

COSMOLOGIA

LA RADIACIÓN CÓSMICA DE FONDO ¿ESTIRAMIENTO DEL ESPACIO? ¿FRACTURA DE FOTONES?

Francisco Pavía Alemany
pacopavia@terra.es

En un artículo anterior de esta misma revista, (Marzo-Abril 2010) cuestionamos el “Desplazamiento al Rojo de las galaxias”, como consecuencia del “estiramiento del espacio”.

En este artículo, como continuación y complementación del citado, debatimos que la longitud de onda de las Radiaciones Cósmicas de Fondo sea fruto del cambio de escala del Cosmos.

En 1963, Penzias y Wilson, recién doctorados, reciben la autorización de la “Bell Telephone” para utilizar una antena, que sus laboratorios habían montado en Crawford Hill.

La antena, en forma de bocina de unos seis metros, se había construido con el fin de estudiar la comunicación mediante satélites artificiales pasivos.

Por entonces, los jóvenes Penzias y Wilson, tenían la intención de estudiar las posibles fuentes de radiación de nuestra propia Galaxia, que lo hiciesen en longitudes de onda de radio.

Dado, que en ese tiempo, la tecnología de los satélites pasivos para la comunicación se había superado, pensaron para llevar a efecto sus propósitos, en la citada antena que ya no estaba operativa.

Tras muchas limpiezas, pruebas y revisiones, la presencia de un “ruido persistente”, que aparecía en

todas las direcciones y condiciones de trabajo, que no consiguen eliminar, les condujo de una forma fortuita, al descubrimiento de las Radiaciones Cósmicas de Fondo.

Este tipo de radiación electromagnética, ya había sido previsto por George Gamow y sus colegas en 1948, lo que había motivado el que se realizaran diversas estimaciones de su valor, así como algunos intentos en detectarla. Hechos que nuestros jóvenes desconocían.

Al mismo tiempo que Penzias y Wilson trabajaban sin éxito, en eliminar “*aquel ruido parásito*”, un grupo de investigadores de la Universidad de Princeton había construido un “*radiómetro*”, con la intención de estudiar este tipo de radiaciones previstas por Gamow.

Estos investigadores de Princeton, dirigidos por Dicke, en la plenitud de sus trabajos, fueron informados del descubrimiento que se había realizado, mediante la antena de la “Bell Telephone”, por un amigo intermediario.

Puestos en contacto ambos equipos, y una vez analizada la posible trascendencia del hallazgo, decidieron publicar al mismo tiempo y en la misma revista, sendos artículos sobre, el descubrimiento y la interpretación de las Radiaciones Cósmicas de Fondo.

El origen de la Radiación Cósmica de Fondo:

Recordemos que el Cosmos, tras el “*Big Bang*”, y tras un tiempo, conocido como



Radio antena de Penzias y Wilson desde la que descubrieron la RCF

“Periodo Inflacionario”, en que su tamaño aumento de forma exponencial, adquirió el ritmo de expansión que lo ha convertido en el Cosmos de nuestros días.

Al finalizar el Periodo Inflacionario, la materia se encontraba en forma de “quarks” y de “antiquarks”, cuya masa total era equivalente a unas diez mil millones, (10^{10}) de veces la totalidad de la masa actual de todo el Cosmos.

Como consecuencia de su expansión, el Cosmos se iba enfriando y a la edad de unos microsegundos su temperatura había descendido a unos, dos billones, (2×10^{12}) de grados Kelvin.

Esta temperatura ya era lo suficientemente baja, para que mediante las “Interacciones Fuertes”, los diferentes tipos de “quarks” y de “antiquarks” se ensamblasen entre ellos, para formar sus compuestos: “neutrones”, “antineutrones”, “protones” y “antiprotones”.

En este proceso de agrupamiento, cuando una partícula se unía con su antipartícula ambas se aniquilaban convirtiéndose en fotones.

De esta forma se aniquilaron muchos “quarks” con sus respectivos “antiquarks”.

También los “antiprotones” y los “antineutrones” que lograron formarse, se aniquilaron con los respectivos “protones” y “neutrones”.

Dado que la cantidad de antimateria era similar a la de materia, de ese proceso ingente de transformación de masa en energía, solamente se salvo una mínima parte de materia, aquella en que ésta excedía a la antimateria.

Es esa parte de materia superviviente, la que constituye nuestro actual Cosmos.

El resto de la materia, y la correspondiente antimateria, una cantidad próxima a 10^{10} veces la del total del Cosmos actual, se transformaron en energía radiante, en forma de fotones.

No obstante estos fotones no pudieron propagarse libremente, quedaron reclusos de la parte de materia superviviente de este proceso, que formaba una esfera opaca, que se expandía.

La temperatura todavía era tan elevada, que los protones no eran capaces de capturar a los electrones, por lo que los protones, neutrones y electrones se movían independientemente a grandes velocidades, formando

lo que se conoce por un “plasma”.

Los fotones chocaban continuamente con el “plasma”, lo que les impedía su libre desplazamiento, quedando encerrados por esta esfera.

Por lo que en esta fase los *protones, neutrones, electrones y fotones* formaban una “esfera de plasma y fotones”

Esta esfera estaba sometida al continuo impacto interno de los fotones, con su elevada energía que tendía a expandirla, y por otro a las fuerzas gravitacionales de sus partículas, que tendían a frenar dicha expansión.

La transición de un Cosmos opaco a uno transparente:

Tuvieron que transcurrir unos 380.000 años de expansión, para que la temperatura del Cosmos descendiera hasta unos 3.000° Kelvin, a que la energía disminuyese lo suficiente, para que los protones y los restantes núcleos pudiesen capturar los electrones, y de ésta forma poder formar los átomos neutros.

A éste proceso se le conoce por “recombinación”. Designación, precisamente no muy acertada.

En aquel instante el Cosmos se hizo transparente, dejando escapar a esa inmensidad de energía radiante, en forma de fotones, fenómeno conocido por “Último Esparcimiento”. Estos fotones han evolucionado transformándose en la Radiación Cósmica de Fondo (RCF).

Debemos recordar, que los fotones del Ultimo Esparcimiento no son la avanzadilla en la expansión del Universo, ya que los campos gravitatorios forman parte del Cosmos y estos llevan una doble ventaja con relación a estos fotones:

-Primero, por aparecer antes que los fotones.

-Segundo, por no haber estado secuestrados en el periodo de opacidad del Cosmos, como les ocurrió a las radiaciones.

La RCF durante la Recombinación:

En el momento de la Recombinación a la “esfera de plasma y fotones” se le pueden atribuir las siguientes características:

-Las Radiaciones, es decir los fotones, estarían en equilibrio térmico, con respecto a un cuerpo negro de

unos 3.000° Kelvin.

-Puesto que para el Cosmos, cuando se acabó el proceso inflacionario, se le supone un radio de aproximadamente “*un metro*”, y dado que habían transcurrido unos 380.000 años desde ese momento, y considerando que la velocidad máxima de la masa no podía alcanzar la velocidad lumínica, tenemos que suponer un radio algo menor de los 380.000 años luz para dicha esfera.

Realmente como defendíamos en artículos anteriores, (Ver N° 49, Bibliografía) deberíamos decir, menor de 380.000 años-gravedad.

Supongamos, a modo de ejemplo, para la “*esfera de plasma y fotones*” un radio de unos 350.000 años-gravedad en el momento del Último Esparcimiento.

-Al convertirse en transparente el Cosmos, todos estos fotones se desvincularon de la materia y emprendieron su viaje.

En ese momento en todas las partes de dicha esfera, había fotones propagándose en todos los sentidos.

El viaje de los fotones

Dado que el tiempo, entre el inicio de la recombinación y su fin, debió ser muy corto con relación al tiempo que tuvieron que utilizar algunos fotones en atravesar aquella esfera, a la que le hemos estimado unos 700.000 años-gravedad de diámetro, podemos suponer que “*todos los fotones que disponían un idéntico sentido de propagación*” viajarían agrupados, como pasajeros que comparten un vehículo con plazas asignadas. Empezarán y continuarán todo el viaje sin escalas, conservando su posición en el vehículo.

Se desplazarán formando “*un conjunto en forma de esfera*”. Entre el fotón que marcha en la “*proa*” y el que lo hace en la “*popa*” siempre existirá la distancia inicial, el diámetro de la “*esfera de plasma y fotones*” en el momento de hacerse transparente.

De forma similar, podemos ir agrupando conjuntos de fotones, por cada sentido de propagación posible en el espacio.

El conjunto de todas las esferas, resultado de todas las direcciones posibles en que pudieron escapar los fotones, quedaran ubicadas entre dos superficies esféricas, concéntricas.

Estas superficies, tendrán radios crecientes con el

tiempo, cuyo centro coincide con el centro del Cosmos, pero mantendrán la diferencia de radios constante, idéntico al valor del diámetro de *la esfera de plasma* en el momento de la Recombinación.

Esta región será como un estrato esférico que crecerá con la expansión del Cosmos, conservando su espesura. En consecuencia, su volumen crecerá en una función cuadrática con relación al radio del Cosmos.

Características de la RCF en la actualidad:

Con el descubrimiento de Penzias y Wilson, seguido por una gran diversidad de mediciones efectuadas a partir de aquel momento desde montañas, globos, aviones especiales, culminadas por los más recientes y concluyentes efectuadas mediante los satélites COBE y WMAP nos indican que la actual RCF se corresponde con el “*Espectro de un cuerpo negro con una temperatura de 2,73 grados Kelvin*”.

Esta temperatura de 2,73° K, acorde con el enfriamiento por expansión del Cosmos, supone unas longitudes de onda de unas 1100 veces mayor que la de aquellos fotones en el momento de quedar libres, cuando estaban en equilibrio con un cuerpo negro de unos 3000° K.

¿Qué mecanismo han seguido para transformarse aquellos fotones en estos distintos?

Una radiación “*en equilibrio con el cuerpo negro*”, tiene sentido cuando existe materia, que absorbe los fotones incidentes, incorpora la energía de estos, y emite fotones según un *espectro continuo* determinado por la *Función de Planck* de acuerdo con la temperatura de la materia.

Pero una vez superaron la *esfera másica*, formada principalmente por átomos de Hidrógeno y Helio, los fotones en su viaje no encontraron materia con la que interactuar.

Esto nos indica que los mecanismos ordinarios, causante de estos espectros acordes con un cuerpo negro, no han podido ser en este caso los responsables.

Es necesario encontrar la justificación en otras circunstancias.

Según el modelo estándar de la cosmología:

De forma similar a cuando vimos el desplazamiento al rojo procedente de galaxias lejanas, (Ver Bibliografía,

Huygens Marzo-Abril 2010) el tamaño de onda de los fotones del *Fondo Cósmico* lo atribuye “*al estiramiento de las ondas de la radiación*” consecuencia de la dilatación del espacio.

Las ondas de la RCF se han alargado en la misma proporción que lo ha hecho el Cosmos entre el momento del “*Último Esparcimiento*” y la actualidad.

Es decir la longitud de onda ha cambiado como lo ha hecho la “*escala del Universo*”, o como ha variado la “*relación de la métrica*”, entre el momento de emisión y recepción.

Nuevamente necesitamos someter a análisis las dos diferentes alternativas imaginables para ese continuo proceso de alargamiento de la longitud de onda:

-Que se produzca sin emisión de energía. *En cuyo caso, dado que la energía de un fotón es inversamente proporcional a su longitud de onda y esta se ha alargado de forma proporcional a como lo ha hecho el espacio, consecuentemente el fotón tiene menor energía, ha disminuido con la misma proporción en que ha crecido el Cosmos. Por lo que esta hipótesis vulnera el principio de conservación de la energía.*

¿Que ha sido de esta energía?

-Que se produzca con una emisión de energía. En este caso, en consonancia con ese proceso continuo de incrementos infinitesimales de la longitud de onda y el consecuente excedente de energía para el fotón. Este exceso debe emitirse en forma de otros fotones continuamente, lo mismo que crece el Cosmos.

Al poco, tanto el primer fotón como los emitidos tendrán exceso de energía por el continuo alargamiento de su onda y se verán obligados a emitir sendos fotones y así sucesivamente.

Para ser consecuentes con la *conservación de la energía* y la hipótesis del *estiramiento de las ondas*, en el Cosmos debería predominar este tipo de fotones de longitudes de onda muy larga y energía mínima que continuamente tendrán que emitir nuevos fotones portadores de la mínima energía posible, para eliminar los excedentes del último infinitesimal alargamiento.

Cualquiera de las dos situaciones arriba indicadas se presenta inverosímil e inaceptable.

Otra adversidad para la hipótesis del alargamiento:

Existe otro detalle que debemos considerar con relación a la hipótesis del alargamiento de los fotones, es el propio hecho de que “*los podamos detectar*”.

Los fotones abandonaron una esfera que albergaba toda la masa del Cosmos, que había permanecido opaca, y que a pesar que se expandía, lo hacía con menor velocidad que con la que se distanciaban las radiaciones, cuyo sentido de desplazamiento era y sigue siendo centrífugo.

Dado que los fotones solamente los podemos percibir si se dirigen hacia nosotros debido a la dirección y sentido de la emisión original, o al interactuar por reflexión con la materia, o por absorción y posterior emisión de acuerdo a las leyes del cuerpo negro, no deberíamos poder captar las radiaciones de la RCF, que se propagarían en un sentido totalmente centrífugo alejándose, en el caso de tratarse de los fotones originales y simplemente “estirados”.

El mecanismo del alargamiento no puede explicar las razones que nos permiten detectar fotones de la RCF.

¿Qué causa ha invertido el sentido de desplazamiento de aquellos fotones que se alejaban, para que los podamos ver?

Una tercera adversidad para la hipótesis del alargamiento:

Según la teoría del alargamiento, la longitud de onda de los fotones ha crecido en la misma proporción que el tamaño del Cosmos, entre el momento de la emisión y el de recepción del fotón.

El último esparcimiento se produjo aproximadamente a la edad de 380 000 años del Cosmos.

La relación de temperaturas entre aquel momento, unos 3000° K y la detectada en la RCF 2,7° K, es de unas 1100 veces.

Pero también debemos considerar que las longitudes de onda son inversamente proporcionales a las temperaturas.

De estos postulados se concluye que en el periodo transcurrido entre estas dos situaciones, unos 13.500 millones de años, los fotones que detectamos corresponden a un Cosmos que solamente ha crecido unas 1.100 veces lo que lo hizo en sus primeros 380.000 años.

Si suponemos que el Cosmos no está sometido a un frenado gravitacional, como se venía defendiendo, pero tampoco a una expansión acelerada causada por la energía oscura, de acuerdo con las últimas ideas, en este periodo de tiempo, tanto el Cosmos, como la longitud de onda de los fotones del Último esparcimiento deberían haber crecido en un factor de 35.526 veces. Diferente de las 1100 veces citadas.

Por lo que esta conclusión es inaceptable, dado que supondría un enorme fenómeno de frenado gravitacional, en desacuerdo con las observaciones y mediciones actuales respecto a la evolución de la dinámica cósmica.

Una alternativa para explicar los fotones del espectro de 2,7° K. :

Ante la convicción de que el alargamiento paulatino y continuado de las ondas, por estiramiento, no es la justificación adecuada para la RCF que se detecta, surge la necesidad de buscar explicaciones alternativas, que podrán ser mas o menos afortunadas, pero que nos abrirán líneas de reflexión y campos de investigación que probablemente nos traigan luz al respecto.

En la revista "Huygens", en el ejemplar de Mayo-Junio de 2007, (Ver Bibliografía), presenté uno de esos mecanismos, posible candidato, para justificar la explicación de la RCF.

En su momento desconocía cualquier base experimental en que apoyarme.

Actualmente sabemos de experiencias realizadas en la Universidad de Moratuwa de Sri Lanka y en la Universidad de Manitoba en Canadá, que nos proporcionan algunos indicios favorables e inspira caminos de investigación sugestivos. Posteriormente retornaremos a estos trabajos para comentarlos.

Hemos dicho que desde el momento del "Último Esparcimiento", cuando el Cosmos se hizo transparente, podemos suponer que los fotones viajan en conjuntos agrupados por el sentido de su desplazamiento.

Cada uno de estos conjuntos seguirá teniendo aproximadamente la forma de una esfera, en el caso que "*desconsideremos*" el tiempo que empleo el Cosmos para "*convertirse en transparente*".

Supongamos dos conjuntos de estos fotones, cuyas esferas tienen un sentido ligeramente divergente.

A pesar de que el sentido de los conjuntos sea divergente, ciertos fotones de un conjunto serán convergentes con los del otro, como consecuencia de la superposición parcial de los dos volúmenes que engloban cada uno de los conjuntos.

Podemos visualizar lo dicho, imaginando un grupo grande de personas agrupadas en medio de un extenso prado, cada una con una brújula y los conocimientos necesarios. Supongamos que obedecen a las siguientes órdenes:

-Todas las personas que "*nacieron en un año par diríjense al Norte Magnético*" cuando suene la señal.

-Todas las personas que "*nacieron en un año impar diríjense al Norte Geográfico*", cuando suene la señal.

Al sonar la señal, el movimiento entre conjuntos es divergente, pero existen muchas personas de cada conjunto que se mueven convergentemente con relación a las del otro y consecuentemente habrá muchos "choques e interferencias" entre individuos.

Esto muestra, como durante trayectorias relativamente grandes, dos o más fotones del "*Último Esparcimiento*" pueden coexistir espacial y temporalmente, lo que me hace suponer que se produzcan ciertos acoplamientos e interferencias entre fotones en todas las condiciones posibles de frecuencia y fase.

Ante este escenario, ¿Que posibilidades distintas podemos presuponer como resultado de estas interac-

ciones?

-Podemos imaginar que localmente, durante la interferencia, se produce simplemente un efecto suma vectorial de las funciones de los fotones que coexisten. Pero, una vez sobrepasado el espacio de la interferencia, los dos o más fotones continuarán con las mismas características que tenían en los momentos previos a la interferencia.

Ha ocurrido en este supuesto, lo que designaremos en adelante por, un **“acoplamiento sin variación”**.

-Al contrario, podemos suponer que entre dos o más fotones que intervienen en la interferencia existe algo más que una adición matemática; que existen interacciones que les afectan, por lo que, posteriormente a la interferencia, los fotones no permanecerán idénticos a su estado inicial, pudiendo incluso, modificar su cantidad.

Es decir, en ciertos acoplamientos se pueden producir algunas inestabilidades momentáneas que en determinados casos puede llegar a causar la *“fragmentación fotónica”*.

De esta forma dos o mas fotones al acoplarse pueden romperse, resultando un grupo superior de fotones, con longitudes de onda mayores, con direcciones de propagación distintas a las de los fotones incidentes, siendo la conservación de la energía uno de los pocos condicionantes.

En estas circunstancias, en que los fotones no conservan sus características idénticas tras la interferencia, lo designaremos en adelante por, un **“acoplamiento con variación”**.

Supongamos por ejemplo dos fotones con idéntica frecuencia y un desfase de 180°. En este caso la cresta de una onda coincide con el valle de la otra y en cada punto la suma de sus desplazamientos se anulan; su superposición produce una *“interferencia destructiva”*.

Si permanecen acoplados estos dos fotones mucho tiempo. ¿Que ha ocurrido con la energía que individualmente portaba cada fotón?

Es de suponer que *“no ha desaparecido”*, por consiguiente es de esperar que deban haberse formado otros fotones con menor energía, cuya suma equivalga a la anterior.

Pienso que ambos tipos de acoplamientos se han debido producir y continuaran haciéndolo, ante la gran cantidad de posibilidades y la diversidad de tipos potenciales de interferencias reales entre los fotones del Cosmos.

Este es el fundamento, el de los **“acoplamientos con variación”**, por el cual aquellos fotones del *Ultimo Esparsimiento*, habrían sido afectados por una continua *“fragmentación fotónica”*, convirtiendo el espectro de 3000° K que tenían en su inicio, en el espectro de 2,7° K que actualmente percibimos.

Existen experimentos, realizados con otros fines, que no aportan resultados concluyentes con relación a nuestros planteamientos. Sin embargo sus consecuencias nos presentan indicios muy alentadores, que sugieren mecanismos de interferencia con posibles semejanzas a los expuestos.

“La Redistribución de Energía en la Interacción entre Ondas Electromagnéticas”

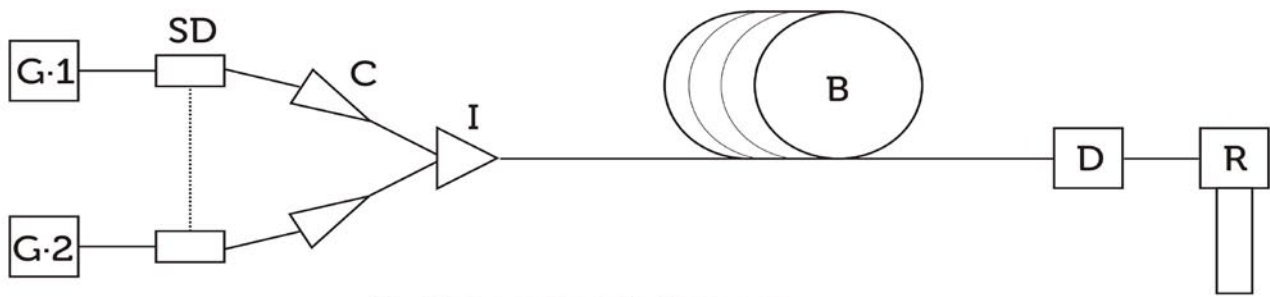
El Departamento de Física de la Universidad de Colombo de Sri Lanka publicó en el “Vol. 6 (2005) 51-64” el trabajo de C.K.G. Piyadasa con el título citado.

Se trata de unos experimentos de interferencia, realizados en la Universidad de Manitoba de Canadá, y en la Universidad de Moratuwa de Sri Lanka, con micro ondas de la banda X.

El objetivo de estos experimentos ha sido el poder observar la redistribución real de la energía de las ondas electromagnéticas en el lugar de la interferencia y su comportamiento después de salir de la zona de la interferencia.

En los experimentos de ambas universidades, se ha podido observar que tras interferencia de haces cruzados de idéntica frecuencia, se siguen apreciando secuelas de la interferencia, ya abandonada la zona del cruce.

Se aprecia una Redistribución de la Energía tras



- G · Generador de fotones
- SD · Sincronizador de disparos
- C · Concentrador de fotones
- I · Zona de choque e interferencia
- B · Bobina De Fibra Óptica
- D · Detector
- R · Registrador

la interacción entre las Ondas Electromagnéticas.

Un haz monocromático de luz, producido por un láser, es subdividido en dos.

Posteriormente se les somete a un cruce, casi en ortogonal.

Mediante unos detectores se analizan las interferencia en el punto de cruce, posteriormente se van separando los detectores de la zona de interferencias con el fin de estudiar la redistribución de la energía.

Estos experimentos no nos indican

explícitamente, la presencia de “*fotones fracturados*”, fotones con mayores longitudes de onda que los incidentes, pero los resultados presentados nos proporcionan indicios prometedores.

Otros ensayos concebidos y diseñados con este fin podrían aportar posiblemente resultados concluyentes.

Un experimento para analizar la “*fragmentación fotónica*”:

Estas conjeturas sobre la *fragmentación fotónica*, me ha conducido a la concepción de un experimento idealizado, sin considerar las posi-

bilidades reales y dificultades de su ejecución. (Ver esquema)

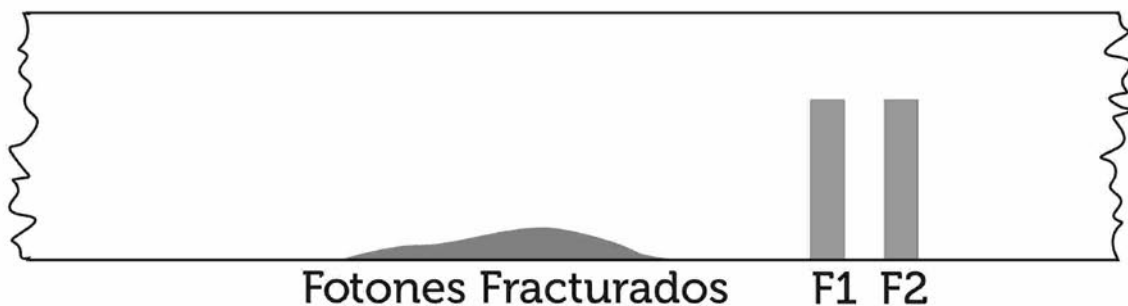
Constaría:

- Dos potentes generadores de fotones. Cada uno podrá inyectar un paquete intenso y corto de fotones con una frecuencia determinada.

- Dos fibras ópticas relativamente gruesas que convergen, mediante un ángulo pequeño.

- Dos condensadores de fotones, estrecharían cada haz en una fibra óptica extremadamente fina.

- Un colisionador de fotones, donde las dos fibras se juntarían en una única, y donde se producirían



Registro hipotético de choque de fotones con frecuencias distintas y fragmentación fotónica

las interferencias.

-Una gran bobina de fibra óptica donde los fotones se ordenarían según su velocidad de propagación, es decir según su frecuencia.

-Un coordinador de disparos para que los dos generadores puedan inyectar los paquetes de fotones simultáneamente, de forma que estos coincidan en el punto de convergencia, y se puedan producir interferencias entre los de un haz y los del otro.

-Un detector que al final de la fibra óptica sea capaz de analizar los fotones, determinando longitud de onda y cantidad.

-Un registrador de los diferentes datos. Supongamos que realizamos un disparo con el generador G-1, en el detector final observaremos un paquete de fotones F-1.

Algo similar ocurrirá si disparamos el G-2.

Supongamos que disparamos ambos generadores simultáneamente; si la frecuencia de sus fotones es distinta, durante el trayecto por la fibra óptica uno de los paquetes se atrasará con relación al otro. Por lo que en el detector final tendremos los dos paquetes separados.

En el caso de que la interferencia entre los fotones de un haz y los del otro llegase a producir "*rotura de fotones*", los fotones resultantes, con menor energía y mayor longitud de onda, deberían poder ser detectados, separados de los paquetes iniciales, al tener una velocidad distinta de propagación por la fibra óptica.

NOTA: Este artículo forma parte de un conjunto, caracterizado por indagar en aquellos puntos débiles de la Cosmología estándar, según el criterio del autor.

Reconocimientos:

Redistribution of Energy in Electromagnetic Wave Interactions

Interference of electromagnetic waves; a different approach

C.K.G. Piyadasa†

Department of Physics, University of Colombo, Colombo 00300, Sri Lanka

Otros artículos del autor en la revista HUYGENS.

Nº - 49 Julio-Agosto 2004 mc2 versus m@2.

Nº - 53 Marzo-Abril 2005 La Itacoatiara de Inga...

Nº - 58 Enero-Febrero 2006 La Corteza del Cosmos.

Nº - 60 Mayo-Junio 2006 El rey D. Jaime y el eclipse...

Nº - 65 Marzo-Abril 2007 De Michelson al COBE.

Nº - 66 Mayo-Junio 2007 La Radiación Cósmica de Fondo.

Nº - 67 Julio-Agosto 2007 El Principio de Equivalencia

Nº - 68 Sep.-Octubre 2007 El Cosmos másico y la anisotropía...

Nº - 69 Nov.-Dic. 2007 La Dinámica del Cosmos y la...

Nº - 74 Sep. -Octubre 2008 El Cosmos y el Conocimiento...

Nº - 75 Nov.-Dic. 2008 El Cosmos tiene Centro...

Nº - 76 Enero-Febrero 2009 Las Fuerzas de la Naturaleza...

Nº - 78 Mayo-Junio 2009 El "Génesis" según...

Nº - 83 Marzo-Abril 2010 El Desplazamiento al Rojo de...

Estos artículos pueden ser consultados también en la dirección: www.astrosafor.net