

El éter y las unidades de Planck

Aníbal Valera (*)

RESUMEN

*En base a una teoría desarrollada por el autor y publicada en 1982 (Ref. /3/), referente a un modelo etéreo de la luz, se obtuvieron resultados que en si apuntan a una **reinterpretación** de la Física actual. En este trabajo presentamos de manera resumida¹ algunas consecuencias del **Modelo etéreo de la luz** y la fundamentación de las así denominadas **Unidades de Planck**, que son la base actual de la llamada **Teoría de Unificación**.*

Introducción

*Louis de Broglie: Para el ser común, ver un rayo de luz es un asunto del todo banal, pero para el físico **ver** un rayo de luz significa saber que es, y ese saber le permitiría **ver** mucho más allá, incluso dentro de la **materia**.*

Alerededor de 1630, un filósofo, René Descartes logró introducir el concepto de "Éter" en la Física, determinando el desarrollo de esta por cerca de 300 años. Las contribuciones de muchos físicos se centraron en

(*) Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ciencias, Laboratorio de óptica, Lima - Perú.

¹ En el libro: ÓPTICA I / Introducción / A. Valera (Ref. /06/), a ser publicado próximamente se presentan las deducciones respectivas de manera más detallada.

este concepto, cautivando a casi todos los grandes físicos de la época: por ejemplo el mismo Maxwell.

Debido a que una onda requiere un **medio** que la sustente (aire, agua), no era evidente cual correspondía a las “**ondas de luz**”. Experimentos realizados en este tiempo con vacío (Torricelli), indicaban claramente que el aire era el portador de las ondas sonoras, más no así de la luz. Fue por este motivo que Descartes denominó **éter** al medio base de la propagación de las ondas de luz.

Según Descartes, el espacio es un **pleno**, ocupado por un medio, cuyas ondas o alteraciones constituyen las ondas de luz. Más aún, el Éter era el responsable de transmitir directamente todas las fuerzas presentes en la naturaleza como son las fuerzas magnéticas y la interacción de la luna con las mareas. El medio que constituye el Éter consta de partículas diminutas, imperceptibles a los sentidos, en movimiento continuo. En su obra *Meteoros/1638* Descartes es el primero en relacionar los colores de la luz con una periodicidad temporal; para el los colores estaban ligados a las distintas velocidades de rotación de las partículas (glóbulos) en directa analogía con las ondas sonoras y sus distintos tonos excitables en un instrumento musical.

En relación al Éter y sus propiedades se tejieron innumerables teorías, sin mayor trascendencia casi todas, ya que se partía de premisas falsas y sin posibilidades de comprobación experimental. Una de estas teorías “Las ondas electromagnéticas del Éter” propuesta por el físico escocés James Clerck Maxwell (1831 - 1879) en su libro “*A treatise on Electricity and Magnetisme*” (Oxford 1863).

*Maxwell: <<La teoría que yo propongo se puede denominar consecuentemente una teoría del **Campo electromagnético**, porque ella trata de la vecindad del cuerpo eléctrico o magnético, pero también puede ser llamada una teoría **Dinámica del éter**, porque ella supone que en el espacio existe “una materia” en movimiento, que produce los efectos electromagnéticos observados.>>*

En esta publicación Maxwell describe el concepto de “tubos de fuerza” del éter formado según él por **tensiones (campo eléctrico)** y **presiones perpendiculares (campo magnético)** en el seno del mar etéreo que llena el cosmos. La gran contribución de Maxwell, uno de los más grandes científicos del ingenio humano, permaneció en el olvido hasta que en 1887 el físico alemán Heinrich Hertz descubre experimentalmente las ondas electromagnéticas previstas por Maxwell, recién entonces los físicos

se interesan por la obra de Maxwell, la seccionan y seleccionan de ella solo "lo más resaltante" la **teoría electromagnética de la luz**, la misma que constituye hasta ahora la base de descripción de todo tipo de radiación EM.

Es sorprendente que a partir de la comprobación de las teorías de Maxwell, no se diera mayor interés por profundizar el estudio del éter, salvo algunas excepciones como por ejemplo el peruano Santiago Antunez de Mayolo, quien en diversas publicaciones de la época /2/ propuso ya modelos mecanicistas de la luz; la que el explicaba mediante la oscilación de dos cantidades eléctricas (signo contrario) acopladas según una fuerza coulombiana, electricidades que se hallan en movimiento de rotación y de traslación con la velocidad de la luz. Este movimiento helicoidal se traduce sin ningún artificio en los dos campos de Maxwell. Considerando solo lo que acontece en el plano de rotación, es decir en el plano de la masa que gira como una rueda con la velocidad de la luz, se deduce rigurosamente la teoría de los cuantos o fotones, o sea de los corpúsculos de luz.

La búsqueda de la mecánica del éter motivó así a los físicos del siglo pasado al estudio de los cuerpos sólidos. Nuevamente los avances experimentales de principio de siglo permitieron (Bragg, Debye) "visualizar" la estructura interna de los cuerpos sólidos más relevantes: **Los cristales**, cuyo orden periódico se debía tener en cuenta en la formulación de una teoría de propagación. En 1912 Born y von Karman publican la teoría básica que describe las vibraciones de una red cristalina, esta teoría pasa desapercibida hasta 1935, en que Blackman la aplica al estudio de la capacidad calorífica de cuerpos sólidos. Poco después se originó la tercera guerra mundial, a cuyo término, acabó también la "escuela mecanicista de la física", predominando hasta el momento las líneas individualistas, como son: Física de sólidos, partículas elementales, relativistas, espectroscopistas, etc.; con teorías también independientes una de otra.

Antunez de Mayolo: << ... No se comprende, el desconcierto que reina ahora en la física, más aún con las complicaciones introducidas por la "teoría de relatividad" promovida por el físico matemático Albert Einstein y que nos presenta la materia como la charnela (bisagra) de una concha bivalva, formada cada mitad por universos de cinco dimensiones. ¿Lo comprende usted? Nosotros tampoco, pero si quereis formaros una idea de la concepción en cuestión, os recomendamos que vayais a nuestro Campo de Marte y os pongais en frente de la Concha Acústica allí existente e imaginando otra Concha en frente unida a la primera por una charnela, suponiendo que cada una de dichas conchas es un universo de

cinco dimensiones, imaginad que la charnela es la materia y no tendreis más que preguntar.>>

Evidentemente, hoy en día aún no existe una teoría convincente que explique como un todo y de un modo coherente las distintas manifestaciones de la energía: Luz, materia y sus respectivas fuerzas.

Teoría unitaria

En la actualidad (1996), todos los procesos físicos conocidos se pueden agrupar convenientemente según la fuerza de su interacción:

Tipo de interacción	Fuerza relativa
Interacción fuerte (Núcleo)	1
Interacciones electromagnética (Órbitas electrónicas, radiación EM, luz)	10^{-2}
Interacciones débiles (Decaimiento β)	10^{-14}
Interacciones gravitacionales (Materia)	10^{-40}

La gran ambición de la física teórica actual es establecer una teoría que unifique estas cuatro fuerzas: “Teoría de las supercuerdas” o también “Geometrías no conmutativas”, por medio de las cuales los “físico matemáticos” actuales especulan en espacios topológicos multidimensionales y en la existencia de “un vacío cuántico” estructurado recién a la longitud de 10^{-35} m (Longitud de Planck).

La longitud, tiempo y masa de Planck

Fue, nada menos que Max Planck, quien en 1899 llamó por primera vez la atención en el sentido unificador. En ese tiempo introdujo Planck su famosa constante h para explicar el espectro de radiación de **cuerpo negro**; más aún en su cuaderno de protocolo, en un margen, Planck anotó un detalle curioso: que su constante h , la constante de la velocidad de la luz c y la constante de gravitación G de Newton, configuraban un sistema de unidades absoluto. Estas unidades fueron la base de la escala espacio-tiempo de la actual teoría cuántica de la gravitación.

Para encontrar estas unidades se trabaja (Ref/4) en base a las dimensiones:

$$\begin{aligned} [c] &= L/T \\ [h] &= ML^2/T \\ [G] &= L^3/(MT^2) \end{aligned}$$

Para obtener las unidades de Planck: l_P , t_P , m_P se encuentra los exponentes α , β , γ tal que su combinación cumpla con expresar la magnitud de la unidad correspondiente, por ejemplo: $L = [c^\alpha h^\beta G^\gamma]$, resultando así tres relaciones:

$$\begin{aligned} \alpha + 2\beta + 3\gamma &= 1 \\ \alpha + \beta + 2\gamma &= 0 \\ \beta - \gamma &= 0 \end{aligned}$$

Tal que: $\alpha = -3/2$ $\beta = \gamma = 1/2$

$$\begin{aligned} \text{Así: } l_P &= (hG/c^3)^{1/2} = 10^{-35} \text{ m} \\ t_P &= (hG/c^5)^{1/2} = 10^{-44} \text{ s} \\ m_P &= (hc/G)^{1/2} = 10^{-7} \text{ kg} \end{aligned}$$

Modelo del éter / Valera:

En base a la teoría elemental etérea (Ref/3/) a presentarse a continuación, encontramos las siguientes unidades:

$$\begin{aligned} l &= \pi a = 1,33 \times 10^{-15} \text{ m} \\ \tau_0 &= \pi a/c = 0,444 \times 10^{-23} \text{ s} \\ M_0 &= h/\pi a c = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg} \end{aligned}$$

donde $a = 0,42367 \times 10^{-15} \text{ m}$ es la constante de la red etérea.

En el modelo del éter planteado por el autor se deduce también una relación simple para la constante G de Newton:

$$G = \frac{a^2 c^3}{h N} \left(\frac{\pi^2}{8} \right)$$

donde $N = A/a = 1,35 \times 10^{38}$, $A = 0,572 \times 10^{23} \text{ m}$
 $A = \text{Diámetro del universo}$
 $a = \text{espaciamento de la red etérea.}$

h = constante de Planck

c = velocidad de la luz

Introduciendo este valor en las relaciones correspondientes a las unidades de Planck resulta:

$$l_p = \pi a \sqrt{\frac{1}{8N}}$$

$$t_p = \pi a/c \sqrt{\frac{1}{8N}}$$

$$m_p = h/\pi a c \sqrt{8N}$$

Como se observa las unidades de Planck solo se diferencia de las nuestras por el factor adimensional $\sqrt{8N}$, con el agregado de que nuestras unidades son deducibles y tienen un sentido físico definido, como a continuación exponemos.

El éter: ¿un cristal de electrones?

Haciendo una analogía al tratamiento clásico de fonones (cuantos de vibración) de una red cristalina convencional /Ref. 3/, se concibe un modelo de éter, semejante en todo sentido a un sólido elemental, pero considerando una distancia periódica de la red teniendo un valor a , el que en primera aproximación consideramos del orden de magnitud del radio clásico del electrón ($a \cong 10^{-15}$ m = 1 Fermi), el trabajo se limitó entonces a interpretar físicamente las soluciones clásicas e identificar así los “**valores observables**” para luego finalmente **calibrar** el Modelo.

En nuestro modelo partimos de la ecuación clásica (Ref. /5/) de movimiento de una red unidimensional de partículas idénticas separados una de otra la distancia “ a ” a lo largo del eje x .

***Comentario:** Como se observará, se está trabajando en una dimensión aún así los resultados serán más que sorprendentes. Con respecto a “las partículas idénticas”, no hacemos en este modelo ninguna conjetura, pero evidentemente en un refinamiento posterior de la teoría se describirá esta “celda unitaria” del cristal éter y*

se identificará a las subpartículas elementales como "resonancias" a la celda de Ewald.

Considerando solo una interacción significativa entre los vecinos más próximos, se obtiene la relación de dispersión clásica:

$$\omega^2 = \frac{4 U''}{m} \operatorname{sen}^2 \frac{ka}{2} \Rightarrow \omega = 2 \sqrt{\frac{U''}{m}} \left| \operatorname{sen} \frac{ka}{2} \right|$$

donde ω = frecuencia angular de la vibración de la red.

k = vector de onda de la vibración.

m = masa efectiva de la "partícula"

$$U'' = \left. \frac{d^2 U}{dr^2} \right|_{r=a}$$

Esta relación fundamental describe la propagación de ondas de frecuencia $\omega/2\pi$ y longitud de onda $2\pi/ka$ en una red unidimensional.

Limitándonos como de costumbre al primer azone de Brillouin:

$$-\pi/a \geq k \geq \pi/a$$

Se observa que existe una frecuencia máxima de propagación ω_{\max}

$$\omega_{\max} = 2 \sqrt{U''/m}$$

A partir de la relación de dispersión $\omega(k)$ se obtiene la velocidad de fase v_f y la velocidad de grupo v_g de la onda

$$v_f = \omega/k = a \sqrt{\frac{U''}{m}} \frac{\operatorname{sen} \frac{ka}{2}}{\frac{ka}{2}}$$

$$v_g = d\omega/dk = a \sqrt{\frac{U''}{m}} \cos \frac{ka}{2}$$

Calibración 1

La velocidad de propagación máxima es igual a la velocidad de la luz:

$$v_{g \max} = a (U''/m)^{1/2} = c$$

Por tanto:

$$\omega = (2c/a) \text{ sen } ka/2$$

$$v_f = (2c/ka) \text{ sen } ka/2$$

$$v_g = c \text{ cos } ka/2$$

Lo que significa que para ondas cuya longitud de onda λ sea muy grande comparada con a (por ejemplo: luz) se va a cumplir: $k \ll 2/a$ así en ese rango.

$$v_g = v_f = c$$

$$\omega = (2c/a) (ka/2) = ck \Rightarrow \lambda v = c$$

como corresponde a un cuanto de luz.

Evidentemente para que la onda se identifique plenamente con un rayo de luz, la onda debe ser transversal y además las partículas de la red deben tener carga eléctrica: e .

Suposición: La constante de la red etérea $a = 10^{-15}$ m

Comentario: Haciendo una analogía con los sólidos convencionales en los cuales la separación de la red es del orden de magnitud de sus partículas (átomos). En nuestro caso sospechamos que las partículas de la red son alguna partícula elemental: ¿electrón?, ¿nucleón?

Aplicando la terminología usual de ondas en sólidos, obtenemos de la relación de dispersión $\omega(k)$, la masa efectiva (m^*) asociada a la onda /Ref. 04/:

$$m^* = \frac{\hbar}{\frac{d^2 \omega}{dk^2}} = \frac{-2 \hbar}{ac \text{ sen } \frac{ka}{2}} = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

donde: $M_0 = \frac{2 \hbar}{ac}$

$$\beta = v_g/c$$

Comentario: Como es de observar de un modo natural se obtiene una masa en reposo ($m^* = M_0$ para $v_g = 0$) y su variación relativística.

Si evaluamos el orden de magnitud de M_0 en base a lo planteado ($a = 1 \text{ Fm}$), se obtiene:

$$M_0 \approx 10^{-27} \text{ kg (ila masa de un nucleón!)}$$

Calibración 2

Considerando que la masa M_0 encontrada es un nucleón

$$M_0 = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg} \quad \Rightarrow \quad a = 0,423 \times 10^{-15} \text{ m}$$

Comentario: En el límite de la zona de Brillouin ($k = \pi/a$) la velocidad de grupo $v_g = 0$, la onda no se propaga, es estacionaria, con energía de reposo $\hbar \omega_0$.

Evaluando la energía de la onda luminica en ($k = \pi/a$) se obtiene:

$$\hbar \omega_0 = \hbar (2c/a) = (2\hbar ac)c^2 = M_0 c^2$$

Comentario: El nucleón constituye así una onda de luz estacionaria, estableciéndose la relación de Einstein para la energía en reposo $E = M_0 c^2$, de un modo natural.

En las ecuaciones utilizadas por Einstein (ecuaciones de Lorentz) para las deducciones relativísticas se supone que la velocidad de la luz es una constante. Lo mismo se supuso de la velocidad del sonido. En nuestras deducciones la velocidad de la luz se puede considerar constante solo en un cierto rango, más no así a frecuencias altas en donde esta debe disminuir ($v_g = 0$ para $k = \pi/a$).

Fuerza gravitacional:

En las deducciones anteriores se obtuvo que en la frontera de la primera zona de Brillouin ($k = \pi/a$), las ondas se materializan (ondas estacionarias), dando origen a los nucleones (base de la materia). Este punto

del espacio ωk : ($2c/a$, π/a) podemos considerarlo como nuestro nivel de referencia, desde donde nosotros como materia "observamos" el desplazamiento de los nucleones ($k^* \geq 0$) y su energía asociada ($\hbar \omega^* \geq 0$). En este nivel (*) podemos también considerar un éter* repleto de "nucleones" sin carga eléctrica en su estado fundamental (ω_0) y restringidos a una velocidad de grupo $v_g = 0$ para $k^* = k - \pi/a = 0$, luego se debe cumplir:

$$v_g = c \text{ sen } (k^* a/2)$$

$$\text{Ya que: } d\omega^*/dk^* = v_g \Rightarrow \omega^* = \omega_0 [1 - \cos (k^* a/2)]$$

Debido a que en nuestro caso queremos una solución para valores $k^* \approx 0$, introducimos la aproximación $\cos x$

$$\cos x = 1 - x^2/2! + \dots$$

$$\text{Obteniendo así: } \omega^* = \omega_0 k^{*2} a^2 (1/8)$$

La energía E^* asociada a este paquete será:

$$\begin{aligned} E^* &= \hbar \omega^* = \hbar \omega_0 k^{*2} a^2 (1/8) \\ &= h c a k^{*2} (1/8\pi) \end{aligned}$$

Los valores que asume k^* están relacionados con las longitudes de onda λ^* de los paquetes en el gran "Resonador" en el que nos encontramos: **Nuestro universo.**

Si el diámetro medio de nuestro universo se cuantifica por una longitud L , cuyo valor es del orden de 10^{24} m, las longitudes de onda λ^* posibles deberán cumplir la relación clásica:

$$\lambda^* = 2 L (1/n)$$

donde: n es el orden de la onda estacionaria. Así:

$$k^* = 2\pi/\lambda^* = \pi n / L = (\pi / N a) n$$

donde N es el múltiplo de unidades "a" de que consta L .

El valor mínimo de k^* es así: $(\pi/N a)$

La energía de cada uno de los niveles n está dada por:

$$E^*_n = \frac{h c a n^2 \pi}{8 a N^2} = M_0 c^2 \pi^2 n^2 (1/8 N^2)$$

Para una onda, se puede establecer sus características de partícula: su masa efectiva, velocidad de fase, aceleración y fuerza efectiva. La fuerza efectiva para una partícula en una onda estacionaria se entiende como la fuerza centrípeta que mantiene en oscilación a la onda/partícula y está dada por la relación:

$$F = dP/dt = d\hbar k/dt = \hbar k \omega = k E$$

Luego aplicando en nuestro caso a las ondas del “universo”.

$$F^* = k^* E^* = k^{*2} h c n (1/8 N)$$

Debido a que para una onda el vector de onda está relacionado con el radio de rotación de la partícula/onda según: $k = 1/r$.

En este caso: $k^* = 1 / r^*$, luego

$$F^* = (1/r^{*2}) h c n (1/8 N)$$

Suposición: Suponiendo que F^*_1 es la fuerza que liga a un nucleón libre estacionario (en su nivel fundamental) con respecto a un nucleón ligado (red), entonces esta fuerza F^*_1 debe ser igual a la fuerza de gravedad entre dos nucleones:

$$F^*_1 = (1/r^{*2}) G M_0^2$$

Luego:

$$G = h c (1/8 N M_0^2)$$

Reemplazando el valor de $M_0 = h/\pi a c$, se obtiene:

$$G = \frac{\pi^2 a^2 c^3}{8 h N}$$

Calibración 3

Considerando la constante G de gravitación de Newton

$$G = 6,6720 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

Obtenemos el valor de N:

$$N = 1,35 \times 10^{38}$$

Con lo cual se encuentra un valor para el diámetro L del “universo”:

$$L = 0,57 \times 10^{23} \text{ m}$$

Comentario: La relación energética derivada para la interacción entre nucleones:

$$\hbar\omega = (\hbar^2/2 M_0) k^2$$

se identifica como la ecuación de movimiento de una partícula libre de masa M_0 , obtenida según la ecuación de Schroedinger. Luego la onda de materia deducida de nuestro modelo del “éter” constituye la misma función de onda asignada por la mecánica cuántica a una partícula de masa M_0 .

Para el caso de las ondas del éter (fotones) se cumple

$$\omega \cong c k$$

y la correspondiente ecuación de onda es de tipo Maxwell.

Conclusión

La teoría del éter expuesta en esta sección de manera resumida es solo una primera aproximación (modelo unidimensional). Es de sorprender toda la riqueza contenida en él y más aún todas sus futuras implicancias.

Algunas respuestas inmediatas que esta teoría elemental permite deducir (Ref. /06/):

- * *¿Qué es una estrella?*
- * *¿Dónde se encuentran los monopolos magnéticos de Dirac?*
- * *¿Ondas electromagnéticas en el núcleo?*

REFERENCIAS

- /1/ **Sir Edmund Whittaker.** *"A history of the theories of aether and electricity". The history of modern physics /V7 1800 - 1950. Tomash Publishers London 1951.*
- /2/ **Santiago Antunez de Moyolo.** *"La teoría electromecánica de la luz y sus relaciones con la teoría electromagnética de Maxwell y la teoría de los cuantos".*
- /3/ **Aníbal Valera.** *"Consecuencias de la cuantización del vacío". Revista Peruana de Física. Vol. II, N° 1, 90 - 108 (1982).*
- /4/ **Giles Cohen T.** *"Les constantes universelles et la Physique de l'Horizon. La Recherche N 278, Aout 1995, 756-759, France.*
- /5/ **Charles Kittel.** *"Introduction to solid state physics". Wiley, New York 1971.*
- /6/ **Aníbal Valera.** *"Óptica I". A ser publicada próximamente.*