

Los neutrinos superlumínicos

¡Uh! ¿No cayó el paradigma?

En septiembre de 2011 un conjunto internacional de físicos experimentales publicaron resultados que dejaban entrever la existencia de partículas capaces de moverse a velocidades superiores a la de la luz; o sea, de violar levemente uno de los postulados de la Relatividad Especial. Aquí la historia.

Guillermo Mattei, gmattei@df.uba.ar



El 23 de septiembre de 2011, el servidor de correo electrónico del Departamento de Física de Exactas difundía el siguiente mensaje del profesor Daniel de Florian, uno de los principales cazadores del bosón de Higgs en el Gran Acelerador de Hadrones (LHC) del CERN (Suiza): “Los voceros del experimento OPERA acaban de realizar un interesante anuncio. Hallaron neutrinos que viajan con un exceso de aproximadamente 0,002% de la velocidad de la luz. ¿Posibles explicaciones? Muy temprano aún.”

El experimento OPERA (acrónimo inglés de *Proyecto Oscilación con aparato de seguimiento de emulsiones fotográficas*) consiste básicamente en el envío, desde el CERN, de un haz de neutrinos de tipo *muónicos* hacia un detector situado en el laboratorio Gran Sasso (Italia), a una distancia de 730 kilómetros. Si bien el OPERA buscaba propiedades específicas de los neutrinos, denominadas *oscilaciones* (Ver Recuadro *Oscilaciones de Wolfgang Pauli*), el experimento también era útil para conocer sus velocidades al medir el tiempo que demoran en llegar sabiendo que la dis-

tancia está medida con gran precisión. Concretamente, el resultado del experimento significaba que el tiempo de llegada de los neutrinos, desde su emisión en el CERN hasta su llegada al detector OPERA, superaba en sesenta milmillonésimas de segundo lo previsto por la Teoría de la Relatividad, o sea: esos neutrinos viajaban más rápido que la luz.

Capítulo 1. ¿A quemar los libros?

“¿Y ahora qué van a hacer los físicos?”, fueron los comentarios socarrones de graduados no físicos en varios pasillos de universidades del orbe; “¡se les cayó el paradigma...!” El paradigma aludido era, nada menos, que el centenario postulado einsteniano de la constancia de la velocidad de la luz (Ver Recuadro *El metaprincipio*). Lo irónico es que la presunta caída de una teoría que debió haberse llamado *de la invariancia* y cuyo actual nombre se malinterpreta muchas veces como *todo es relativo* (Ver EXACTAMENTE número 3, en la nota *Un siglo de Relatividad*), podía haber tenido, para muchos, connotaciones de relativismo epistemológico sobre las ciencias naturales formales.

Pero no, ¿por qué no? En la comunidad física nunca hay pánico a causa de lo que el doble juego teoría-experimento pueda deparar en cuanto a los límites de los modelos. Por un lado, la reabsorción de modelos teórico-experimentales dentro de otros modelos envolventemente inclusivos o la compatibilización de los límites de validez de modelos bien diferentes no son una novedad ni una tragedia en Física. El investigador Juan Pablo Paz (del Departamento de Física de la FCEyN) opinó tras la noticia: “Si la velocidad de los neutrinos fuera la reportada en ese trabajo, entonces no se podría entender cómo es que los neutrinos y la luz fueron detectados casi simultáneamente cuando explotó la supernova de 1987. Los neutrinos tendrían que haber llegado mucho antes que la luz en ese caso... Pero bueno, el de OPERA es un resultado intrigante ¡y sería muy divertido que fuera cierto!”

Por su parte, el especialista en Teoría de cuerdas Gastón Giribet (del mismo departamento), ampliaba: “Los neutrinos producidos por el colapso en las estrellas supernovas son, preponderan-



Un técnico verifica los imanes que dirigen los protones que, al colisionar, producen los neutrinos que viajan desde Suiza hasta Italia. Foto: © 2005 CERN

EL METAPRINCIPIO

En su libro *Agujeros negros y tiempo curvo*, el físico Kip Thorne explica que Einstein en lugar de prestarle atención a los pocos experimentos que, alrededor del 1900, podían decir algo acerca de la estructura del espacio y del tiempo, confió en su propia intuición sobre cómo deberían comportarse las cosas. Tras mucha reflexión, se le hizo intuitivamente obvio que la velocidad de la luz debe ser una constante universal, independiente de la dirección y del movimiento, y que establece un límite insuperable por ninguna cosa. Einstein introdujo así un nuevo principio sobre el que basar toda la Física.

El principio de relatividad es realmente un metaprincipio en el sentido de que no es en sí mismo una ley física, sino que es más bien una pauta o regla que deben obedecer todas las leyes de la Física, no importa cuáles puedan ser estas leyes, ni tampoco si son leyes que gobiernan la electricidad y el magnetismo, o los átomos y moléculas, o las máquinas de vapor y los automóviles deportivos. Thorne explica que la potencia de este metaprincipio es impresionante. Toda ley que se proponga debe ser confrontada con él. Si la nueva ley supera el test, entonces la ley tiene alguna esperanza de describir el comportamiento de nuestro Universo. Si no, debe ser rechazada.

Thorne concluye que toda nuestra experiencia acumulada en los cien años de este principio, una y otra vez confirman las ideas de Einstein. A partir de los años '30 del siglo XX la tecnología comenzó a darle la razón al principio de relatividad y actualmente en los aceleradores modernos pueden medirse velocidades de electrones a 0,9999999995 veces la velocidad de la luz. Como, a medida que la velocidad de estas partículas materiales se acerca a de la luz, crece su inercia; entonces inexorablemente nunca podrán alcanzarla.

Pocas cosas son inmutables en el universo: la velocidad de la luz como tope para todas las cosas que se muevan es una de ellas.

temente, los llamados *anti-neutrinos electrónicos*, y esos fueron, justamente, los que se midieron el 23 de febrero de 1987. Sin embargo, los medidos en Gran Sasso son *neutrinos muónicos*. ¿Podrían ser superlumínicos unos y los otros no? Los primeros viajan prácticamente en el vacío y los segundos dentro de la materia, de modo que, de no existir una interrelación fuerte con la gravedad, el de la supernova es un contraejemplo bastante contundente”, y agregaba: “Este asunto de los *neutrinos precoces* probablemente se trate de un error sistemático, y lo mejor es esperar a que alguien adentro del Gran Sasso grite ¡uh! ¡Non ho notato questo!”. La posibilidad de una incerteza mal estimada o de un error experimental ya sobrevolaba el asunto.

El 23 de febrero de 1987 a las 7.35 horas (tiempo universal), los detectores Kamiokande II (Japón), IMB (Estados Unidos) y Baksan (Rusia) reportaron el pasaje de veinticuatro antineutrinos provenientes de la explosión de la estrella supernova SN1987a e hicieron historia poniendo en evidencia que los neutrinos tenían masa. Si bien estos viajeros extra-

galácticos fueron detectados tres horas antes de que llegara la señal luminosa, los astrofísicos saben que, en el colapso que antecede a ese tipo de explosiones, la estrella emite antes a los antineutrinos. Esa anticipación observada en 1987 es, de hecho, una de las pruebas más satisfactorias de los modelos de colapsos estelares, y no se debe a una velocidad superlumínica de los neutrinos. De hecho, SN1987a se encuentra a casi 170.000 años luz y un cálculo sencillo convence de que si la velocidad superlumínica de los neutrinos fuera la observada en el OPERA entonces sus neutrinos deberían haber llegado varios años antes y no solo tres horas antes.

Capítulo 2. Maldita conexión

El 22 de febrero de 2012 la revista *Science* ya especulaba que los famosos sesenta nanosegundos de diferencia se explicaban por una falla en la conexión de un cable de fibra óptica que iba desde el receptor del GPS a una plaqueta de adquisición en una computadora. “Soldás mal un cable y concluís que la teoría de la relatividad

está mal... Siendo que las conclusiones que germinalmente pretendían derivar del resultado afirmaban que la teoría de la relatividad podía estar mal, todo este asunto se convertía potencialmente en un ruidoso papelón, con centenares de noticias de prensa –no todas responsablemente escritas– y 214 citas bibliográficas en pocos meses”, comentaba Gastón Giribet, y agregaba: “El más elegante de los intentos por explicar de dónde podía venir la diferencia era la estadística empleada, pero adjudicarla a la mala conexión de los cables es, en todo caso, bochornoso: ¡Si le vas a apuntar a Einstein fijate mejor!”.

Jonathan Butterworth, físico del Grupo de Altas Energías del University College (Londres, Inglaterra) y columnista de ciencia del medio gráfico *The Guardian* opinó: “Parece que después de todo, los neutrinos respetarían el límite de velocidad. Al menos, los experimentales del OPERA anunciaron, hace un par de días, que `habían encontrado un problema que *podría* haber llevado a un error en la medida del tiempo y que, cuando corrigieron el problema, *desearon* obtener un resultado compatible con la velocidad de la luz`. El *podría* y el *desearon* parece ser un curioso entrelineado dicho cuando el resultado superluminal todavía tenía cierta credibilidad frente a toda la evidencia en favor de la Relatividad Especial. Pero, casi a continuación, la credibilidad se evaporó”.

OSCILACIONES DE LOS NEUTRINOS

Los neutrinos son partículas fantasmales con múltiples personalidades. A principios de 2012, resultados provenientes del experimento Neutrino-Antineutrino del reactor nuclear chino Daya Bay (provincia de Guangdong, China), en colaboración con científicos checos, rusos y estadounidenses, ha incrementado considerablemente el entendimiento de cómo cambian su personalidad, fenómeno denominado oscilación de los neutrinos, y esto podría aportar al entendimiento de por qué existe materia en el Universo, nada menos. En palabras más técnicas, los físicos lograron comprender mejor cómo los tres diferentes tipos de neutrinos o sabores –electrón, muón y tau– se combinan entre sí proveyendo una explicación para su inquietante transformación de unos en otros.

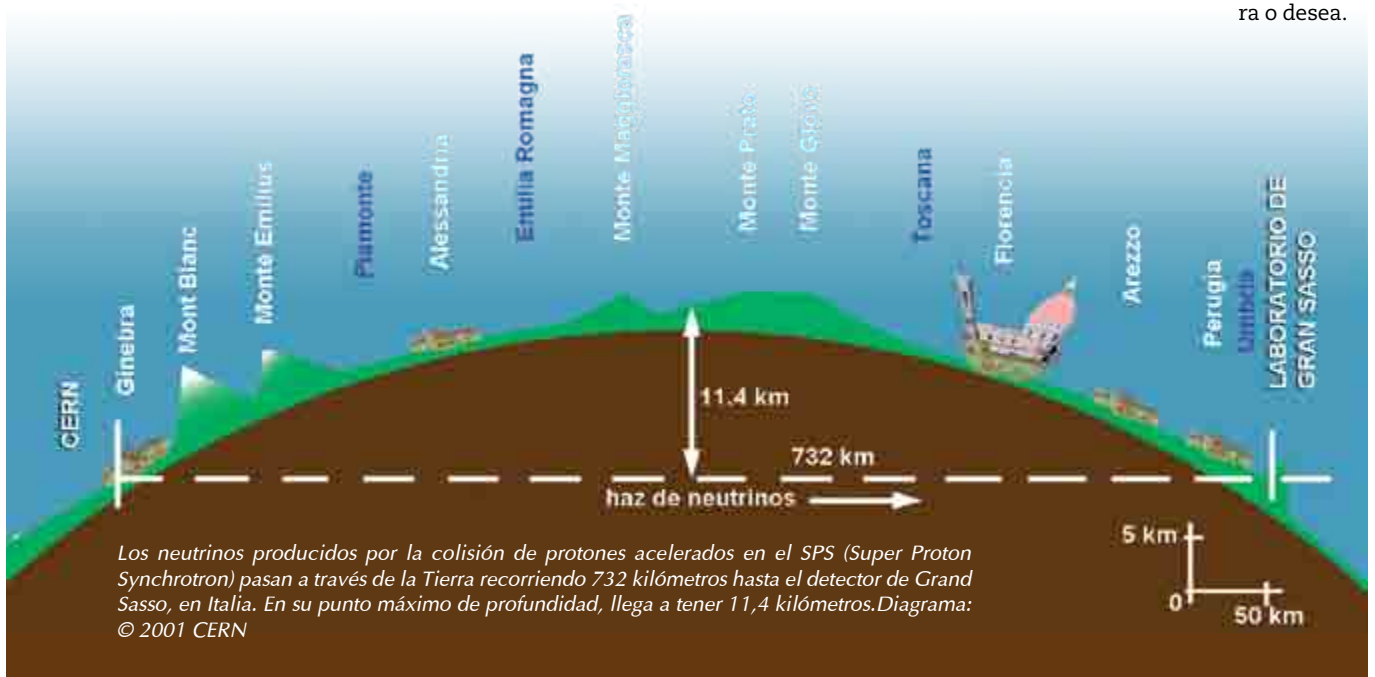
El enigma del desbalance numérico entre partículas y antipartículas podría tener relación con estas oscilaciones. Si los neutrinos y su antimateria equivalente, los antineutrinos, oscilaran de diferente manera, entonces la explicación podría estar cerca.

Kam-Biu Luk, un profesor de Física en la Universidad de California en Berkeley, e investigador en el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, dijo: “Este resultado es muy estimulante porque nos permite comparar las oscilaciones de neutrinos y antineutrinos en el futuro y tener cierta confianza para contestar la pregunta ‘¿por qué existimos?’”

A pesar de que los neutrinos interactúan muy débilmente con otros tipos de materia, en uno de los más grandes desafíos del Modelo Estándar de las partículas elementales, los experimentos de las dos últimas décadas muestran que sí tienen masa para poder efectuar estas mutaciones aunque, probablemente, sea menos que una millonésima de la masa del electrón. Cada sabor del neutrino es el resultado de las fluctuaciones temporales de sus tres masas diferentes de modo parecido a como la luz de color puede variar según apropiadas mezclas de luces rojo, verde y azul.

En la línea de Giribet, Jonathan Butterworth (físico del Grupo de Altas Energías del University College y columnista de ciencia del medio gráfico *The Guardian*) agrega: “Si se confirma, el pro-

blema del conector sería, así, una deprimente y mundana explicación para tan intrigante anomalía. Yo todavía respeto al OPERA por haber ofrecido un resultado a pesar de todo. Una vez que un físico experimental ha decidido medir algo, debe publicar el resultado, aun si no es el que uno espera o desea.





Centro del cómputo del CERN
Foto: © 2012 CERN

Por supuesto que los físicos del OPERA sospecharon que su propio resultado era erróneo, y fueron muy claros sobre esto desde el principio, enfatizando la necesidad de chequeos adicionales. Pero la principal razón para esa sospecha no tenía que ver con el experimento en sí mismo, sino con el peso de la evidencia independiente a favor de la Relatividad”. Butterworth sostiene que si un físico experimental se arrepiente de los resultados porque contradicen su teoría favorita, o aun porque contradicen otros experimentos, tiene que repetir el experimento y chequear todo lo estadísticamente razonable y, a veces, aparece el maldito conector.

Mucha gente ha resaltado irónicamente que la publicación del OPERA ha cosechado muchas citas bibliográficas. “Si tú, científico, vives en el mundo maravilloso de la métrica reglada por las citas, entonces esto te parecerá bien, aun si la mayoría de ellas son, básicamente, para decirte que estás equivocado. Ciertamente, lograste alto impacto. Sin embargo, yo no pienso que los científicos del OPERA especularon con las citas. Dudo que hubiese un solo físico del OPERA que no deseara haber encontrado el fallo del conector antes de la publicación, aun si eso hubiese significado que reportar coincidencia con la velocidad de la luz implicaba pocas citas y menos atención de los medios”, dice Butterworth.

Capítulo 3. Ícaro voló

Y la medida independiente llegó el 16 de marzo del 2012. El detector ICARUS, del Gran Sasso, demostró, con todo rigor, oportunidad y explícitos comunicados, que los neutrinos, a lo sumo viajan a la velocidad de la luz: “El resultado es compatible con el arribo simultáneo de todos (los siete) eventos con la velocidad de la luz y no es compatible con los resultados reportados por OPERA.”

Otro penal, aunque mal cobrado, que ataja un tal Albert Einstein. | =

OSCILACIONES DE WOLFGANG PAULI

Según el físico ruso George Gamow (1904-1968), su colega alemán Wolfgang Pauli (1900-1958) “siempre traía ideas nuevas y se las contaba al auditorio mientras caminaba constantemente, ida y vuelta, con su voluminoso cuerpo oscilando ligeramente”. Su gran idea fue la de postular en los años veinte la existencia de una partícula sin carga, a la que bautizó neutrón, para que el modelo teórico del átomo fuera consistente con la realidad experimental. Una de las jugadas más apasionantes de la investigación científica es la de prever entidades en el marco teórico antes de ser descubiertas en el diálogo experimental con la Naturaleza. Cuando en 1932, James Chadwick (1891-1974) descubrió, dentro de la configuración atómica, a la partícula que hoy se denomina neutrón, Pauli tuvo que rebautizar a su hipotética partícula como neutrino. La evidencia fenomenológica del neutrino recién llegó en 1956.

Hasta antes de los 80 la suposición era que los neutrinos no tenían carga eléctrica ni masa en reposo

por lo que apenas interactuaban gravitatoriamente con los átomos comunes de modo que eran capaces de atravesar la Tierra sin que ésta se enterara. Pero, estudiando los neutrinos provenientes de las reacciones nucleares del Sol y de los rayos cósmicos que impactan en la atmósfera superior, los científicos detectaron por primera vez evidencia de una masa pequeña.

La teoría que sustenta el modelo del Big Bang indica que el número de neutrinos que posiblemente existan tiene una relación definida con el número de fotones que podemos observar en el Universo en proporción 3:11. En otros términos, debería haber 113 neutrinos de cada una de sus tres especies por centímetro cúbico o cientos de millones de neutrinos por cada átomo del Universo. En este contexto, si los neutrinos pesaran sólo la cien millonésima parte del peso de un átomo, podrían ser candidatos a conformar la elusiva materia oscura, la que no podemos observar pero sí medir como determina la dinámica actual del Universo.