

NON SE ATOPARON ONDAS GRAVITACIONAIS CONTINUAS EN O4a DE 45 PÚLSARES COÑECIDOS

A colaboración LIGO-Virgo-KAGRA (LVK) realizou recentemente unha nova busca de ondas gravitacionais continuas (CWs, do inglés *continuous waves*) extremadamente febles procedentes de estrelas de neutróns. Esta busca, baseada en datos da primeira parte da cuarta campaña de observación (O4a), representa outro avance na procura de ondas gravitacionais emitidas por obxectos estables e illados, en lugar de eventos dramáticos como fusións de buracos negros. As CWs son sinais tenues, constantes e case periódicas que poderían revelarnos información sobre o interior das estrelas de neutróns, os obxectos máis densos do universo despois dos buracos negros.

QUÉ SON AS CWs E POR QUÉ SON IMPORTANTES?

As ondas gravitacionais son ondulacións no espazo-tempo causadas por obxectos masivos en movemento. Até agora, a colaboración LVK publicou a detección de case 100 sinais de ondas gravitacionais, principalmente de fusións de buracos negros. Porén, a diferenza destes eventos explosivos, créese que as CWs proveñen de estrelas de neutróns individuais con pequenas "imperfeccións". As estrelas de neutróns son os restos de estrelas masivas que explotaron como supernovas, deixando un núcleo incrivelmente denso que pode pesar máis ca o noso Sol, comprimido nunha esfera de só 20 quilómetros de diámetro.



Figura 1: A nebulosa Crab vista a banda de raios X. O pulsar Crab está situado no centro da imaxe. Crédito: X-ray – NASA/CXC/ASU/J. Hester et al.; optical – NASA/HST/ASU/J. Hester et al.

Se unha destas estrelas tivese unha pequena protuberancia ou deformación, podería emitir ondas gravitacionais periódicas e febles ao xirar. Detectar estas ondas sería un gran avance, xa que permitiría aos científicos estudar a "rixidez" e a estrutura das estrelas de neutróns, revelando nova información sobre a materia en condicións extremas.

POR QUÉ OS PÚLSARES?

Os púlsares son obxectos especialmente interesantes para as buscas de CWs. Estes son estrelas de neutróns con campos magnéticos poderosos que emiten feixes de ondas electromagnéticas en diferentes bandas de frecuencia (radio, raios X, raios gamma). A medida que xiran, estes feixes varren o espazo como un faro cósmico, creando pulsos cada vez que alcanzan a Terra. As observacións electromagnéticas de púlsares con diferentes observatorios proporcionan información precisa sobre a súa posición no ceo, a súa taxa de rotación e a súa evolución temporal. Esta información converte os púlsares en candidatos ideais para as buscas de CWs, xa que permítenos enfocarnos precisamente no rango de frecuencias onde poderían aparecer as CWs. Nesta busca, os científicos de LVK centráronse en 45 púlsares coñecidos (ver **Figura 2**) para detectar a súa emisión continua e feble. O equipo considerou dous modelos teóricos diferentes que predín a emisión de CWs: un ao dobre da frecuencia de rotación (*modelo de harmónico único*) e outro, tanto a unha como a dúas veces a frecuencia de rotación (*modelo de emisión de dobre harmónico*).

COMO FUNCIONA A BUSCA

A colaboración LVK utiliza algúns dos instrumentos máis sensibles do mundo para buscar ondas gravitacionais. Estes detectores, que son interferómetros sofisticados, poden captar distorsións incrivelmente pequenas no espazo-tempo. Aínda así, detectar CWs é extremadamente desafiante. O motivo é que as CWs son tan febles que agárdase que estean somerxidas baixo o ruído de fondo, polo que os científicos deben confiar en algoritmos sofisticados e técnicas de análise de datos para afondar no ruído.

O equipo utilizou información detallada de diferentes observatorios electromagnéticos sobre a posición e a rotación de cada púlsar. Isto denomínase astronomía de *multi-mensaxeiro*: as ondas electromagnéticas informan as buscas de CWs para mellorar a posibilidade de detección ao axustar a busca especificamente ás características únicas de cada púlsar.

DESCUBRE MÁIS:

Visita www.ligo.org
as nosas www.virgo-gw.eu
webs: gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/



Estas buscas dirixidas son diferentes das buscas 'all-sky' (todo o ceo), onde os científicos buscan calquera sinal en todo o ceo, sen saber de onde podería provir. Aquí, ao usar púlsares coñecidos como guías, os investigadores poden enfocarse nos rangos de frecuencia onde se esperaría unha CW. As buscas dirixidas son os análises máis sensibles, pero dependen en gran medida do modelo de emisión considerado, é dicir, do mecanismo físico que xera as CWs.

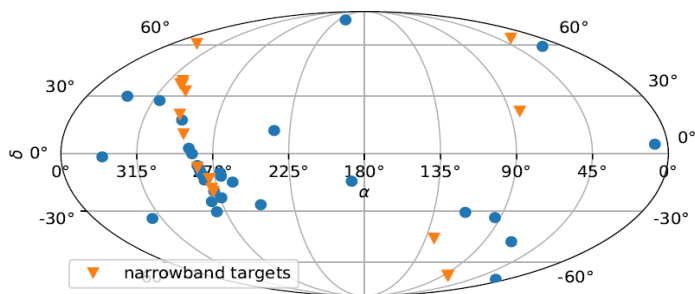


Figura 2: Localización no ceo dos obxectos analizados, en coordenadas ecuatoriais.

QUÉ ATOPAMOS?

A partir da análise dos datos de O4a, a colaboración LVK non atopou ningunha sinal definitiva de CW procedente dos 45 púlsares analizados. Porén, os nosos achados seguen sendo valiosos. Ao analizar os datos, puidemos establecer novos límites sobre o tamaño máximo das deformacións ecuatoriais, ou "elipticidade", destas estrelas de neutróns sen emitir CWs detectables (os chamados *límites superiores*, ver Figura 3). Isto significa que os científicos agora teñen estimacións máis precisas sobre a cantidade máxima de deformación que poderían ter estes púlsares, mesmo se ditas deformacións non foron o suficientemente grandes como para producir unha sinal detectable. Para o púlsar brillante e próximo de milisegundos J0437-4715, a restrición máis estrita sobre a elipticidade é dunhas 9 partes por mil millóns, o que corresponde a unha deformación de menos de 100 microns, asumindo un radio de estrela de neutróns de 10 km.

E AGORA QUÉ?

Aínda que as sinais de CW seguen sendo esquivas, cada busca achega máis o campo a unha detección futura. Cada mellora na sensibilidade aumenta a posibilidade de que algún día capturemos unha sinal de CW e, con ela, unha nova forma de estudar o universo. A colaboración LVK continuará refinando as súas técnicas e mellorando a sensibilidade dos detectores en futuras campañas de observación, achegándonos ao día en que poidamos atopar unha CW. No camiño, mesmo as non deteccións son valiosas, xa que seguen mellorando o noso coñecemento sobre o límite máximo de deformación que poden ter as estrelas de neutróns.

A busca de CWs é un esforzo a longo prazo, e cada nova análise achéganos máis a captar esa emisión feble e constante das estrelas de neutróns. Cando finalmente se detecten, estas ondas poderían proporcionar un fluxo constante de información sobre algúns dos obxectos máis misteriosos do universo, axudándonos a responder grandes preguntas sobre o comportamento da materia en condicións de densidade extrema.

Artigo traducido por Raúl Rodríguez Domínguez e revisado por Juan Calderón Bustillo.

DESCUBRE MÁIS:

Visita as nosas webs:

www.ligo.org

www.virgo-gw.eu

gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/

Podés ler un preprint gratuíto do artigo científico enteiro [aquí](#) ou arXiv.org.

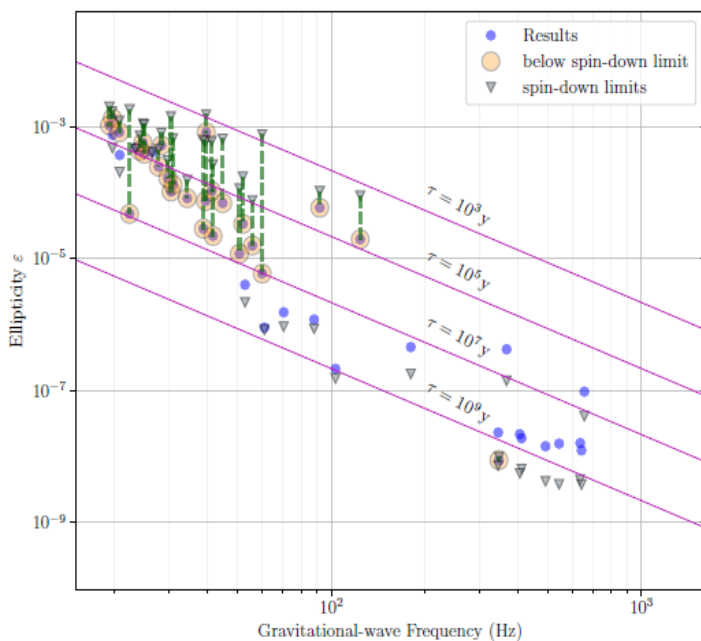


Figura 3: **Círculos azuis:** límite superior experimental na elipticidade para cada púlsar en función da frecuencia esperada da CW. **Triángulos grises:** límite superior teórico na elipticidade asumindo que a desaceleración dos púlsares é completamente debida á emisión de CW.

GLOSARIO

Ondas gravitacionais continuas (CWs): Ondas gravitacionais estables, xeralmente espérase que proveñan de estrelas de neutróns en rotación con pequenas deformacións.

Estrelas de neutróns: Restos incrivelmente densos de estrelas masivas que explotaron como supernovas.

Púlsares: Un tipo de estrela de neutróns con campos magnéticos intensos que emite feixes regulares de radiación electromagnética mentres xira, creando un efecto de pulsación cando se observa desde a Terra.

Elipticidade: Unha medida de canto se desvía a forma dunha estrela de neutróns dunha esfera perfecta, o que podería facer que emita ondas gravitacionais continuas (CWs).