

La piedra de Rosetta de la gravedad

En 1915, mientras servía en el frente ruso de la Primera Guerra Mundial, el astrónomo alemán Karl Schwarzschild derivó la primera solución exacta de la relatividad general, la teoría geométrica de la gravitación que ese mismo año había formulado Albert Einstein. El propósito de Schwarzschild era bastante mundano: espolado por el problema que planteaba el movimiento anómalo del perihelio de Mercurio, el cual Einstein solo había conseguido resolver de manera aproximada, el astrónomo intentaba describir cómo sería la trayectoria de un planeta en el campo gravitatorio creado por una estrella. «Las siguientes líneas permiten que el resultado del Sr. Einstein reluzca con acrecentada claridad», escribió en la introducción de su artículo, publicado en febrero de 1916 (pág. 4).

Schwarzschild no vivió lo suficiente para verlo (murió tres meses después, víctima de una dolorosa enfermedad contraída en Rusia), pero aquel trabajo acabaría planteando un colosal rompecabezas que, cien años después, los físicos siguen intentando resolver. Su solución describía el caso más sencillo posible de lo que hoy denominamos un agujero negro: un astro cuyo campo gravitatorio es tan intenso que, pasado cierto punto conocido como horizonte de sucesos, un objeto tendría que moverse más rápido que la luz para poder escapar de él.

Desde entonces, el estudio de este insólito fenómeno de la naturaleza ha dado lugar a dos fecundas líneas de investigación largamente independientes, una en física matemática, basada en complejos cálculos y experimentos mentales (págs. 12-55), y otra en astrofísica (págs. 56-95). La primera ha proporcionado los que, para muchos expertos, son algunos de los indicios más sólidos del funcionamiento de la gravedad a escala cuántica. La segunda constituye un floreciente campo observacional que ha ayudado a entender el devenir de las estrellas y la estructura y evolución de las galaxias. El presente monográfico de la colección TEMAS le invita a explorar ambos enfoques a través de una cuidada selección de los mejores artículos sobre agujeros negros publicados en INVESTIGACIÓN Y CIENCIA.

El problema teórico que plantean los agujeros negros surge al preguntarse por el destino de lo que cae en ellos. Esta cuestión reveló su verdadera importancia en los años setenta, cuando Stephen Hawking descubrió que, al tomar en consideración ciertos efectos cuánticos, los agujeros negros debían emitir radiación. Sin embargo, el análisis del físico británico sugería que las partículas expulsadas por un agujero negro no guardaban ninguna relación con lo que antes hubiese caído en él. De ser el caso, ello haría saltar por los aires uno de los pilares de la mecánica cuántica (pág. 14). En los últimos decenios, el estudio de esta paradoja ha permitido explorar cuestiones tan profundas como la manera en que la naturaleza procesa la información (págs. 22 y 32), los límites de las leyes físicas (pág. 42) y las propiedades cuánticas del espacio y el tiempo (pág. 48).

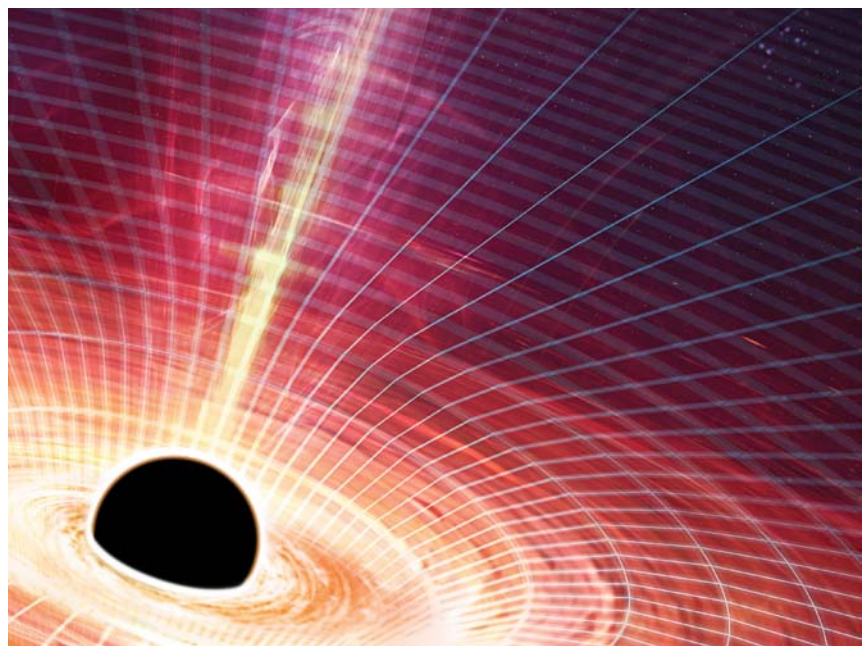
Por su parte, y aunque muy distintos de la solución eterna e idealizada de Schwarzschild, hace ya tiempo que los astrónomos cuentan con indicios claros de la existencia de agujeros negros en el universo. Algunos son cadáveres estelares, con masas del orden de diez veces la del Sol. Otros, los más enigmáticos en cuanto a su origen, son los astros hasta miles de millones de veces más masivos

que hoy sabemos que ocupan el centro de numerosas galaxias (págs. 58 y 66). En las últimas dos décadas, el estudio de estos colosales y de sus homólogos estelares ha vivido espectaculares avances gracias al desarrollo de nuevas técnicas (pág. 72) y, desde 2015, a la detección de ondas gravitacionales (págs. 80 y 88).

¿Convergerán algún día estas dos grandes líneas de investigación? Por sorprendente que pueda parecer, la astronomía de ondas gravitacionales ha abierto la puerta a sondear por medios experimentales las propiedades de los horizontes de sucesos. Con suerte, los resultados que a corto o medio plazo deparen estos trabajos podrían revolucionar el conocimiento de la interacción fundamental más enigmática de la naturaleza (pág. 88).

Al igual que el átomo de hidrógeno fue la piedra de Rosetta que permitió descifrar los secretos de la teoría cuántica, hace décadas que los físicos ven en los agujeros negros la piedra de Rosetta de la gravedad. Aunque el camino que queda para interpretarla por completo aún se antoja largo, los resultados cosechados hasta ahora conforman una de las piezas más valiosas de las que disponen los científicos para continuar armando el puzle último de la realidad.

—La redacción



SUSCRÍBETE A LA REVISTA TEMAS

Ventajas para los suscriptores:

- **Envío** puntual a domicilio
- **Ahorro** sobre el precio de portada
~~27,60 €~~ 22 € por un año (4 ejemplares)
- **Acceso gratuito** a la edición digital de los números incluidos en la suscripción

Selecciones temáticas
de nuestros
mejores artículos



www.investigacionyciencia.es/suscripciones
Teléfono +34 935 952 368

Los monográficos de
**INVESTIGACIÓN
Y CIENCIA**



Agujeros negros

1 Presentación

La piedra de Rosetta de la gravedad

La redacción

4 Historia

El padre renuente de los agujeros negros

Jeremy Bernstein

AGUJEROS NEGROS MATEMÁTICOS

14 Los agujeros negros y la paradoja de la información

Leonard Susskind

22 La información en el universo holográfico

Jacob D. Bekenstein

32 Computación en agujeros negros

Seth Lloyd e Y. Jack Ng

42 Minería de agujeros negros

Adam Brown

48 Geometría y entrelazamiento cuántico

Juan Martín Maldacena

AGUJEROS NEGROS ASTROFÍSICOS

58 Agujeros negros de masa intermedia

Jenny E. Greene

66 Los primeros agujeros negros supermasivos

Priyamvada Natarajan

72 Devorar un sol

S. Bradley Cenko y Neil Gehrels

80 Agujeros negros primordiales y materia oscura

Juan García-Bellido y Sébastien Clesse

88 Ecos desde el horizonte

Pablo Bueno y Pablo A. Cano



EN PORTADA

Descubiertos como soluciones de las ecuaciones de Einstein en 1915, hace décadas que los físicos teóricos ven en los agujeros negros una de las claves fundamentales para descifrar el comportamiento de la gravedad. En los últimos años, y de manera independiente, su estudio se ha convertido en una de las áreas más fascinantes y prometedoras de la astronomía observacional. ¿Convergerán algún día ambas líneas de investigación? Ilustración: Getty Images/Keanu2/iStock.