



Septiembre 2020

PARTÍCULAS MUTANTES

En «Neutrinos ocultos» [INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, septiembre de 2020], William Charles Louis y Richard G. Van de Water describen las oscilaciones de neutrinos, o la transformación espontánea de neutrinos de un tipo en neutrinos de otro. En general, cuando una partícula ordinaria se desintegra y se transforma en otra, el proceso puede verse como si la partícula tuviera un «exceso de energía» que la hace inestable: pasa de un estado más energético a otro menos energético. Sin embargo, en el caso de las oscilaciones de neutrinos, la existencia de un ciclo parece implicar la recuperación de la energía liberada. El neutrino pasa de un estado más energético a otro menos energético, para, de alguna manera, volver después al estado de mayor energía. ¿Cómo es eso posible?

ALBERTO BELLIDO DE LA CRUZ
Zaragoza

El artículo describe el experimento Coherent CAPTAIN-Mills (CCM) para buscar neutrinos estériles. La estrategia consiste en usar un detector móvil que pueda desplazarse unas decenas de metros con respecto de una fuente de neutrinos muónicos. Si, al variar esa distancia, se observan desviaciones con respecto al número de neutrinos esperados, ello podría indicar que se han producido oscilaciones hacia la forma estéril. Frente a detectores mucho mayores e inmóviles, como IceCube o Super-Kamiokande, esta estrategia tiene la ventaja de que permite obtener «una secuencia de fotogramas» del proceso de oscilaciones.

Pero ¿no sería posible emplear IceCube y Super-Kamiokande del mismo modo? Si estos detectores sondeasen la variación de neutrinos solares entre el pe-

rihelio y el afelio de la órbita terrestre, podrían obtener datos similares en una escala de distancias mucho mayor.

MIGUEL ÁNGEL LAPEÑA
La Alberca, Murcia

RESPONDE LOUIS: *Las oscilaciones de neutrinos ocurren porque cada uno de los distintos «sabores» (como el neutrino muónico o el electrónico) consta de una superposición de autoestados de masa, lo que implica que no tiene una masa bien definida. Como consecuencia, cuando un neutrino muónico oscila y se convierte, por ejemplo, en uno electrónico, la energía de la partícula permanece constante y no cambia en ningún momento.*

A Lapeña: Las oscilaciones de neutrinos solares están dominadas por la escala de masas $m_2 - m_1 \approx 7 \cdot 10^{-5} \text{ eV}^2$ (donde m_1 y m_2 denotan las masas de dos de los autoestados de masa y eV indica electronvolts). Como consecuencia, los experimentos con neutrinos solares tienen poca sensibilidad a las oscilaciones de neutrinos estériles, las cuales están asociadas a una escala de masas mucho mayor. Los neutrinos detectados por CCM viajan distancias muy cortas, gracias a lo cual no se ven afectados por la escala de masas de $7 \cdot 10^{-5} \text{ eV}^2$. Es esto lo que permite que CCM sea sensible a las oscilaciones de neutrinos estériles.

FÍSICA DE LAS CIUDADES

El artículo «Una nueva ciencia de la movilidad urbana» [por Aleix Bassolas, Mattia Mazzoli y José Javier Ramasco; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, septiembre de 2020] propone un modelo basado en una teoría de campos para describir los desplazamientos urbanos. En dicho modelo el campo en cuestión viene dado por los desplazamientos de los habitantes. Sin embargo, los campos físicos, como el asociado al movimiento del agua en un río, son continuos, mientras que una persona que se desplaza hace constantes paradas (en un semáforo, al esperar un medio de transporte, etcétera). ¿Cómo pueden entenderse tales paradas recurriendo a la analogía de un campo físico?

Por otro lado, el modelo solo considera los desplazamientos del domicilio al trabajo. ¿Se han tenido en cuenta también los desplazamientos de vuelta? ¿Cómo afecta a la validez del modelo no haber incluido los trayectos de fin de semana o durante las vacaciones?

J. M. SOLANA
Villalba, Madrid

RESPONDE RAMASCO: *Más que un modelo, el trabajo muestra una nueva forma de ver la movilidad a gran escala mediante la introducción de herramientas matemáticas asociadas a la teoría de campos. Usamos varios modelos generadores de flujos de viajes para comprobar si los resultados empíricos se corresponden con las predicciones teóricas, pero el análisis básico se sustenta en datos, no en modelos.*

Es cierto que los campos suelen definirse en el continuo y que suelen comportarse bien frente a cambios de escala. Sin embargo, el ejemplo propuesto por el lector (el agua como fluido) es una buena metáfora de lo que hacemos. Los líquidos están formados por moléculas, las cuales son elementos discretos, al igual que los individuos que definen la movilidad en las ciudades; mientras que los campos, como el de velocidad, se definen sobre elementos de masa (volúmenes pequeños que contienen muchas moléculas). De manera similar, los campos que nosotros usamos se definen sobre poblaciones, no sobre individuos, y caracterizan la movilidad promedio de la población. Lo que haga una molécula o un individuo particular contribuye a la población, pero no cuenta para la definición de los campos.

Los desplazamientos casa-trabajo tienen la particularidad de que se repiten cada día laboral y, por tanto, el tiempo y la distancia desempeñan un papel clave: nadie quiere viajar horas y horas todos los días para ir a trabajar. De hecho, hay una hipótesis sobre el valor del tiempo en el transporte, propuesta por el investigador Cesare Marchetti, la cual postula que intentamos evitar desplazamientos pendulares más largos de una hora. Eso hace que los viajes casa-trabajo, muy comunes, sean también más sencillos de estudiar, pues son más regulares. La introducción de otros tipos de movilidad es algo que estamos estudiando en estos momentos.

CARTAS DE LOS LECTORES

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA agradece la opinión de los lectores. Le animamos a enviar sus comentarios a:

Prensa Científica, S. A.
Valencia 307, 3.º 2.ª, 08009 BARCELONA
o a la dirección de correo electrónico:
redaccion@investigacionyciencia.es

La longitud de las cartas no deberá exceder los 2000 caracteres, espacios incluidos. INVESTIGACIÓN Y CIENCIA se reserva el derecho a resumirlas por cuestiones de espacio o claridad. No se garantiza la respuesta a todas las cartas publicadas.