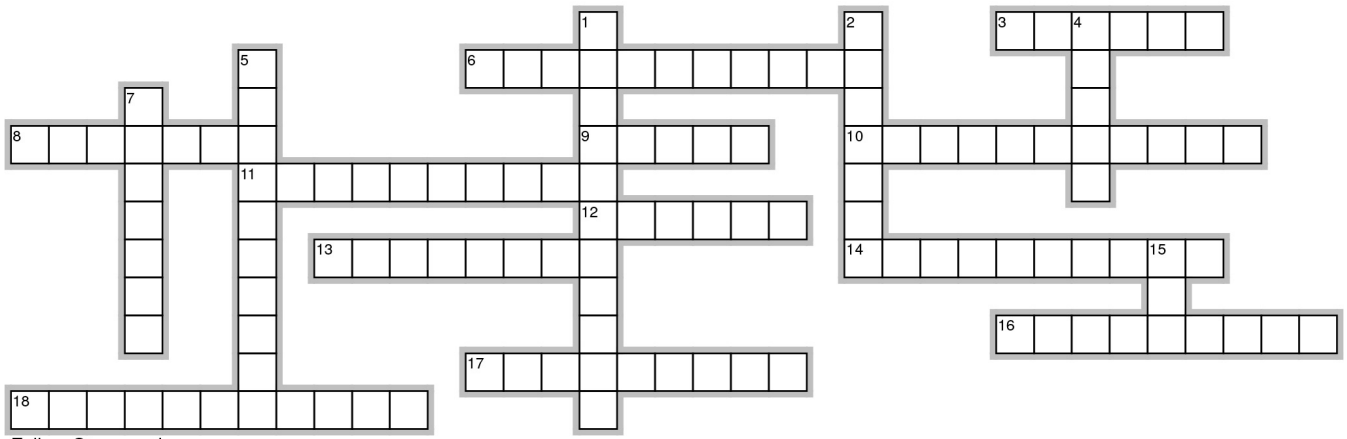
Horizonte cósmico

01/11/2025

HORIZONTE CÓSMICO

A. REQUENA & VALLE DE ELDA, © 2025



HORIZONTALES

3. Muchos objetos que hoy podemos observar, eventualmente, saldrán de nuestro Universo observable, porque la luz que emitan en él nunca nos alcanzará.
6. Los cálculos cosmológicos indican que el radio del universo observable es de unos 46.500 millones de años luz, en todas éstas.
8. La radiación de fondo marca uno de los más concretos del universo observable.
9. Uno común consiste en pensar que el horizonte cósmico marca el "fin del universo".
10. El descubrimiento de ésta en la expansión del Universo, atribuido a la energía oscura, ha modificado profundamente nuestra comprensión del horizonte cósmico.
11. La herramienta principal para estudiar los confines del universo observable es la observación de la radiación de fondo de esta radiación.
12. Desde tiempos inmemoriales, la humanidad ha mirado al cielo nocturno en busca de respuestas sobre su origen y su lugar en él.
13. Incluso con los avances tecnológicos más sofisticados, sigue existiendo un límite fundamental a nuestra capacidad para observar y comprenderlo.
14. El horizonte cósmico delimita el universo de este tipo.
16. El cósmico, como concepto, no designa un borde físico del universo.
17. Una restricción natural es la de la luz y la edad del universo.
18. Uno de los principios fundamentales de la física moderna es que la velocidad de la luz en el vacío es constante y constituye el límite superior para el transporte de ésta.

VERTICALES

1. La luz que nos llega desde los objetos más distantes ha tardado miles de millones de años en alcanzar los nuestros.
2. Esta radiación de fondo lo llena todo él y se detecta en todas direcciones con una temperatura uniforme de unos 2.7 kelvin.
4. Los astrónomos y físicos distinguen cuidadosamente entre el universo observable, aquello que podemos ver y medir y el universo éste, cuya extensión podría ser mucho mayor, incluso infinita.
5. La idea de que hay más universo más allá de lo observable no es especulativa sin base, sino una consecuencia directa de los modelos actuales de esta Ciencia.
7. El espacio mismo se ha estado expandiendo mientras la luz lo hacia nosotros.
15. Ésta marca los límites del conocimiento directo que podemos tener sobre el universo.

Desde tiempos inmemoriales, la humanidad ha mirado al cielo nocturno en busca de respuestas sobre su origen y su lugar en el cosmos. Con el desarrollo de la astronomía y la cosmología modernas, esa búsqueda ha adquirido una precisión científica sin precedentes. Sin embargo, incluso con los avances tecnológicos más sofisticados, sigue existiendo un límite fundamental a nuestra capacidad para observar y comprender el universo: el llamado horizonte cósmico.

El horizonte cósmico, como concepto, no designa un borde físico del universo, como si este terminara en algún lugar, sino más bien una frontera observacional, es decir, el límite más lejano desde el cual la luz (o cualquier señal) ha podido llegar hasta nosotros desde el nacimiento del cosmos, hace aproximadamente 13.800 millones de años. El horizonte cósmico delimita el universo observable, es decir, la porción del cosmos accesible a nuestros instrumentos y teorías empíricas. Más allá de este horizonte, aunque pueda haber más universo o infinitas réplicas, simplemente no podemos verlo, ni recibir información de ello... al menos por ahora.

Una restricción natural es la velocidad de la luz y la edad del universo. Uno de los principios fundamentales de la física moderna es que la velocidad de la luz en el vacío es constante y constituye el límite superior para el transporte de información. Nada puede viajar más rápido que la luz, y por tanto, la luz marca los límites del conocimiento directo que podemos tener sobre el universo.

La luz que nos llega desde los objetos más distantes ha tardado miles de millones de años en alcanzar nuestros telescopios. Dado que el universo tiene una edad finita, unos 13.800 millones de años desde el Big Bang, hay un límite máximo a la distancia desde la que cualquier partícula de luz (fotón) pudo haber comenzado su viaje hasta nosotros. Este límite temporal establece también un límite espacial. No obstante, debido a la expansión del Universo, esa distancia no se corresponde exactamente con 13.800 millones de años luz. El espacio mismo se ha estado expandiendo mientras la luz viajaba hacia nosotros, por lo que hoy, esos objetos se encuentran mucho más lejos de lo que estaban cuando emitieron la luz. Los cálculos cosmológicos indican que el radio del universo observable es de unos 46.500 millones de años luz, en todas direcciones. Esto define una esfera con un diámetro de unos 93.000 millones de años luz: nuestro universo observable.

Un error común consiste en pensar que el horizonte cósmico marca el "fin del universo". Sin embargo, los astrónomos y físicos distinguen cuidadosamente entre el universo observable, aquello que podemos ver y medir y el universo total, cuya extensión podría ser mucho mayor, incluso infinita. La idea de que hay más universo más allá de lo observable no es especulativa sin base, sino una consecuencia directa de los modelos actuales de cosmología, en particular del modelo ΛCDM (Lambda-Cold Dark Matter), que describe un universo en expansión acelerada. Según este modelo, hay regiones del espacio tan alejadas que la luz que emiten jamás podrá alcanzarnos, ni ahora ni en el futuro. Este fenómeno genera una especie de horizonte de eventos cosmológico, análogo al horizonte de sucesos de un agujero negro, esto es, un límite a partir del cual los eventos no pueden influir en nosotros. Esto lleva a un hecho desconcertante, pues la mayor parte del universo está fuera de nuestro alcance. Incluso si tuviéramos tiempo infinito, hay regiones de las que nunca podríamos recibir información debido a la expansión del espacio, que actúa como una barrera infranqueable.

Un aspecto significativo resulta ser ¿cómo se estudia el horizonte cósmico? La herramienta principal para estudiar los confines del universo observable es la observación de la radiación de fondo de microondas (CMB). Esta es la luz fósil del universo primitivo, emitida unos 380.000 años después del Big Bang, cuando el Cosmos se enfrió lo suficiente como para permitir que los fotones viajaran libremente. Esta radiación llena todo el espacio y se detecta en todas direcciones con una temperatura uniforme de unos 2.7 kelvin.



Imagen creada con ayuda de ChatGPT con DALL-E

El estudio del CMB permite reconstruir las condiciones físicas del universo primitivo, su geometría, su densidad, y

su tasa de expansión inicial. El satélite Planck, por ejemplo, proporcionó un mapa de altísima precisión de esta radiación, lo cual ha sido fundamental para afinar nuestros modelos cosmológicos. La radiación de fondo marca uno de los límites más concretos del universo observable, pues más allá de este "muro de luz", el universo era opaco, y no podemos recibir información por medios electromagnéticos. Para ir más allá, se necesitan otros métodos, como la detección de neutrinos primordiales (aún no lograda) o de ondas gravitacionales de origen cósmico.

Resulta importante entender la expansión acelerada y el futuro del horizonte. El descubrimiento de la aceleración en la expansión del Universo, atribuido a la energía oscura, ha modificado profundamente nuestra comprensión del horizonte cósmico. Lejos de mantenerse estable, el horizonte está cambiando constantemente. Debido a esta aceleración, muchos objetos que hoy podemos observar, eventualmente, saldrán de nuestro Universo observable, porque la luz que emitan en el futuro nunca nos alcanzará, porque el espacio entre ellos y nosotros se expandirá más rápido de lo que la luz puede recorrerlo. En otras palabras, nuestro Universo observable se está reduciendo con el tiempo en términos prácticos, aunque aún nos lleguen fotones antiguos de objetos lejanos. Esto plantea una paradoja temporal, porque: vemos galaxias que ya no podemos alcanzar ni influenciar. Algunas de ellas ya están "más allá" en términos dinámicos, aunque todavía recibimos su luz debido al retardo en la propagación.

Además, todo esto tiene implicaciones filosóficas y epistemológicas. El horizonte cósmico no es solo un concepto físico, ya que también tiene profundas implicaciones epistemológicas y filosóficas. Marca un límite no solo a lo que podemos ver, sino también a lo que podemos saber, en el sentido más riguroso del término.

En epistemología, se distingue entre conocimiento empírico, aquel basado en observaciones y conocimiento racional o especulativo. El horizonte cósmico establece un límite empírico insalvable y más allá de él, toda afirmación debe basarse en inferencias, extrapolaciones o modelos teóricos. Esto no las invalida, pero sí les da un estatuto diferente. Por ejemplo, no podemos saber con certeza si las leyes de la física que observamos en nuestro rincón del cosmos se aplican también en regiones más allá del horizonte. Suposiciones como la homogeneidad e isotropía del universo, que son claves para la cosmología moderna, son hipótesis racionales, sustentadas por la observación, pero no verificables más allá del horizonte. Esto nos recuerda que el conocimiento científico, aunque poderoso, siempre está condicionado por los límites del instrumento, del lenguaje y del marco teórico. En el caso del horizonte cósmico, es la velocidad de la luz y la estructura del espacio-tiempo lo que impone el límite.

En todo caso, más allá de la observación se sitúan el multiverso y la inflación eterna. Algunos modelos cosmológicos especulativos, como la inflación eterna, sugieren que nuestro universo observable podría ser solo una burbuja dentro de un "multiverso" mucho más vasto, con otras regiones o incluso otros universos separados causalmente del nuestro. En estas teorías, el espacio-tiempo sigue inflándose eternamente en algunas regiones, generando múltiples universos con diferentes constantes físicas, dimensiones o leyes. Aunque por ahora estos modelos no son directamente verificables, se basan en extensiones naturales de teorías bien establecidas como la inflación cósmica. Aquí, el horizonte cósmico adquiere un carácter aún más enigmático, ya que sería solo una ventana local dentro de una realidad mucho más amplia. No podemos saber qué hay más allá, pero podemos preguntarnos si lo que vemos es representativo del todo, o si vivimos en una excepción dentro de un inmenso "paisaje" cósmico.

En suma, formulamos un límite móvil y esencial. El horizonte cósmico es, a la vez, una realidad física, un límite tecnológico y un símbolo epistemológico. Define lo observable, lo accesible y lo comprobable dentro de nuestro universo. Nos enseña humildad frente a la vastedad del cosmos, recordándonos que incluso nuestras mejores teorías están ancladas a una perspectiva limitada por la luz y el tiempo.

A medida que desarrollamos nuevas tecnologías, como telescopios espaciales más sensibles, detectores de ondas gravitacionales o simulaciones de cosmología cuántica, podemos ampliar el conocimiento dentro del universo observable. Pero el horizonte, como límite natural, seguirá ahí. No puede eliminarse, solo desplazarse.

Por tanto, el estudio del horizonte cósmico no solo nos habla del universo externo, sino también del límite entre la Ciencia y la metafísica, entre lo que podemos conocer y lo que solo podemos imaginar. Nos muestra que la frontera final no está en las galaxias más lejanas, sino en la capacidad humana para comprender su propio lugar en la totalidad del ser.

HORIZONTE CÓSMICO

A. REQUENA & VALLE DE ELDA, © 2025

