

Não foram detectadas ondas gravitacionais contínuas de 45 pulsares conhecidos nos dados do O4a

A colaboração LIGO-Virgo-KAGRA (LVK) recentemente conduziu uma nova busca por ondas gravitacionais contínuas (CWs) extremamente fracas de estrelas de nêutrons. Esta busca utilizou os dados da primeira parte da quarta corrida observacional (O4a) e marca mais um passo à frente na busca por ondas gravitacionais emitidas por objetos estáveis e isolados, em vez de eventos “drâmaticos” como a coalescência de buracos negros. CWs são sinais fracos, constantes e quase periódicos que podem nos dizer sobre o interior de estrelas de nêutrons, os objetos mais densos do universo, além dos buracos negros.

O que são CWs e por que são importantes?

Ondas gravitacionais são ondulações no espaço-tempo causadas por objetos massivos em movimento. Até o momento, a colaboração LVK publicou a detecção de quase 100 sinais de ondas gravitacionais, sendo eles principalmente de coalescência de buracos negros. No entanto, diferentemente desses eventos explosivos, acredita-se que as CWs sejam provenientes de estrelas de nêutrons individuais com pequenas “imperfeições”. Estrelas de nêutrons são os remanescentes de estrelas massivas que explodiram como supernovas, deixando para trás um núcleo incrivelmente denso que pode pesar mais do que o nosso Sol, compactado em uma bola de apenas 20 quilômetros de largura. Se uma dessas estrelas de nêutrons apresentar até mesmo uma pequena coalizão ou deformação, ela poderá liberar ondas gravitacionais fracas e periódicas à medida que gira. A detecção dessas ondas seria um avanço, pois permitiria aos cientistas estudar a “rigidez” e a estrutura das estrelas de nêutrons, revelando novas informações sobre a matéria em condições extremas.

Por que pulsares?

Pulsares são objetos interessantes para as buscas de CWs. São estrelas de nêutrons com campos magnéticos poderosos que causam a emissão de feixes de ondas eletromagnéticas em diferentes faixas (rádio, raios X, raios gama). À medida que giram, esses feixes percorrem o espaço como um farol cósmico, criando pulsos sempre que nos alcançam na terra. Observações eletromagnéticas de pulsares em diferentes observatórios fornecem informações precisas sobre sua posição no céu, taxa de rotação e sua evolução temporal. Essas informações tornam os pulsares os principais candidatos para buscas de ondas gravitacionais contínuas (CW), pois podemos nos concentrar precisamente na faixa de frequência onde as CWs podem aparecer. Nessa pesquisa, os cientistas do LVK se concentraram em 45 pulsares conhecidos (Figura 2) para detectar sua emissão fraca e contínua. A equipe considerou dois modelos teóricos de emissão diferentes que preveem a emissão de ondas contínuas com o dobro da frequência de rotação (modelo harmônico único) ou com uma e duas vezes a frequência de rotação (modelo de emissão harmônica dupla).

Como a pesquisa funciona

A colaboração LVK utiliza alguns dos instrumentos mais sensíveis do mundo para procurar ondas gravitacionais. Esses detectores, que são interferômetros sofisticados, podem captar distorções pequenas no espaço-tempo, mas mesmo com essa sensibilidade, detectar CWs é extremamente desafiador. As CWs são tão fracas que se espera que fiquem ocultas sob o ruído de fundo, então os cientistas precisam utilizar técnicas de análise de dados e algoritmos sofisticados para investigar profundamente esse ruído.

A equipe utilizou informações detalhadas de diferentes observatórios eletromagnéticos sobre a posição e a rotação de cada pulsar. Isso é chamado de astronomia multimessenger: ondas eletromagnéticas informam buscas de CWs para melhorar a chance de detecção, ajustando a busca especificamente às características únicas de cada pulsar.



Figura 1: A Nebulosa do Caranguejo vista em raios X e na faixa óptica. O pulsar do Caranguejo está no centro da imagem. Crédito da imagem: Raio X – NASA/CXC/ASU/ J. Hester et al.; óptico – NASA/HST/ASU/J. Hester et al.

SAIBA MAIS:

Visite www.ligo.org
 nossos www.virgo-gw.eu
 websites: gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/



Essas buscas direcionadas são diferentes das buscas de “céu completo”, onde os cientistas procuram por qualquer sinal em todo o céu, sem saber de onde ele pode vir. Aqui, usando pulsares conhecidos como guias, os pesquisadores são capazes de se concentrar nas faixas de frequência onde uma CW pode ser esperada. Buscas direcionadas são as análises mais sensíveis, mas dependem fortemente do modelo de emissão considerado, ou seja, do mecanismo físico que gera a emissão de ondas contínuas que fixa as características dos sinais esperados.

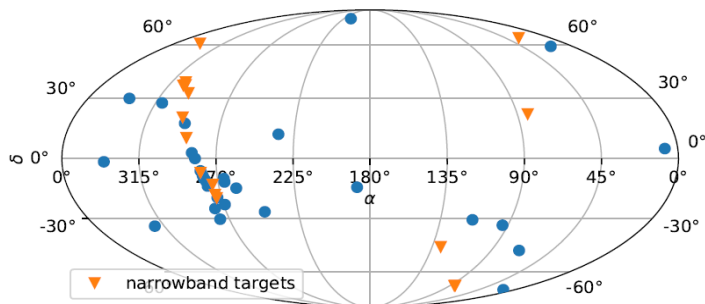


Figura 2: Localização no céu em coordenadas equatoriais dos alvos analisados.

O que encontramos?

A partir da análise de dados da O4a, o LVK não encontrou nenhum sinal CW definitivo vindo dos 45 pulsares analisados. No entanto, nossas descobertas foram valiosas. Ao analisar os dados, conseguimos estabelecer novos limites sobre o quão grande as deformações equatoriais, ou “elipticidade,” dessas estrelas de nêutrons poderiam ser sem emitir CWs detectáveis (os chamados limites superiores, Figura 3). Isso significa que os cientistas agora têm estimativas mais precisas sobre a quantidade máxima de deformação que esses pulsares podem ter, mesmo que as deformações não sejam grandes o suficiente para produzir um sinal detectável. Para o pulsar brilhante e próximo de milissegundos J0437-4715, a restrição à elipticidade é de aproximadamente 9 partes por bilhão, correspondendo a uma deformação de menos de 100 microns, assumindo um raio de estrela de nêutrons de 10km!

O que vem a seguir?

Embora os sinais de CW permaneçam elusivos, cada busca aproxima o campo de uma detecção futura. Cada melhoria na sensibilidade aumenta a chance de um dia captarmos um sinal de CW e, com ele, uma nova maneira de estudar o universo. O LVK continuará refinando nossas técnicas e aprimorando a sensibilidade dos detectores em futuras observações aproximando-nos do dia em que poderemos encontrar um sinal de CW. Ao longo do caminho, mesmo as não detecções podem ser muito interessantes, pois continuam a aprimorar nosso conhecimento sobre a quantidade máxima que as estrelas de nêutrons podem ser deformadas.

A busca por CW é um trabalho de longo prazo, e cada etapa da pesquisa nos aproxima de localizar aquela emissão fraca e constante proveniente de estrelas de nêutrons. Quando detectadas, essas ondas poderão oferecer um fluxo contínuo de informações sobre alguns dos objetos mais misteriosos do universo, ajudando-nos a responder grandes questões sobre o que acontece com a matéria em densidades extremas.

Artigo traduzido por Christian Andrade Bruziguies e revisado por Cassius Anderson Miquele Melo.

SAIBA MAIS:

Visite nossos websites:

www.ligo.org

www.virgo-gw.eu

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

Leia uma pré-publicação gratuita do artigo científico completo [aqui](#) ou em [on arXiv.org](https://arxiv.org).

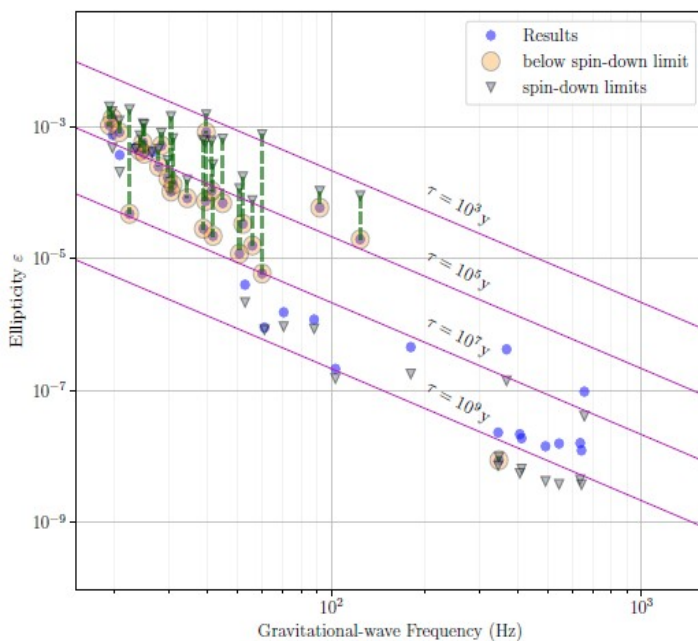


Figura 3: Círculos azuis: limite experimental superior da elipticidade para cada pulsar como uma função da frequência CW esperada. Triângulos laranja: limite superior teórico da elipticidade, assumindo que a redução da rotação dos pulsares é completamente devido à emissão CW.

GLOSSÁRIO

Ondas gravitacionais contínuas (CWs): Ondas gravitacionais constantes, geralmente esperadas como provenientes de estrelas de nêutrons em rotação com pequenas deformações.

Estrelas de nêutrons: remanescentes incrivelmente densos de estrelas massivas que explodiram como supernovas.

Pulsares: Um tipo de estrela de nêutrons com fortes campos magnéticos que emite feixes regulares de radiação eletromagnética enquanto gira, criando um efeito pulsante quando observado da Terra.

Elipticidade: Uma medida de quanto o formato de uma estrela de nêutrons se desvia de uma esfera perfeita, o que pode fazer com que ela emita CWs.