

# NO HI HA ONES GRAVITACIONALS CONTÍNUES A LES DADES O4a DE 45 PÚLSARS CONEGUTS

La col·laboració LIGO-Virgo-KAGRA (LVK) ha dut a terme recentment una nova cerca d'ones gravitacionals contínues (CWs) extremadament febles procedents d'estels de neutrons. Aquesta cerca, basada en dades de la primera part de la quarta campanya d'observació (O4a), representa un altre pas endavant en l'objectiu de detectar ones gravitacionals emeses per objectes estables i aïllats, en lloc d'esdeveniments dramàtics com ara fusions de forats negres. Les CWs són senyals febles, constants i gairebé periòdics que podrien revelar informació sobre l'interior dels estels de neutrons, els objectes més densos de l'univers després dels forats negres.

## QUÈ SÓN LES CWs I PER QUÈ SÓN IMPORTANTS?

Les ones gravitacionals són ondulacions de l'espai-temps causades per objectes massius en moviment. Fins ara, la col·laboració LVK ha publicat la detecció de gairebé 100 senyals d'ones gravitacionals, majoritàriament provinents de la fusió de forats negres. No obstant, a diferència d'aquests esdeveniments explosius, es creu que les CWs provindrien d'estels de neutrons individuals amb petites "imperfeccions". Els estels de neutrons són els romanents d'estels massius que van explotar com a supernova, deixant al seu darrere un nucli extremadament dens que pot pesar més que el nostre Sol i estar comprimit en una pilota de només 20 km de diàmetre. Si una d'aquests estels de neutrons tingués una petita protuberància o deformació, podria emetre ones gravitacionals periòdiques i febles a mesura que gira. Detectar aquestes ones seria un avançament important, ja que permetria als científics estudiar la "rigidesa" i l'estructura dels estels de neutrons, revelant nova informació sobre la matèria en condicions extremes.

## PER QUÈ PÚLSARS?

Els púlsars són objectius especialment interessants per a la recerca de CWs. Són estels de neutrons amb camps magnètics poderosos que produeixen feixos d'ones electromagnètiques en diverses bandes de freqüències (ràdio, raigs X, raigs gamma). A mesura que giren, aquests feixos es desplacen per l'espai com un far còsmic, creant polsos cada vegada que ens arriben a la Terra. Les observacions electromagnètiques de púlsars des de diferents observatoris proporcionen dades precises sobre la seva posició al cel, la seva velocitat de gir i la seva evolució en el temps. Aquesta informació converteix els púlsars en candidats privilegiats per a la recerca de CWs, ja que podem centrar-nos exactament en la gamma de freqüències on podrien aparèixer. En aquesta cerca, els científics de la col·laboració LVK es van concentrar en 45 púlsars coneguts (vegeu la Figura 2) per escoltar la seva emissió feble i contínua. L'equip va considerar dos models teòrics d'emissió diferents: un que prediu l'emissió de CWs al doble de la freqüència de gir (model harmònic únic) i un altre que la prediu tant a la freqüència de gir com al seu doble (model d'emissió harmònica dual).

## COM FUNCIONA LA CERCA

La col·laboració LVK utilitza alguns dels instruments més sensibles del món per cercar ones gravitacionals. Aquests detectors, que són interferòmetres sofisticats, poden captar distorsions increïblement petites de l'espai-temps. Malgrat aquesta sensibilitat, la detecció de CWs és extremadament complicada: són tan febles que es creu que queden amagades sota el soroll de fons, i per això els científics han de recórrer a algorismes i tècniques d'anàlisi de dades molt avançats per «desenterrar-les». L'equip va emprar informació detallada de diversos observatoris electromagnètics sobre la posició i la rotació de cada púlsar. Aquest tipus de recerca s'anomena "astronomia multimissatgera": les ones electromagnètiques serveixen per guiar la cerca de CWs i augmentar-ne les probabilitats de detecció, ja que la cerca s'ajusta de manera específica a les característiques úniques de cada púlsar.



Figura 1: La Nebulosa del Cranc tal com es veu en la banda de raigs X i en la banda òptica. El púlsar del Cranc és al centre de la imatge. Crèdit de la imatge: Raigs X – NASA/CXC/ASU/J. Hester et al.; Òptic – NASA/HST/ASU/J. Hester et al.

## DESCOBREIX MÉS:

Visita les nostres pàgines webs

[www.ligo.org](http://www.ligo.org)

[www.virgo-gw.eu](http://www.virgo-gw.eu)

[gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/](http://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/)



Aquestes cerques dirigides són diferents de les cerques «all-sky», en les quals els científics investiguen tot el cel sense saber d'on podria provenir qualsevol senyal. Aquí, mitjançant púlsars coneguts com a guies, els investigadors poden centrar-se en les bandes de freqüència on s'espera que aparegui una possible CW. Les cerques dirigides són les anàlisis més sensibles, però depenen molt del model d'emissió considerat, és a dir, del mecanisme físic que genera l'emissió de CW i que en determina les característiques dels senyals esperats.

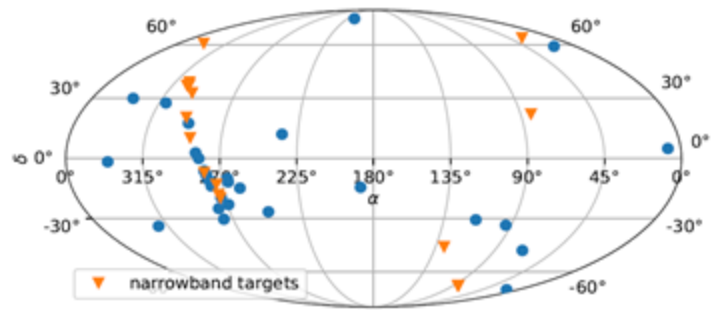


Figura 2: Localització al cel en coordenades equatorials dels objectius analitzats.

## QUÈ HEM TROBAT?

A partir de l'anàlisi de les dades d'O4a, la col·laboració LVK no va trobar cap senyal concloent de CW procedent dels 45 púlsars analitzats. Tot i això, els resultats obtinguts són valuosos. En analitzar les dades, vam poder establir nous límits sobre la magnitud que poden tenir les deformacions equatorials, o "el·lipticitat", d'aquests estels de neutrons sense emetre CWs detectables (els anomenats límits superiors; vegeu la Figura 3). Això implica que ara els científics disposen d'estimacions més precises sobre la quantitat màxima de deformació que poden presentar aquests púlsars, fins i tot si aquestes deformacions no són prou grans com per produir un senyal detectable. En el cas del púlsar de mil·lsegon J0437-4715, que és brillant i proper, la restricció més forta sobre l'el·lipticitat és d'aproximadament 9 parts per mil milions, la qual cosa equival a una deformació de menys de 100 micres, assumint un radi de 10 km per a l'estel de neutrons.

## QUÈ VE A CONTINUACIÓ?

Malgrat que els senyals de CW continuen essent esquius, cada cerca empeny el camp més a prop d'una futura detecció. Cada millora en la sensibilitat augmenta la probabilitat que un dia puguem captar un senyal de CW i, amb ell, obrir una nova manera d'estudiar l'univers. La col·laboració LVK continuarà perfeccionant les seves tècniques i incrementant la sensibilitat dels detectors en les futures campanyes d'observació, acostant-nos cada cop més al dia en què podríem trobar un senyal de CW. Mentrestant, fins i tot les no-deteccions poden ser molt valuosos, ja que ens permeten millorar el coneixement sobre la deformació màxima que poden tenir els estels de neutrons.

La recerca de CWs és un treball de fons, i cada nou cicle d'investigació ens apropa a captar aquesta emissió feble i estable dels estels de neutrons. Quan aconseguim detectar-les, aquestes ones podrien oferir un flux constant d'informació sobre alguns dels objectes més misteriosos de l'univers i ajudar-nos a respondre grans preguntes sobre el comportament de la matèria en condicions de densitat extrema.

## DESCOBREIX MÉS:

Visita les nostres pàgines web

[www.ligo.org](http://www.ligo.org)

[www.virgo-gw.eu](http://www.virgo-gw.eu)

[gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/](http://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/)

Llegiu una preimpresió gratuïta de l'article científic complet [aquí](#) o a [arXiv.org](https://arxiv.org).

Traducció al català per per Arnau Montava i Maria Rosselló (a partir de la versió original en anglès a <https://ligo.org/science-summaries/O4aKnownPulsars/>)

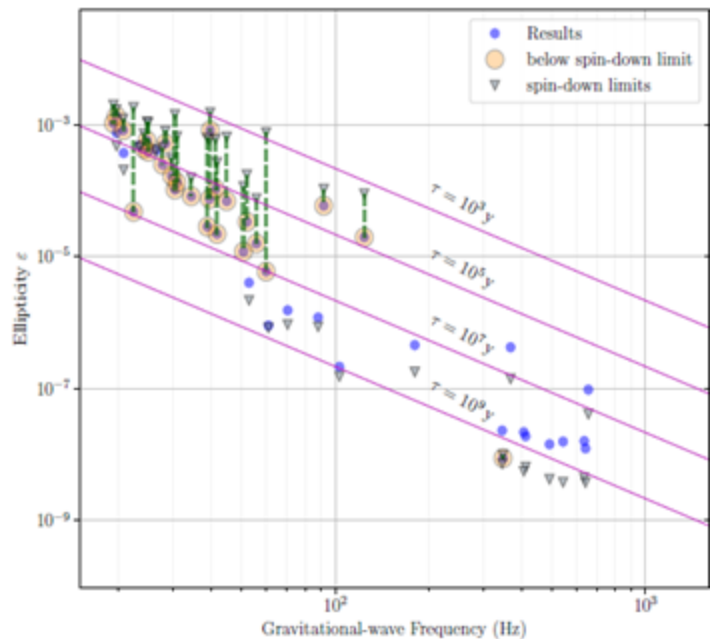


Figura 3: Cercles blaus: límit superior experimental sobre l'el·lipticitat de cada púlsar en funció de la freqüència de CW esperada. Triangles grisos: límit superior teòric sobre l'el·lipticitat, assumint que la desacceleració del gir dels púlsars es deu íntegrament a l'emissió de CW.

## GLOSSARI

**Ones gravitacionals contínues (CWs):** Ones gravitatòries estables, habitualment s'espera que provinquin d'estels de neutrons en rotació amb petites deformacions

**Estels de neutrons:** Romanents increïblement densos d'estels massius que van explotar com a supernoves.

**Púlsars:** Un tipus d'estel de neutrons amb camps magnètics intensos que emet feixos regulars de radiació electromagnètica mentre gira, creant un efecte de pols quan s'observa des de la Terra.

**El·lipticitat:** Una mesura de fins a quin punt la forma d'un estel de neutrons s'allunya d'una esfera perfecta, fet que podria fer que emetés CWs.