

Los neutrinos escapan de los agujeros negros

Por Alfonso León Guillén Gómez

Investigador científico independiente, Bogotá, Colombia

aguillen@gmx.net

Índice de contenido

[Abstracto](#)

[1. Introducción](#)

[2. Los agujeros negros](#)

[3. Evaporación de los agujeros negros](#)

[4. Los neutrinos si escapan de los agujeros negros](#)

[5. Conclusiones](#)

[Bibliografía](#)

Abstracto

Existen partículas con velocidad $> c$, como el fotón y gravitón virtuales y el neutrino real, que debido a su energía cinética escapan de las barreras de potencial eléctrico o gravitatorio, en particular de un horizonte de eventos de un agujero negro, de acuerdo con la mecánica de Newton, es decir, porque su energía cinética es mayor que la del potencial de la barrera. En estas partículas, tal fenómeno no es un efecto cuántico de túnel que se suponía lo causaba. Y dentro de la Relatividad no cabe que la velocidad supere c , puesto en ese caso se viaja en el pasado, que viola el principio de Novikov y la ley de causalidad. Por tanto, la física válida para estas partículas es la física Newtoniana o la Relatividad Superluminal de Anastasovski y el horizonte de sucesos no existe para los neutrinos como tampoco para el fotón y gravitón virtuales, porque su velocidad es mayor que c , umbral de la velocidad de escape, en el cual la energía cinética es igual a la del potencial gravitatorio.

PACS 01.65.+g History of science

03.30.+p Special relativity

04.20.-q general Classical relativity

04.20.Dw Singularities and cosmic censorship

04.25.dg Numerical studies of black holes and black-hole binaries

04.60.-m Quantum gravity

04.70.Bw Classical black holes

04.70.Dy Quantum aspects of black holes, evaporation, thermodynamics

05.20.Gg Classical ensemble theory

05.60.Cd Classical transport

05.60.Gg Quantum transport

13.15.+g Neutrino interactions

1. Introducción

En el laboratorio de investigación “Gran Sasso”, Italia, en el “Oscillation Project with Emulsion-tracking Apparatus” (OPERA), un grupo de científicos descubrieron, accidentalmente, que el neutrino muón viaja en el vacío con una velocidad mayor que c , en aproximadamente .25 diezmilésimas. Este resultado se obtuvo de acuerdo con la relación $(\text{velocidad del neutrino muón} - c) / c = (2.37 \pm 0.32 \text{ (incertidumbre estadística)} + (0.34, -0.24) \text{ (total incertidumbre sistemática)}) \times 10^{-8}$ [1]. Estos científicos investigaban experimentalmente, a través de la primera prueba directa, la oscilación entre los neutrinos: muón y tau [2], que consiste en la conversión del uno en el otro por cambio en su cantidad de masa, por lo tanto, fenómeno que sólo ocurre en las partículas con masa.

Sin embargo, en febrero 2012 un portavoz subalterno de OPERA, distinto al oficial, es decir, a su director, dijo que fueron encontradas fallas en la infraestructura del experimento que obligan a repetirlo, de acuerdo con lo anunciado inicialmente, en mayo 2012. Tales fallas fueron, de acuerdo con dicho portavoz, lo cual implicó el desconocimiento del director de OPERA, una conexión defectuosa de un cable de fibra de vidrio que está conectado a una pequeña caja, la cual convierte la señal óptica en una electrónica y la otra es la corrección de la sincronización entre el reloj del Gran Sasso con el reloj maestro de OPERA. De tal manera, no está confirmada la velocidad superluminal del neutrino sino en pleito.

No obstante, resulta extraño que las fallas puedan haber permanecido ocultas durante el largo periodo en que el experimento fue repetido antes que OPERA informara sobre su hallazgo, además que los resultados obtenidos en 2008, 2009, 2010 y 2011 fueron consistentes de acuerdo con las rigurosas pruebas estadísticas a que estuvieron sujetos, cuando la falla del cable supuestamente semisuelto depende de su inclinación y torsión altamente probables que variaran con el tiempo, en fin una condición sujeta al azar. De otra parte, mientras se esperaba que OPERA repitiera el experimento, una vez efectuadas las correcciones de las referidas fallas, fue ICARUS, grupo rival de OPERA quien lo realizó y fue el portavoz de la Dirección de Investigación del CERN quien dijo, en junio 2012, que realmente la velocidad de los neutrinos es inferior que c , previamente el portavoz oficial de ICARUS dijo que los de OPERA no sabían hacer el experimento correctamente. Así, en un sólo experimento supuestamente con valor negativo se rechazaron los numerosos experimentos con resultado positivo.

Más preocupante es que unas semanas antes, hacia el fin de marzo 2012, un grupo, de 16 miembros de OPERA que representan el 45 por ciento del total, presionó a su líder, el doctor Antonio Ereditato, y al responsable propiamente de las mediciones el doctor Dario Autiero y los obligaron a renunciar de sus cargos, tras una votación en que obtuvieron 13 votos a favor y varias abstenciones, no obstante que estatutariamente se requerían las dos terceras partes en contra.

Oficialmente el nuevo director anunció que OPERA abandona el volver a realizar experimentos sobre la velocidad de los neutrinos, aunque continuaran estudiando el mecanismo de la oscilación entre el neutrino muón y el neutrino tau.

Los doctores Ereditato y Autiero aunque con menos rigor se agregan a los doctores Tom Van Flandern y Paul Marmet que por sus discrepancias con la Relatividad de Einstein fueron implacablemente perseguidos. El nuevo resultado acerca de la velocidad del neutrino ha contado con una escasa difusión por parte de las revistas de divulgación científica.

El experimento de observación directa de la oscilación del neutrino es de una gran complejidad. En el CERN de Ginebra, en el Super Proton Synchrotron (SPS), son acelerados protones a la máxima energía posible para este experimento que es de 400 GeV/c, con ciclo de 6 s. Estos protones, en la cámara de blancos (TC), se direccionan mediante dos dipolos magnéticos (imanes) contra blancos de grafito de 2 m de longitud, de dos extracciones, una se realiza en la sala B y la otra en la sala C, separadas por 50 ms, cada extracción tiene una duración de 10.5 μ s [3]. La señal que se usa para el lanzamiento de los protones, es el tiempo universal coordinado (UTC), y el lapso de cada lanzamiento es de 524 ± 5 ns. El sistema de dos extracciones, genera dos distribuciones de protones, que a su vez produce, en el tiempo, dos distribuciones de neutrinos tanto a la salida del CERN como a la llegada en el Gran Sasso. Esta redundancia, es con el fin de realizar la estimación de las incertidumbres estadística y sistemática y el ajuste estadístico con el método de máxima verosimilitud [4], que permite efectuar el cálculo de la velocidad de los neutrinos. El producto del choque de los protones contra el grafito, en la TC, son mesones (hadrones formados por una pareja de quark y antiquark), con carga eléctrica unos positiva y otros negativa, altamente inestables, los cuales se desintegran según: kaón \rightarrow dos piones o 3 piones y un pión \rightarrow dos rayos gamma, un electrón muón y un neutrino, dentro de un túnel de desintegración (DT) al vacío, rectilíneo de 1095 m de longitud. Por este túnel van los electrón muón y neutrinos a un parador de hadrones (18 ms de longitud) y enseguida al contiguo primer detector de electrón muón (5 m de longitud), que está conectado rectilíneamente, por un tubo de 67 metros de longitud, a un segundo detector de electrón muón (5 m de longitud). De este último detector propiamente sale el haz de los casi puros neutrinos muón con una contaminación por neutrinos electrón de $\sim .9\%$ [5]. Los neutrinos se limpian, mediante un imán, colocado en cada detector, que separa los neutrinos de los electrón muón que han escapado del parador de hadrones, los cuales son desviados, en el sentido opuesto a su carga negativa, mientras los neutrinos siguen rectilíneamente. Los neutrinos, a través de un canal rectilíneo, subterráneo de 730 kilómetros, viajan con una velocidad constante hasta el detector OPERA del laboratorio del Gran Sasso. Dentro del canal ($\nu\mu \rightarrow \nu\tau$) el haz de los neutrino muón, viajan con una energía media de $E_\nu \sim 17$ GeV. En este experimento, la energía de los neutrinos depende de la energía de los piones y la de éstos de la energía de sus progenitores los protones en el momento de su colisión contra los blancos, y en general, depende de la energía del evento desencadenante del proceso de su producción. La detección del haz de neutrinos, en el Gran Sasso, se produce bajo la interacción débil de corriente cargada, es decir, vía bosón W^\pm (la otra forma es la interacción neutra vía el bosón Z^0), con los electrones atómicos del detector en Gran Sasso. La energía mínima requerida para esta interacción es > 11 GeV [6]. La distribución de la energía de los neutrinos, dentro del intervalo (con una media total de ~ 17 GeV) del experimento, no tuvo ningún efecto sobre su velocidad, puesto que la velocidad para los de mayor energía (con una media de ~ 43 GeV) fue la misma para los de menor energía (con una media de ~ 14 GeV) [7]. La velocidad constante de los neutrinos, además de que su masa equivale a energía positiva, clasifica a los neutrinos en la categoría de las partículas que no son taquiones [7]. En el CERN y en el Gran Sasso están instalados dos sistemas idénticos de medición del tiempo en UTC, compuestos de un receptor GPS, Septentrio PolaRx2e [8], y un reloj atómico, Symmetricom Cs4000 [9]. Los relojes están sincronizados mediante los GPS, con un error de 2 ns [10]. Este experimento, con varias modificaciones, se ha realizado en los años 2008, 2009, 2010 y 2011 y ha suministrado la estadística, de alta exactitud, relacionada con la velocidad del neutrino muón [1].

En el papel de 22 de septiembre y en la revisión de 17 de noviembre de 2011, remitidos al “Journal of High Energy Physics”, y también, almacenados en la base de datos digital ArXiv, con una muy alta certeza, se confirma la velocidad superluminal del muón, que es presentado por Antonio Ereditato, portavoz de OPERA, a nombre de 179 científicos, principalmente de Europa y Asia, pertenecientes a 48 instituciones científicas de Alemania, Bélgica, Corea del Norte y Sur, Croacia, Federación de Rusia, Francia, Grecia, Italia, Israel, Japón, Turquía y Suiza [1].

En el experimento de noviembre se produjo un nuevo haz de paquetes de partículas de unos 3 nanosegundos de duración separados por hasta 524 nanosegundos. Que respecto al de septiembre es más estrecho y de menor duración puesto ese fue de 10 nanosegundos, lapso considerado como la principal fuente de un posible error. Con lo cual la medición de la velocidad del muón neutrino es más exacta, además, se mejoró su precisión al obtener una menor intensidad del haz: “solo 20 eventos de neutrinos han sido recogidos por OPERA en esta nueva prueba, frente a los 15.000 analizados en la anterior” [11].

El neutrino, que existe en los estados de electrón, muón y tau, intercambiables durante su oscilación, fue postulado por Wolfgang Pauli en 1930 y observado, por primera vez, en 1956. La oscilación del neutrino fue propuesta en 1950 y observada en 1998. El neutrino es un leptón, o sea, una partícula elemental constitutiva junto con los quarks de la materia, sin carga, que sólo experimenta la interacción débil y la gravitacional, generado en la desintegración del protón. El neutrino posee masa, de acuerdo con el cuatri vector momento, la cual equivale en energía a $(=0.24 \text{ eV}, < 15.5 \text{ MeV})$ [12]. El muón que resulta de la oscilación del neutrino electrón tiene una masa $< 170 \text{ keV}$ (en los experimentos de OPERA, el máximo valor es 2 eV [1].

La primera consecuencia del experimento de OPERA es que las partículas con masa pueden superar c y, por lo tanto, es falso el postulado de la Relatividad Especial sobre tal imposibilidad. La segunda consecuencia es la de que en mi teoría alternativa acerca de la existencia en la naturaleza de velocidades superluminales [28], como sería la del gravitón, se requiere para el modelo que explique su velocidad, cuando las partículas poseen energía similares, como es el caso del muón neutrino, con una energía que cae entre las clases $Y = \text{Rayos Gamma}$ y $NUV = \text{Radiación ultravioleta}$ [13] y la energía de los fotones, incluir como un factor determinante de su posible diferencia de velocidad, a los tipos de interacción a los que están sujetos; puesto que, posiblemente la causa de que la velocidad del neutrino $> c$ es que mientras los fotones están sujetos a la interacción electromagnética y gravitatoria en cambio los neutrinos a la interacción de la fuerza débil y gravitatoria; como consecuencia, los neutrinos viajan en el vacío con menor interacción que los fotones puesto que en el vacío mientras abunda la interacción electromagnética estática, en cambio, es muy escasa la interacción débil. Otra consecuencia trascendental es la que los neutrinos escapan de los agujeros negros, puesto que cumplen con la condición física de viajar por encima de c , tema central de este trabajo.

2. Los agujeros negros

Como consecuencia de la teoría corpuscular de la luz de Newton, sus ecuaciones sobre: el movimiento, la gravedad y la velocidad de escape, en 1783, John Michell formuló la existencia de estrellas, muy masivas, que serían invisibles a causa de que la luz, no podría escapar de la gravedad de ellas. En 1915, Albert Einstein demostró que la luz en efecto está sometida a la gravedad y Karl Schwarzschild, en la

aplicación para un cuerpo esférico, que hizo de las ecuaciones de la Relatividad General, confirmó que una estrella con una gran masa y un determinado radio, llamado horizonte de eventos, su gravedad atraparía la luz. En 1930, Subrahmanyan Chandrasekhar determinó la masa crítica en 1,5 veces la del Sol y, en 1939, Robert Oppenheimer descubrió que por encima se podría producir el colapso gravitatorio de la estrella. En 1967, Stephen Hawking y Roger Penrose probaron que cualquier solución de las ecuaciones de la Relatividad General para una estrella colapsada genera una singularidad. En 1969, John Wheeler llamó, a la singularidad, agujero negro [14, 15].

Sin embargo, en la teoría Relativística de la Gravitación (TGR) de Anatoli Logunov, M. Mestvirishvili y otros colaboradores [36] de la disuelta Unión Soviética, que en la actualidad, en la opinión del autor, constituye la teoría sobre la gravedad más acertada, los teoremas de Hawking y Penrose sobre ocurrencia de singularidades no aplican. De tal manera podrán existir objetos supercompactos, con tal fuerza de gravedad que impidan el escape de las ondas electromagnéticas pero carentes de singularidad, es decir, dice el autor objetos negros pero no agujeros negros (black hole), por su parte Logunov exactamente los llama objetos ennegrecidos.

De acuerdo con las ecuaciones de la Relatividad General un agujero negro físicamente se define por las 3 cualidades de: masa, momento y carga eléctrica (teorema de Unicidad o Ausencia de cabello de Carter-Robinson). Para determinarlo cuantitativamente se requieren 11 parámetros: 1 de masa, 1 de carga eléctrica, 3 de momento lineal, 3 de momento angular y 3 de posición [16].

El agujero negro (podría ser un objeto ennegrecido), según las observaciones astronómicas, se clasifica de acuerdo con su cantidad de masa en [17]:

- Supermasivo, con varios millones de veces la masa del Sol. Este agujero es el centro de las galaxias con forma esférica, elipsoide o espiral y succiona materia en tan gran cantidad que ésta no logra entrar en el agujero y se acumula en un gran disco de acreción (formación de un cuerpo a partir de otros), que por su altísima temperatura se convierte en un cuasar, cuyo núcleo es el agujero negro, el cual emite una enorme cantidad de radiación y debido al potente campo magnético del agujero produce los dos chorros relativísticos (materia a una velocidad cerrada a c , incluso superluminal aunque no ha sido probado aún), arriba y abajo del disco.
- Estelar, mayor que 1,5 veces la masa del Sol. Este agujero es un componente que abunda en las galaxias.

También, de acuerdo con las observaciones astronómicas existen agujeros negros binarios en rotación uno alrededor del otro. Por ejemplo, el Agujero Negro binario en 3C 75, compuesto por dos supermasivos, distantes a 25 mil años luz, los cuales son los núcleos de dos galaxias en fusión, ubicadas en el Abell 400, cúmulo de galaxias (compiladas por George Abell en la década de 1950), que entre ellas están a unos 300 millones de años luz de distancia [18].

Las soluciones exactas de las ecuaciones de la Relatividad General dan 4 tipos teóricos posibles de agujeros negros. Estos son [14, 15]:

- Schwarzschild que no rota ni tiene carga.
- Kerr que rota y no tiene carga.
- Reissner-Nordstrom que no rota y posee carga (con una baja probabilidad de existir).
- Kerr-Newman que rota y posee carga (con una baja probabilidad de existir).

Y de acuerdo con las ecuaciones de la Relatividad General, la estructura de los agujeros negros está compuesta por [14]:

- La singularidad que es el punto de colapso, carente de volumen, por lo tanto con espaciotiempo nulo, y curvatura infinita donde se concentra toda la masa del agujero negro, con una densidad infinita. En el agujero cargado tiene la forma de anillo.
- El horizonte de eventos que es el área de frontera, cuyo radio depende de la masa y cuya forma es esférica para los agujeros negros sin rotación y esferoide para los que rotan. Esta frontera delimita el interior más allá del que toda cosa, materia o energía, incluida las ondas electromagnéticas no pueden escapar. Por lo tanto, no existe comunicación entre el interior y el exterior del agujero negro. Esta propiedad del horizonte de sucesos es a causa de que la velocidad de escape, desde su interior, es mayor que c , límite máximo de velocidad, de acuerdo con la Relatividad Especial.

Los agujeros negros que rotan adicionalmente tienen [14]:

- La ergosfera, posee una forma elipsoide, constituida por el espacio que es distorsionado por su arrastre, debido a la rotación (campo gravitomagnético interior) alrededor del horizonte de eventos.
- El límite estático separa la ergosfera del espacio normal.

Y los agujeros negros con carga, bastante improbables que existan, además, poseen [19]:

- Externo al horizonte de eventos, un campo eléctrico a gran distancia, su intensidad es igual que cualquier otro punto de carga ($Q/4\pi\epsilon_0 r^2$) y sólo se manifiesta delante de otros astros cargados.
- Interno al horizonte de sucesos existiría el horizonte de Cauchy que es una región del espaciotiempo interior la cual produce el efecto de suspender la caída de las partículas dentro de la singularidad e incluso posee una región de orbitas estables.

En el espaciotiempo exterior, de los agujeros negros, se distinguen tres grandes zonas con orbitas [20] :

- Estables, a más de 3 radios de Schwarzschild. Donde las orbitas son circulares y permanecen con el tiempo, por lo tanto, es una zona segura.
- Inestables por encima de 1,5 radios de Schwarzschild. En la cual las órbitas circulares, a causa de cualquier perturbación dejan de serlo, y se escapa al espaciotiempo tangencialmente infinito o se cae en el agujero negro.

- Inestable de la esfera de fotones a 1,5 radios de Schwarzschild. En la cual las ondas electromagnéticas rotan circularmente, pero a causa de cualquier perturbación los fotones escapan tangencialmente al espaciotiempo infinito o caen en el agujero negro.
- La de caída en elipses, $< 1,5$ radios de Schwarzschild. Donde las orbitas en elipse descienden, cada vez más próximas al horizonte de eventos hasta traspasarlo.

3. Evaporación de los agujeros negros.

De acuerdo con la Mecánica Cuántica desde el interior de los agujeros negros escapan partículas reales y virtuales al espacio exterior, lo que produce el fenómeno global de su evaporación, a la manera de la radiación de un cuerpo negro, con una temperatura finita. Este proceso al principio es lentísimo, pero continuo, de tal forma que con el paso del tiempo y la disminución de masa del agujero negro, la evaporación se acelera, hasta que el agujero en un estallido desaparece. Los casos actualmente reconocidos son los de:

- La radiación de Hawking es de fotones reales y partículas masivas como el neutrino y cualquier otra, descubierta, en 1973, por los físicos rusos Yacob Zeldovich y Alexander Starobinsky quienes demostraron que los agujeros negros en rotación, según el principio de incertidumbre, creaban y emitían partículas. En 1975, fue calculada por Stephen Hawking, demostrando, mediante el teorema de área, que todo tipo de agujero negro la produce y es exactamente igual a la radiación térmica del cuerpo negro, con base en el trabajo de Jacob Bekenstein, quien dedujo que el área del horizonte de eventos se puede considerar como una medida de la entropía del agujero, puesto esta área aumenta en función de la materia absorbida; por lo tanto, el agujero posee entropía que es la cantidad de desorden asociado con el movimiento de todas las partículas dentro del horizonte e igual al área del horizonte dividido por el cuadrado de la longitud de Planck [21]. La entropía es proporcionalmente inversa a la cantidad de masa y directamente a la temperatura del agujero negro, que es directamente proporcional a su gravedad superficial e inversamente proporcional a su masa; luego el agujero negro debe irradiar para alcanzar el equilibrio termodinámico, entre los espaciotiempos interior y exterior del horizonte de eventos [22]. Esta radiación, en septiembre de 2010, fue observada, en laboratorio, por el equipo de científicos liderado por Franco Belgiorno, de la Universidad de Milan [23]. Y, en el primer semestre de 2011, fue detectada por diferentes astrónomos, proveniente de un agujero de Schwarzschild [24].

En todos los puntos del espaciotiempo interior y exterior del horizonte de eventos, durante el lapso de incertidumbre, a causa de la oscilación de la energía del punto cero del vacío asociado, se crean constantemente pares de partículas virtuales; el par está compuesto de una partícula y una antipartícula, que dentro del lapso se aniquilan entre sí.

En el modelo original de Hawking la radiación realmente no existe, puesto que él asume el supuesto de que nada puede escapar del agujero negro, luego el par de partículas virtuales se origina en el vacío, desde el lado externo del horizonte de eventos; una partícula virtual (energía positiva) puede caer o escapar, cambiando a partícula real en el vacío exterior; cuando escapa crea la ilusión de que fue emitida y la otra partícula (energía negativa) puede caer sin destruir una partícula virtual complementaria, ya que antes, también, se convierte en partícula real con energía positiva, dentro del horizonte de eventos; con el aumento de la masa del agujero negro; estos cambios virtual-real son a

causa del intenso campo gravitatorio y sólo ocurren al azar; dentro de este proceso de falsa irradiación se produce la pérdida de masa por parte del agujero negro, debida al flujo desde el exterior de la antipartícula virtual con energía negativa, cuando no se convierte en real, evento más probable que el opuesto, que compensa la partícula falsamente emitida; al disminuir la masa el horizonte de eventos se reduce; cuanto menor es el agujero mayor será su temperatura aparente y, por consiguiente, mayor la radiación aparente [25, 26, 27]. De acuerdo con Hawking, el tiempo de existencia del agujero negro es de 10^{71} Masa³ segundos [25].

A pesar, que toda esta complejidad teórica, en torno de la radiación aparente, Hawking rigurosamente la ha sustentado en términos matemáticos, basado en las ecuaciones de la Relatividad General [26], el autor prefiere el modelo alternativo existente según el cual el agujero negro realmente irradia. Aunque, el autor no rechaza la radiación originaria de Hawking, muy probable que si existe, pero no es la causa principal de este tipo de radiación, puesto que, como proceso de interacción del vacío externo con el agujero negro, desde el punto de vista termodinámico, no es el vacío externo el que "calienta" al agujero negro sino al revés, es decir, el agujero negro es el que "calienta" al vacío externo; en consecuencia el flujo de la radiación desde el vacío externo hacia el agujero negro es marginal con relación del flujo desde el agujero negro hacia el vacío externo. Este modelo de irradiación real por parte del agujero negro se basa en la teoría del efecto de túnel cuántico, en el cual una partícula virtual considerada con velocidad $\leq c$, del par creado por la oscilación del vacío, detrás del horizonte de eventos, por lo tanto, con una energía cinética menor atraviesa la barrera de energía potencial gravitatoria mayor del borde del horizonte, y sale al exterior, con lo cual viola el principio de la mecánica newtoniana que establece que la partícula debe tener una energía cinética superior a la de la barrera para que pueda cruzarla. El efecto túnel en estricto rigor fue formulado para barreras de potencial eléctrico (impedancia) pero es aplicable a la barrera de potencial gravitatorio. En la mecánica cuántica, debido a la dualidad onda-partícula, se utiliza la ecuación de Schrödinger, la cual asigna cierta probabilidad a que una partícula sin que remonte la barrera, use un túnel energético que atraviese la barrera, y por el cual la partícula pasa al otro lado. No obstante, el autor crea una versión nueva que la modifica, en su propio fundamento, de tal modo, suprime tal efecto para las partículas superluminales al no requerirse, no así para las partículas con velocidad $\leq c$, y asume el escape siempre de las fotones virtuales como consecuencia de su velocidad $> c$, puesto que, en tal caso la energía cinética es mayor que la energía del potencial gravitatorio de la barrera, otro tanto, ocurre delante de la barrera de potencial eléctrico. Y en su manera de ver las cosas, el autor considera que Nimtz en sus experimentos logra velocidades $> c$, porque produce fotones virtuales a través de su técnica de barreras fotónicas dieléctricas que son de dos tipos: el primer tipo de barrera, está constituido por la parte central de las ondas guías, que es una sección suficientemente estrecha, menos de la mitad de la longitud de onda en ambas direcciones, perpendicular a la propagación, por la que sólo pasan las frecuencias de onda más bajas; el otro tipo de barrera son los prismas dobles en los cuales las microondas sufren reflexión total dentro del prisma de entrada y el residuo que logra refractarse pasa a través de un hueco de aire al prisma de salida [28]; Nimtz ha dicho que las ondas evanescentes que produce están compuestas por fotones virtuales que son superluminales; a lo que el autor agrega, que tales fotones virtuales superan el potencial eléctrico no debido al efecto túnel sino a su velocidad. Petar Anastasovski ha encontrado, como resultado de sus notables investigaciones en física nuclear, una mejor comprensión de los fenómenos nucleares si se admite velocidades mayores que c . Y el autor subraya una mejor comprensión en general de los fenómenos cuánticos. Por otra parte, Anastasovski resuelve el problema matemático de la transformación de Lorentz al reformularla para $v > c$, con lo que se mantiene c como constante de la naturaleza, para todos los observadores inerciales, en su teoría de la Relatividad Superluminal [37].

El escenario donde ocurre el proceso de radiación real es el espacio-tiempo tomado como la unión de los tres subespacios: Espaciotiempo estacionario interior del horizonte de eventos + Espaciotiempo no estacionario del interior del agujero negro + Espaciotiempo estacionario exterior del horizonte de eventos. El espaciotiempo interior está asociado con el vacío interior y el espaciotiempo exterior está asociado con el vacío exterior [26]. Un espaciotiempo estacionario “es un espacio-tiempo donde puede encontrarse un sistema de coordenadas naturales en la que ninguna de las componentes del tensor métrico dependa de la coordenada temporal” [29]. El mecanismo de la radiación real, según el autor, consiste en que sobre el límite del horizonte de eventos, dentro del vacío del espaciotiempo interno, debido al principio de incertidumbre, se produce el par de partículas virtuales. La antipartícula virtual (energía negativa), debido a la extrema brevedad de su existencia, queda dentro de su interior al decaer vertiginosamente en real, aunque, también, en términos estocásticos, cerrada al valor de la máxima probabilidad ($p=1$), cuando se crea cerrada al límite del horizonte, puede que escape, siempre que alcance a cruzar el horizonte como aún partícula virtual (posibilidad de burlador que posee la naturaleza). Mientras que, la partícula virtual (energía positiva) pasa al vacío del espaciotiempo externo, a causa de su mayor lapso de existencia, aunque, también, estocásticamente, con una probabilidad en aumento directamente proporcional a la distancia desde el punto del espaciotiempo interno, donde se crea, con relación al límite del horizonte y hasta el límite de la singularidad ($p=(0,1)$), puede quedar dentro, cuando en este espaciotiempo interno se convierte en partícula real. El escape de las partículas de los agujeros negros siempre es debido a la velocidad superluminal, que poseen las partículas virtuales, y no al efecto de túnel cuántico. La velocidad superluminal del fotón virtual fue probada en los experimentos con ondas evanescentes realizados, desde 1992, en Colonia, Alemania por el profesor Günter Nimtz [28, 30, 31] y confirmada en los experimentos de William Walker, en 1998, de la preformación de la onda electromagnética en el campo cercano [28, 32]. El agujero al irradiar pierde energía-masa y su horizonte se contrae. El cambio de las partículas entre virtual-real, de acuerdo con el autor, ocurre dentro o fuera del horizonte de eventos, debido a la altísima densidad de la energía potencial gravitatoria, como consecuencia del torrente a una escala fabulosa de gravitones virtuales, del vacío externo, cuando está muy cerrado al límite del horizonte, o del vacío interno (en la ortodoxia se dice, a la inmensa gravedad). Este cambio virtual-real, desde luego no es un proceso determinístico, puesto que como un proceso cuántico es siempre estocástico, entonces la partícula virtual que escapa puede que, también, permanezca en este estado virtual, dentro del vacío externo y obre a distancia como una fuerza de Lorentz.

- El escape de electromagnetismo estático (campos eléctricos y magnéticos no acoplados) o radiación de Carlip-Wiener es de fotones virtuales producida por los agujeros negros cargados siempre respecto de otros astros cargados, que puede ser otro agujero negro, especialmente el agujero negro binario, lo cual produce que se repelen, propiamente descubierta, en 1996, por Steve Carlip y Matthew P Wiener quienes bajo los supuestos estándares de que c es la velocidad límite y “El horizonte de eventos de los agujeros negros es donde la materia normal (y fuerzas) deben exceder la velocidad de la luz con el fin de escapar, y por lo tanto quedan atrapadas”. Sin embargo, ellos implícitamente distinguen e introducen dentro de las fuerzas a aquellas cuyos transmisores son partículas virtuales con velocidad entre ($<c, c$) y la fuerza electromagnética estática dotada del transmisor fotón virtual con velocidad $> c$. Para esta fuerza, desde luego: “El horizonte no tiene sentido para una partícula virtual con velocidad suficiente. En particular, un agujero negro cargado es una fuente de fotones virtuales” [33]. Aunque, ellos no demuestran ni aportan prueba alguna de la velocidad superluminal del fotón virtual, para mí es claro que ellos se basan y reconocen el descubrimiento experimental de Günter Nimtz, de 1992, puesto que, no existía ningún otro antecedente de tal carácter conocido, dentro de la comunidad científica, que

apoyará dicha afirmación. Para FAQ, con anterioridad de esta declaración de Carlip-Wiener, y la de Matt McIrvine [34] en el mismo tono, es decir carente de prueba, hecha en 1994, aunque, referida en general a las partículas virtuales, la velocidad de todas las partículas virtuales no podía exceder c .

- El escape gravitatorio o radiación de Van Flandern es de gravitones virtuales que son producidos por todo tipo de agujero negro, que en la lejanía se comporta como el campo gravitacional de un astro esférico con una masa igual a la del agujero en cuestión, descubierta, en 1998, por Tom van Flandern quien demostró los gravitones virtuales viajan a una velocidad mínimo $2 \times 10^{10} c$ y, por esta razón, escapan del horizonte de eventos del agujero negro. Tom primero reflexiona acerca de ¿cómo el agujero negro posee gravedad? Siempre que su fuente de gravedad está detrás del horizonte de eventos, exactamente en la singularidad, a donde ha ido a parar toda su masa. "Si nada puede escapar del horizonte de eventos, puesto que nada puede propagarse más rápido que la luz, ¿cómo la gravedad sale de un agujero negro?. La respuesta siempre es que el campo en torno a un agujero negro se congeló en el espacio-tiempo circundante antes del colapso de la estrella detrás de un horizonte de eventos, y ha permanecido en ese estado desde entonces". Tom rechaza esta respuesta debido a que carece de agentes causales y es incapaz de responder delante de la conexión orbital del agujero negro binario que los requiere. "supongamos que tenemos un agujero negro binario, con las dos estrellas que se derrumbaron en una órbita elíptica alrededor cada una de la otra. De esta forma, cada campo debe continuamente actualizarse por el cambio de la contribución del campo orbital de la otra. ¿De qué manera cada campo sabe lo que tiene que hacer si ya no está en comunicación con su masa, fuente de su gravedad, oculta detrás del horizonte de eventos? ". " si la masa de cada fuente al interactuar con la otra obliga a los agujeros negros del par a acelerar, ¿por qué cada punto del campo con una cierta curvatura sufre exactamente la misma aceleración que la fuente gravitatoria, a lo largo de todo el campo (hasta el infinito?)". "Sin comunicación, ¿cómo puede el sistema permanecer intacto y coherente?". Tom llega a la conclusión de que los campos gravitatorios externos deben continuamente regenerarse y, por tanto, existe la conexión de ellos con las singularidades, mediante un enlace causal. De tal manera, la velocidad de propagación de esas entidades causales, gravitones virtuales, "en gran medida debe superar la velocidad de la luz". Esta reflexión que hace Tom sobre el agujero negro binario, junto a otras de carácter astronómico, lo conducen a justificar un modelo de gravedad cuántica sin que importe si existe una teoría adecuada o no. Y bajo tal supuesto encuentra una fórmula para medir la velocidad de los gravitones virtuales que, en efecto, demuestra se propagan con velocidad superluminal [35]. Como consecuencia el horizonte de eventos no existe para los gravitones virtuales que escapan al espacio exterior, produciendo el campo gravitatorio del agujero negro. El autor considera que, también, se produzcan aleatoriamente gravitones reales debido a la intensidad altísima de este campo.

4. Los neutrinos si escapan de los agujeros negros

De acuerdo con la Relatividad General, dentro del horizonte de eventos todas las geodesias del espaciotiempo interno llevan la partícula más cerca de la singularidad hasta que cae en ella, con excepción del agujero negro cargado donde las geodesias dentro del horizonte de Cauchy [19] se devuelven y curvan hacia el horizonte de eventos, causando que la partícula no termine tragada por la singularidad, pero este agujero es muy poco probable que exista. Por lo tanto, al no existir, en ningún caso, geodesias que conduzcan al espaciotiempo exterior, no es posible que la partícula mientras viaje como espacio (spacelike) o como luz (lightlike) escape. Tanto la partícula real con masa, según el cuadvector momento, como el fotón real son tragados por la singularidad. También, las partículas

virtuales siempre que éstas posean una velocidad $\leq c$ caen en la singularidad, aunque, antes se convierten en partículas reales.

En la Relatividad que fue formulada en ausencia de la distinción entre partículas reales y virtuales todas las partículas existentes en la naturaleza poseen una velocidad $\leq c$. E incluso cuando en la mecánica cuántica se introdujo la distinción entre partículas reales y virtuales, a partir del principio de indeterminación de Heisenberg, y cuando, hacia 1929, fue descubierta la partícula virtual por Paul Dirac, se mantiene esta restricción. Por tal razón, la evaporación del agujero negro se explica en las teorías de Hawking como aparente y en la alternativa a través del efecto de túnel cuántico. En ningún caso a partir de que las partículas virtuales tengan una velocidad $> c$.

Desde el ámbito de los científicos, reconocidos por la comunidad científica mundial, sólo Nimtz, Carlip-Wiener y Walker, han planteado que el fotón virtual posee una velocidad $> c$ y Van Flandern y Walker que el gravitón virtual su velocidad es superluminal. Pero, Carlip después que lo dijo a nombre de FAQ, donde, en 1994, por primera vez fue formulado por Matt McIrvin, en sus posteriores trabajos retorno a la defensa del pensamiento ortodoxo relativista y a Van Flandern, después que fue tratado de orate y otros calificativos peores, hoy día, luego de su fallecimiento, se trata simplemente de ignorarlo.

Tan sólo como soluciones teóricas de las ecuaciones se tiene que: En la Relatividad General, si la velocidad de la partícula es $> c$ entonces la partícula viaja como tiempo (timelike), exactamente en una geodesia en el pasado del cono luz, que bajo el intenso campo gravitacional del agujero negro, es una geodesia en el tipo tiempo curvo cerrado, hallada por Kurt Gödel, en 1949, que permite el viaje al pasado. Y, en la Relatividad Especial el taquión siempre con velocidad $> c$, hallada independientemente, por Arnold Sommerfeld, George Sudarshan, Olexa-Myron Bilaniuk, Vijay Deshpande, y Gerald Feinberg, en la década de 1960. El viaje de una partícula como tiempo curvo cerrado "closed timelike curve" viola el principio de consistencia de Novikov el cual postula que si un evento existe y provoca una paradoja, o cualquier cambio al pasado que la provoque, entonces la probabilidad de ese evento es cero, o la conjetura de protección cronológica de Hawking y, en general, la ley de causalidad. Y el taquión en la teoría cuántica de campos, debido a su masa imaginaria es demasiado inestable para considerarlo real, además, que viola la ley de causalidad.

La única solución consistente, de las ecuaciones de la Relatividad General, acerca de una velocidad superluminal es a la que implícitamente Hawking refiere en los agujeros de gusano (How to build a time machine, publicada por Daily Mail online, en el 2010), la cual sólo permitiría viajar en el tiempo al futuro, a través de un atajo espaciotiempo. Como en el caso de la radiación de Hawking está velocidad superluminal son efectos aparentes. Esta velocidad superluminal es aparente porque localmente, es decir, dentro del agujero de gusano, realmente sólo se podría viajar a una velocidad entre ($< c, c$).

Ahora, con el descubrimiento experimental de la velocidad superluminal del neutrino, en cuanto la solución de Gödel, también, vale en el espaciotiempo interior del horizonte de eventos, tanto los neutrinos que provienen del espaciotiempo exterior y son atrapados por la gravedad del agujero negro como los producidos en el espaciotiempo interior cuando la masa cae dentro de la singularidad viajarían en el pasado del cono luz, dentro de una geodesia cerrada, exactamente en el pasado. El

neutrino, partícula real con masa de acuerdo con el cuadrivector momento, constituye un hecho completamente nuevo de partícula con velocidad superluminal. Pero, que significa físicamente que los neutrinos viajan en el pasado?. Puede el neutrino violar el principio de Novikov?. Puede el neutrino violar la ley de causalidad?. En realidad no existe una solución aceptable físicamente en la Relatividad General. El que una partícula con velocidad $> c$ escape del horizonte de eventos en realidad no es posible en la Relatividad General. Y la solución de Anastasovski de una Relatividad Superluminal no es conocida dentro de la comunidad científica, menos aceptada.

De acuerdo con la mecánica newtoniana la velocidad de escape es la necesaria para liberarse de la gravedad de un cuerpo. Es igual a aquella velocidad en que la energía cinética es mayor que la energía potencial gravitatoria. Para un cuerpo esférico-simétrico, como es el caso del agujero negro, la velocidad de escape es: $v_e > \sqrt{2GM/r}$. Donde G es la constante gravitacional ($G=6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$), M la masa del agujero negro y r la distancia desde la singularidad y hasta el límite del horizonte de eventos. Esta velocidad de escape es $> c$. El neutrino igual que el fotón virtual y el gravitón virtual cumplen con ésta condición, luego para el neutrino el horizonte de eventos no existe y escapa al espaciotiempo exterior.

5. Conclusiones

El descubrimiento experimental de la velocidad $> c$ del neutrino carece de toda cabida en la Relatividad. Esto nos devuelve a la mecánica de Newton. Donde si aplicamos el concepto de velocidad de escape para un agujero negro encontramos que el neutrino deberá escapar del horizonte de eventos. Pero, debido a que la velocidad c es una constante de la naturaleza la verdadera solución es la provista por la Relatividad Superluminal siempre que esta teoría se use como marco teórico.

De otra parte, la Relatividad limita el enlace causal entre eventos a aquellas acciones que pueden comunicarse con una velocidad $= c$. Por ahora, el experimento de OPERA tal límite lo lleva a la velocidad superluminal del neutrino.

Bibliografía

[1] OPERA. Measurement of the neutrino velocity with the OPERA detector in the CNGS beam

<http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1109/1109.4897.pdf>

[2] Oscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus.

<http://operaweb.lngs.infn.it/?lang=en>

<http://www.muyinteresante.es/el-experimento-opera-confirma-la-medida-de-neutrinos-mas-rapidos-que-la-luz>

[3] Stipcevic, Mario. Superluminal anomaly in OPERA experiment. Croacia. 2011.

http://web.physics.ucsb.edu/~hept/OPERA_UCSB.pdf

[4] Ereditato, Antonio. Measurement of the neutrino velocity with the OPERA detector in the CNGS beam. Suiza. 2011.

<http://laguna.ethz.ch/indico/getFile.py/access?contribId=67&sessionId=7&resId=0&materialId=slides&confId=1>

[5] Gornushkin, Yu. Search for oscillations $\nu\mu \rightarrow \nu\tau$ in appearance mode in the OPERA experiment. Federación Rusia. 2011.

http://www1.jinr.ru/Pepan/v-42-4/04_gorn.pdf

[6] Thomson, Mark. Particle Physics. England. 2009.

http://www.hep.phy.cam.ac.uk/~thomson/lectures/partIIIparticles/Handout11_2009.pdf

[7] Francis, E. Por qué los neutrinos de OPERA no pueden ser taquiones. 2011.

<http://francisthemulenews.wordpress.com/2011/10/03/por-que-los-neutrinos-de-opera-no-pueden-ser-taquiones/>

[8] Septentrio PolaRx2e.

<http://www.septentrio.com/sup/products>

[9] Symmetricom Cs4000.

<http://www.symmetricom.com/products/frequency-references/cesium-frequency-standard/Cs4000/>

[10] Sánchez, Renata. La teoría de la relatividad, ¿en entredicho?.

<http://www.eluniversal.com.mx/cultura/66495.html>

[11] Muy Interesante. El experimento OPERA confirma la medida de neutrinos más rápidos que la luz. Noviembre, 2011.

<http://www.muyinteresante.es/el-experimento-opera-confirma-la-medida-de-neutrinos-mas-rapidos-que-la-luz>

[12] Peltoniemi, Juha; Sarkamo, Juho. Laboratory measurements and limits for neutrino properties. 2005.

<http://cupp oulu.fi/neutrino/nd-mass.html>

[13] Wikipedia. Electromagnetic spectrum.

http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum

[14] Wikipedia. Black hole.

http://en.wikipedia.org/wiki/Black_hole

[15] Hooft, Gerard 't. Introduction to the theory of Black Holes. Holanda. 2009.

http://www.staff.science.uu.nl/~hooft101/lectures/blackholes/BH_lecturenotes.pdf

[16] Wikipedia. Rotating black hole.

http://en.wikipedia.org/wiki/Rotating_black_hole

[17] Cain, Fraser. Universe Today. Blazars. 2009.

<http://www.universetoday.com/30594/blazars/>

[18] NASA. Binary black hole in 3C 75. 2006.

<http://apod.nasa.gov/apod/ap060412.html>

[19] Dokuchaev, V I. Is there life inside black holes? Russia. 2011.

<http://arxiv.org/pdf/1103.6140.pdf>

[20] Hamilton, Andrew. Journey into a Schwarzschild black hole. USA. 2012.

<http://jila.colorado.edu/~ajsh/insidebh/schw.html>

[21] Maldacena, Juan. Los agujeros negros y la estructura del espacio-tiempo. USA.

<http://casanichi.com/fis/anegros01.pdf>

[22] Fargueta; Salvador. La bella teoria: La radiación del agujero negro o de Hawking. España. 2008.

<http://labellateoria.blogspot.com/2008/03/la-radiacin-de-agujero-negro-o-de.html>

[23] Palazzesi, Ariel. Detectan la radiación de Hawking. España. 2010.

<http://www.neoteo.com/detectan-la-radiacion-de-hawking>

Shiga, David. Hawking radiation glimpsed in artificial black hole. 2010.

<http://www.newscientist.com/article/dn19508-hawking-radiation-glimpsed-in-artificial-black-hole.html>

[24] Barbado, LC; Barcelo, C; Garay, LJ. Hawking radiation as perceived by different observers. 2011.

<http://www.iaa.es/es/publications/2011/hawking-radiation-perceived-different-observers>

[25] Schmelzer, Ilja; Baez, John. Hawking Radiation. FAQ. 1997.

<http://www.obscure.org/physics-faq/Relativity/BlackHoles/hawking.html>

[26] Fernández, J. Ma. Radiación de Hawking. España. 2010.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfe/v56n2/v56n2a9.pdf>

[27] Hawking, Stephen. Historia del tiempo. Colombia. 1989.

[28] Guillén, Alfonso. La velocidad de la gravedad. Colombia. 2005.

<http://www.alfonsoleonguillen.net/vgrave.html>

[29] Diccionario de teoria de la Relatividad. Definición de Espaciotiempo estacionario. 2009.

<http://ciencia.glosario.net/teoria-de-la-relatividad/espacio-tiempo-estacionario-12848.html>

[30] Nimtz, Gunter; Haibel, A. Basics of Superluminal Signals. Germany. 2001.

http://arxiv.org/PS_cache/physics/pdf/0104/0104063.pdf

[31] Vetter, R.-M; Haibel, A.; Nimtz, Gunter. Negative phase time for Scattering at Quantum Wells: A Microwave Analogy Experiment. Germany. 2000.

http://arxiv.org/PS_cache/quant-ph/pdf/0006/0006131.pdf

[32] Walker, William. Experimental Evidence of near-field superluminally propagating electromagnetic fields. Sweden. 1999.

<http://arxiv.org/ftp/physics/papers/0009/0009023.pdf>

[33] Wiener, Matthew P; Carlip, Steve. How can gravity escape from a black hole?. USA. 1996.

http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/ask_astro/answers/980601a.html

Subject: D.00 Astrophysics [Dates in brackets are last edit.] D.01 Do ...

<http://www.angelfire.com/space2/chaminda/astro-faq.FAQ>

[34] McIrvin, Matt. Some Frequently Asked Questions About Virtual Particles. 1994.

http://math.ucr.edu/home/baez/physics/Quantum/virtual_particles.html

[35] Van Flandern, Tom. The Speed of Gravity What the Experiments Say. USA. 1998.

http://metaresearch.org/cosmology/speed_of_gravity.asp

[36] Logunov, Anatoli and Mestvirishvili, M. The Relativistic Theory of Gravitation. Moscow. 1989.

[37] Anastasovski, Petar. Superluminal Relativity Related to Nuclear Forces and Structures. 1998.