$$

El potencial efectivo, por lo tanto, se definió como:

$$V(r) \xrightarrow{m \rightarrow 0, a \rightarrow \infty, r \rightarrow \infty} mc^2 \left(\frac{a}{r}\right)^2 \left(1 - \frac{r}{r_0}\right) \quad (4.243)$$

que matemáticamente es un valor indeterminado. Einstein también supuso:

$$mc^2 \rightarrow 0 \quad (4.244)$$

de manera que la ecuación del movimiento (4.229) deviene:

$$\frac{E^2}{2mc^2} = \frac{L^2}{mr^2} \left(\frac{1}{2} - \frac{MG}{c^2 r}\right). \quad (4.245)$$

Utilizó:

$$r = R_0 \quad (4.246)$$

en esta ecuación, encontrando así una expresión para b_0 :

$$\frac{1}{b_0^2} = \frac{1}{R_0^2} - \frac{r_0}{R_0^3} \quad (4.247)$$

Finalmente, utilizó la Ec. (4.247) en la Ec. (4.233) con:

$$a^2 \rightarrow \infty \quad (4.248)$$

para obtener la integral:

$$\Delta\varphi = 2 \int_0^{1/R_0} \left(\frac{R_0 - r_0}{R_0^3} - u^2 + r_0 u^3 \right)^{1/2} du - \pi. \quad (4.249)$$

Einstein afirmó que esta integral es:

$$\Delta\varphi = 4MG / c^2 R_0 \quad (4.250)$$

pero esto resulta dudoso, por motivos descritos en el documento UFT 150B, cuyos cálculos se llevaron a cabo íntegramente mediante álgebra computacional. El resultado experimental para la luz que roza la superficie solar viene dada, por ejemplo, por NASA Cassini como

$$\Delta\varphi = 1.7500 = 8.484 \times 10^{-6} \text{ rad}, \quad (4.251)$$

pero la Ec. (4.250) depende de la suposición de datos tales como:

$$R_0 = 6.955 \times 10^8 \text{ m}, \quad M = 1.9891 \times 10^{30} \text{ kg},$$

$$G = 6.67428 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^2. \quad (4.252)$$

De hecho, sólo MG se conoce con precisión experimental, no así M y G a nivel individual. El radio R_0 se ve sujeto a una incertidumbre considerable. Si aceptamos la dudosa métrica gravitacional por cuestiones argumentales, los datos experimentales deberán de valuarse a partir de la Ec. (4.231) con una masa de fotón finita, y se deberá utilizar métodos independientes para evaluar a y b .

La fórmula einsteiniana (4.249) para la desviación de la luz depende de los parámetros

de radio R_0 , y r_0 . R_0 representa el radio del Sol (6.955×10^8 metros) mientras que el así llamado radio de Schwarzschild r_0 es de 2,954 metros. Así:

$$r_0 \ll R_0 \quad (4.253)$$

lo cual implica a partir de la Ec. (4.247) que:

$$b_0 \sim R_0. \quad (4.254)$$

Esto da la integral:

$$\Delta\varphi = 2 \int_0^{1/R_0} \left(\frac{R_0 - r_0}{R_0^3} - u^2 + r_0 u^3 \right)^{1/2} du - \pi. \quad (4.255)$$

la cual no tiene solución analítica. Su integración numérica también es difícil, aún con métodos contemporáneos. La raíz cuadrada en la integral muestra cero cruzamientos, lo cual conduce a valores infinitos del integrando, y como se comentó en la Sección 3 del documento UFT 150B, hay una discrepancia entre los datos experimentales, la afirmación de Einstein y la evaluación numérica de la integral.

El método correcto de evaluación de la desviación de la luz es, obviamente, utilizar la masa finita m en la Ec. (4.231). En una primera aproximación gruesa, el documento UFT 150B utilizó:

$$E = \hbar\omega \quad (4.256)$$

para un fotón. Puede utilizarse una distribución de Planck para mayor exactitud. Sin embargo, la Ec. (4.256) da:

$$a = \frac{\hbar\omega}{mc^2} b. \quad (4.257)$$

El parámetro b es una constante de movimiento, determinada por la necesidad de una desviación igual a cero cuando la masa solar M está ausente. Esto da:

$$\Delta\varphi = 2 \int_0^{1/R_0} \left(\frac{1}{b^2} - u^2 \right)^{-1/2} du - \pi. \quad (4.258)$$

y como se describe en el documento UFT 150B, esto da una masa de fotón de:

$$m = 3.35 \times 10^{-41} \text{ kg} \quad (4.259)$$

que nuevamente resulta mucho más pesado que las estimaciones en la literatura establecida. De manera que como resumen de estas secciones, el campo $B^{(3)}$ implica un fotón con masa finita, que puede estimarse mediante dispersión Compton y por desviación de la luz por causa gravitacional. La masa del fotón no es cero, pero una estimación exacta de su valor requiere de cálculos refinados. Estos son sólo primeros intentos en ese sentido. Existen múltiples problemas con la afirmación de que la desviación de la luz por parte del Sol es dos veces el valor newtoniano, porque éste último es un valor heurístico, y porque los métodos de Einstein son dudosos, como se describe en los documentos UFT 150B y UFT 155. La totalidad del método de Einstein se refuta por su falta de consideración de la torsión, tal como se explicó en gran detalle en los 260 documentos de la serie UFT disponibles a la fecha.