

# GWTC-3, TERCER CATÀLEG DE DETECCIONS D'ONES GRAVITACIONALS

## Introducció

GWTC-3 és el tercer catàleg d'ones gravitacionals transitòries de [LIGO](#), [Virgo](#) i [KAGRA](#). GWTC-3 actualitza els nostres catàlegs anteriors amb observacions d'ones gravitacionals de la segona part del tercer període d'observació (anomenat O3b), que va durar des de novembre de 2019 fins març de 2020. GWTC-3 conté el nombre més gran d'observacions d'ones gravitacionals reunides fins a dia d'avui.

Llavors, quins catàlegs d'ones gravitacionals hi ha hagut fins ara?

- [GWTC-1](#), que conté un total d'11 esdeveniments del primer i segon períodes d'observació (O1 i O2).
- [GWTC-2](#), que va afegir 39 esdeveniments a GWTC-1, augmentant-ne el nombre total a 50 (de O1, O2 i O3a, la primera part d'O3).
- [GWTC-2.1](#) va revisar l'anàlisi d'O3a i va trobar 8 candidats addicionals, però també va reclassificar 3 dels candidats de GWTC-2 originals perquè la seva **probabilitat de ser d'origen astrofísic** es va reduir a menys del 50% (veure la secció "Detectant ones gravitacionals" a continuació). Això va canviar el nombre total d'esdeveniments a 55.
- GWTC-3 (aquesta publicació) afegeix 35 esdeveniments d'ones gravitacionals d'O3b, la qual cosa augmenta el nombre total d'esdeveniments observats a un total de 90 (la **Figura 3** il·lustra aquesta gran quantitat i la nostra creixent població d'esdeveniments detectats).

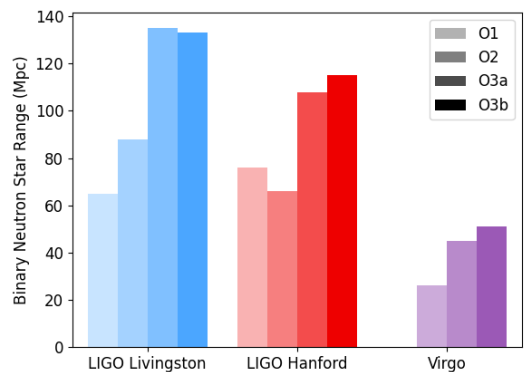
Durant O3b, KAGRA es va unir a LIGO i Virgo per a la part final del període i l'abril del 2020 va completar un [període d'observació de dues setmanes](#) amb el detector [GEO 600](#) ubicat a Alemanya. Els resultats d'aquest període d'observació es presentaran per separat.

Totes les nostres observacions d'ones gravitacionals provenen fins ara de la fusió de sistemes binaris que consisteixen en forats negres i estels de neutrons. Són els anomenats **objectes compactes** i creiem que són restes d'estels massius. Els esdeveniments inclouen fusions de **sistemes binaris de forats negres**, fusions de **sistemes binaris d'estels de neutrons** i fusions entre **estels de neutrons i forats negres**. A mesura que els nostres detectors han esdevingut més sensibles, la nostra taxa de descobriment s'ha accelerat. Hem recorregut un llarg camí des de que vam fer la nostra primera detecció el 2015.

En aquest resum podeu llegir sobre com recopilem les nostres dades, com fem les deteccions, com estimem les propietats dels esdeveniments de fusió, els aspectes més destacats de GWTC-3 i els períodes d'observació planificats per al futur.

## Detectors d'ones gravitacionals

Al llarg dels anys, la sensibilitat de LIGO i Virgo ha millorat gràcies a actualitzacions de detectors i millores en les tècniques d'anàlisi i qualitat de les dades. Hi ha diverses maneres de mesurar la sensibilitat d'un detector d'ones gravitacionals. Una és estimant el rang aproximat a què un observatori pot detectar una fusió típica de sistemes binaris d'estels de neutrons: com més gran és el rang, més senyals llunyans es poden detectar i, per tant, més deteccions podem esperar. O3 es va dividir en dues meitats (anomenades O3a i O3b), separades per un mes d'inactivitat a l'octubre de 2019. Durant aquest mes es van completar moltes millores i reparacions, inclosa [la neteja de miralls a LIGO Livingston](#), [la substitució de l'equip de buit a LIGO Hanford](#), i [l'augment de potència del làser a Virgo](#). Aquest treball, així com el manteniment continu durant els períodes d'observació, permet que els detectors mantinguin o augmentin la seva sensibilitat. La **Figura 1** mostra que la **mediana** dels rangs de binaris d'estels de neutrons ha canviat per a cada detector. Entre O3a i O3b, va augmentar en un 13,3% per a Virgo, un 6,5% per a LIGO Hanford, i es va mantenir aproximadament igual per a LIGO Livingston (el nostre detector més sensible) amb una lleugera disminució en la sensibilitat de l'1,5%.



**Figura 1:** La mediana dels rangs de binaris d'estels de neutrons per a cada detector durant el primer (O1) i segon període d'observació (O2), la primera part del tercer període (O3a) i la segona part del tercer període (O3b). Els rangs es mostren en megaparsecs. Crèdits: Col·laboracions LIGO-Virgo-KAGRA / Hannah Middleton / OzGrav.

Les dades en brut d'un detector d'ones gravitacionals procedeixen de la variació de la intensitat d'un làser, mesurada a la sortida de l'interferòmetre. Aquestes dades sense processar s'han de [calibrar](#) per obtenir la corresponent amplitud de les ones gravitacionals. El calibratge s'ha de fer amb compte. Fem servir llum làser que es reflecteix amb precisió als miralls per mesurar com canvia la sortida de l'interferòmetre. El calibratge inicial es fa gairebé en temps real. Si cal, es fa servir un recalibratge i substracció del soroll de llarga durada per produir les millors dades d'amplitud disponibles, utilitzades en aquesta anàlisi.

Després del calibratge i l'eliminació de soroll, cal verificar la qualitat de les dades. El problema més comú que tenim en avaluar aquesta qualitat per als senyals de fusió de binaris són els *glitches*: soroll de curta durada (de segons a minuts) a les dades. Alguns *glitches* tenen un origen conegut, com la **dispersió de la llum**, però de vegades el seu origen és un misteri. Els *glitches* de vegades se superposen amb un senyal d'ona gravitacional i, en aquests casos, podem realitzar un procés per eliminar-los de les dades, com es mostra a la **Figura 2**. Aquesta va ser una part important de la nostra anàlisi del primer senyal d'un sistema binari d'estels de neutrons, [GW170817](#), i a GWTC-3, 7 esdeveniments de 35 van necessitar també aquest procés. Per descobrir més sobre els *glitches* i ajudar-nos en la nostra cerca per entendre'ls millor, dirigiu-vos al projecte de ciència comunitària, [Gravity Spy](#).

## Detectant ones gravitacionals

Al llarg d'O3a i O3b hem emès [alertes públiques](#) de deteccions inicials de candidats a ones gravitacionals. Les alertes públiques ràpides permeten a la comunitat astronòmica cercar senyals de múltiples missatgers dels esdeveniments utilitzant telescopis [electromagnètics](#) i detectors de [neutrins](#). En general, les alertes públiques es van publicar al cap de pocs minuts de les deteccions a O3b. La reanàlisi posterior de les dades d'ones gravitacionals pot fer que alguns esdeveniments es retirin i d'altres es descobreixin. L'anàlisi final presentada a GWTC-3 es beneficia de les millores en el calibratge, la qualitat de les dades i l'anàlisi de les dades de la totalitat del període d'observació per avaluar si els candidats són interessants o no. A O3b es van anunciar 39 alertes públiques, de les quals 18 sobreviuen a la nova anàlisi i s'inclouen a GWTC-3 com a candidats amb una probabilitat superior al 50% de ser reals. 17 esdeveniments més s'anuncien per primera vegada en aquesta anàlisi.

Fem servir dos tipus d'anàlisi per cercar candidats a ones gravitacionals: cerques amb plantilles i cerques mínimament modelades. Les cerques amb plantilles utilitzen una selecció de senyals de sistemes binaris d'objectes compactes procedents de simulacions (o plantilles), que fem servir per filtrar les dades a la recerca d'elements que coincideixin amb la forma de la plantilla i com canvia amb el temps. Les cerques mínimament modelades no busquen un tipus exacte de senyal, però requereixen que el mateix senyal aparegui en múltiples detectors. L'estratègia de fer servir plantilles sol ser millor per seleccionar senyals de sistemes binaris (ja que sabem com s'haurien de veure), però l'estratègia de modelatge mínim assegura que no perdem res per no tenir la plantilla correcta. En avaluar si un candidat podria ser un senyal real, calculem la probabilitat que el soroll aleatori s'assembli a l'atzar al senyal del candidat. Com més consistent és el senyal entre detectors, més segurs podem estar que és real.

A GWTC-3, enumerem tots els candidats que estímem que tenen almenys un 50% de possibilitats de ser reals, a diferència de senyals de soroll. Aquesta estimació es basa no només en la comprensió del soroll als nostres detectors, sinó també en la freqüència amb què aquests han d'observar els senyals d'ones gravitacionals. Com que només estem començant a aprendre sobre la població d'objectes compactes fusionats, aquests nombres poden ser incerts. A mesura que aprenem més sobre la població en fer més observacions en el futur, podrem tornar per verificar els candidats sobre els quals actualment tenim menys certesa.

A més, GWTC-3 inclou una llista de senyals més febles que no superen el llindar del 50% de possibilitats de ser reals. Igual que a [GWTC-2.1](#), la llista de subllindars per a GWTC-3 inclou qualsevol esdeveniment candidat amb una **taxa de falsa alarma** inferior a 2 per dia. Hi ha 1.048 candidats de subllindar, la majoria dels quals esperem siguin soroll; no obstant això, aquesta llista pot ser útil per ajudar els astrònoms a identificar esdeveniments potencials de múltiples missatgers.

## Anomenant ones gravitacionals

Els noms d'esdeveniments associats a ones gravitacionals representen la data i hora en què es detecten els senyals en l'[hora universal coordinada \(UTC\)](#). Diversos noms d'esdeveniments anteriors només inclouen la data, però a mesura que els detectors milloren la sensibilitat, és possible que detectem més d'un esdeveniment per dia. Aleshores, tal com vam fer amb GWTC-2 i GWTC-2.1, ara afegim el temps als noms perquè puguem distingir-los més fàcilment. Com a exemple, es va observar GW200208\_222617 el 8 de febrer de 2020 a les 22:26:17 hora UTC.

## Propietats de les nostres fonts d'ones gravitacionals

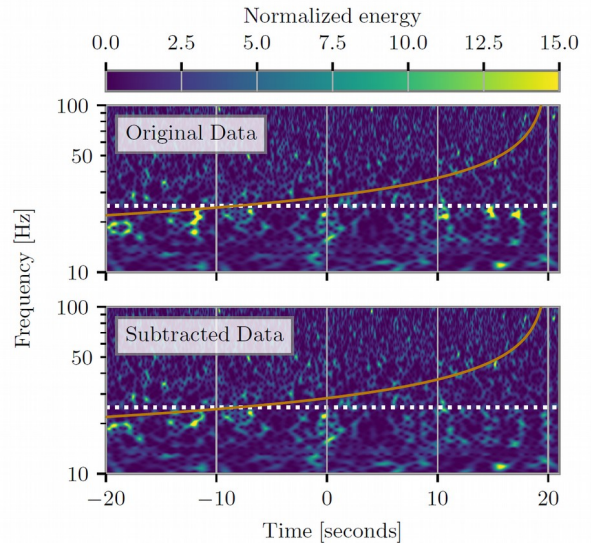
Les nostres observacions d'ones gravitacionals contenen informació sobre les propietats dels sistemes binaris que les van produir. Les propietats poden ser *intrínseques* o *extrínseques*. Les propietats intrínseques descriuen la font en sí, com les masses i els espins dels objectes compactes. Les propietats extrínseques descriuen com observem l'esdeveniment des de la Terra i inclouen la localització de la font al cel, la distància a la Terra i l'orientació del pla en què els dos objectes compactes orbiten entre si.

Coneixem les propietats dels sistemes binaris mitjançant l'**estimació de paràmetres**. Aquesta és una tècnica estadística amb la que comparem moltes **formes d'ones gravitacionals** possibles (amb propietats diferents) amb les dades d'observació. La comparació ens diu quins valors de les propietats de la font són consistents amb les dades (assumint que tenim un senyal d'ona gravitacional real). Als nostres resultats seleccionem els intervals de confiança al 90% d'aquests rangs, la qual cosa significa que tenim un 90% de certesa que les propietats del sistema es troben dins aquest rang.

Els contorns de la Figura 4 mostren les regions del 90% per a dues propietats: la **massa total** i la **raó de masses**. La massa total ens diu quant massiu és el sistema binari en conjunt, en unitats de **masses solars**  $M_{\odot}$ . La relació de masses ens diu com d'asimètriques eren les masses dels dos objectes que es van fusionar. Una relació propera a 1 significa que tots dos tenien aproximadament la mateixa massa.

L'estudi de les propietats de la població en conjunt ens ajuda a entendre com es van formar aquests sistemes. També podem fer servir aquestes observacions per posar a prova la teoria de la Relativitat General d'Albert Einstein i fins i tot mesurar la velocitat a què s'expandeix l'univers.

A continuació s'inclou una selecció d'esdeveniments destacats de l'O3b.



**Figura 2:** (Fig. 14 de la nostra publicació) Un exemple d'eliminació de glitches. Els gràfics mostren les dades de temps-freqüència per a l'esdeveniment GW200115\_042309 i el color indica l'energia en cada interval de temps-freqüència. La gràfica superior mostra dades sense tractar i la gràfica inferior mostra els resultats del procés. La pista de senyal estimada es mostra amb la línia taronja i no es veu afectada pel procés.

### Esdeveniments destacats de GWTC-3

Segons les propietats dels nous 35 esdeveniments enumerats a GWTC-3, 32 probablement siguin fusions de binaris de forats negres, i tres són possibles fusions entre estels de neutrons i forats negres. Considerem que els objectes compactes que probablement tinguin masses inferiors a  $3M_{\odot}$  són possibles candidats a estels de neutrons. No es van detectar candidats a binaris d'estels de neutrons a O3b. La **Figura 5** també resumeix els valors més probables de tres paràmetres clau per a vuit esdeveniments seleccionats.

#### Fusions d'estel de neutrons - forat negre

Les tres possibles fusions entre un estel de neutrons i un forat negre són:

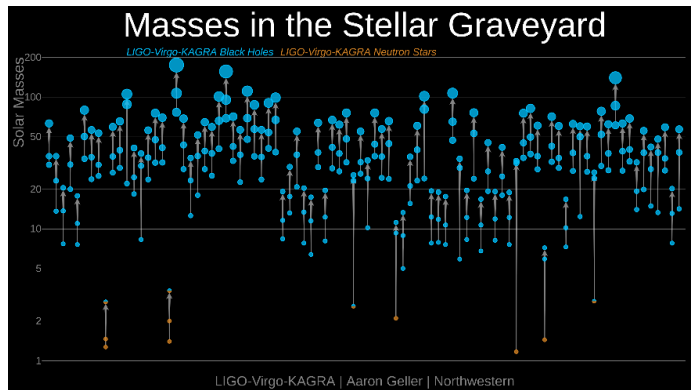
- **GW191219\_163120** és una fusió d'estel de neutrons i forat negre amb components de massa extremadament desiguals. El forat negre té una massa d'aproximadament  $31M_{\odot}$  i l'estel de neutrons aproximadament  $1,2M_{\odot}$ . Això la converteix en una de les menys massives mai observades.
- **GW200115\_042309** és una fusió clara d'estel de neutrons i forat negre anunciada prèviament al seu [propi article](#). Estimem que la massa del forat negre és de  $6M_{\odot}$  i la massa de l'estel de neutrons és d'aproximadament  $1,4M_{\odot}$ .
- **GW200210\_092254** és un altre possible sistema binari d'estel de neutrons i forat negre. Considerem que l'objecte més massiu és un forat negre degut a la seva massa, d'aproximadament  $24M_{\odot}$ . Tot i així, l'objecte més lleuger té aproximadament  $2,8M_{\odot}$ , la qual cosa podria indicar un estel de neutrons massiva o un forat negre lleuger. Aquest esdeveniment és bastant similar a **GW190814** d'O3a. Donat el que sabem sobre les estels de neutrons, la font de GW200210\_092254 és probablement un sistema binari de forats negres, però no podem estar-ne segurs.

Els observadors d'ones gravitacionals més entusiastes poden notar l'absència de GW200105\_162426, de la qual es va informar juntament amb GW200115\_042309 a una [publicació anterior](#). Quan considerem tots els esdeveniments de O3b junts, trobem que la probabilitat que GW200105\_162426 sigui un senyal astrofísic real és del 36%, que està per sota del llindar del 50% per a la seva inclusió al catàleg. Per obtenir més informació sobre això, consulteu l'entrada al glossari **GW200105\_162426** més avall. Tot i no passar el llindar GWTC-3, l'esdeveniment destaca del soroll de fons, per la qual cosa definitivament el considerem un esdeveniment d'interès. Si GW200105\_162426 és real, llavors la seva font comprèn un forat negre de  $9M_{\odot}$  i un estel de neutrons de  $1,9M_{\odot}$ .

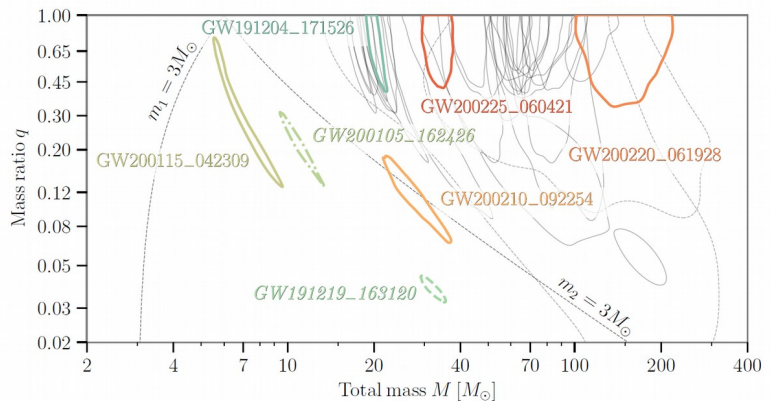
#### Fusions de sistemes binaris de forats negres

Algunes fusions destacades de sistemes binaris de forats negres són:

- **GW200220\_061928** és probablement el sistema binari de forats negres amb la massa total més alta a O3b (però menys que **GW190521** i **GW190426\_190642** a O3a). La massa combinada dels dos forats negres va ser de  $148M_{\odot}$  ( $87M_{\odot}$  i  $61M_{\odot}$  per a cadascun). El forat negre final format a partir de la fusió té una massa de  $141M_{\odot}$ , superant el llindar de  $100M_{\odot}$  per a ser classificat com un [forat negre de massa intermèdia](#).
- **GW191204\_171526** és una fusió binària de forats negres de la qual podem estar segurs que el seu espín efectiu és positiu. Aquest és un paràmetre que cal mesurar a partir d'un senyal d'ona gravitacional. Un valor positiu indica que com a mínim un dels forats negres està girant i que, en general, els espins estan alineats amb la direcció de la rotació orbital. Aquesta informació de l'espín és una pista clau de com es va formar el sistema binari. La primera observació que tenim d'un sistema amb espín efectiu positiu va ser **GW151226**. Per a **GW191204\_171526**, les masses dels dos forats negres fusionats eren d'aproximadament  $12M_{\odot}$  i  $8M_{\odot}$  i la massa final del forat negre resultant era d'aproximadament  $19M_{\odot}$ .
- **GW191129\_134029** té la massa total més baixa dels esdeveniments de O3b que confiem són forats negres binaris, unes  $17,5M_{\odot}$  (aproximadament  $10,7M_{\odot}$  i  $6,7M_{\odot}$  per cada forat negre). El forat negre resultant de la fusió té una massa d'aproximadament  $16,8M_{\odot}$ .
- **GW191109\_010717** és un sistema binari de forats negres que sembla tenir un espín efectiu negatiu. Això indicaria que, en general, els girs dels forats negres estan alineats en la direcció oposada al moment angular orbital (els dos objectes compactes poden haver estat girant en la direcció oposada al seu moviment orbital al sistema binari). La probabilitat que el seu espín sigui negatiu és del 90%. L'espín efectiu negatiu sembla més infreqüent entre les nostres deteccions que l'espín efectiu positiu.



**Figura 3:** Masses d'objectes compactes. Cada cercle representa un objecte compacte diferent i l'escala vertical indica la massa com un múltiple de la massa del nostre Sol. Els cercles blaus representen forats negres i els cercles taronges representen estels de neutrons. Els cercles mig blaus / mig taronges són objectes compactes la classificació dels quals és incerta. Cada fusió implica tres objectes compactes: dos objectes de fusió i l'objecte resultant final. Les fletxes indiquen quin objecte compacte es va fusionar i el romanent que van produir. Crèdit: Col·laboració LIGO Virgo / Frank Elavsky, Aaron Geller / Northwestern.



**Figura 4:** (Fig. 8 de la nostra publicació) Estimacions de la massa total ( $M$ ) i la raó de masses ( $q$ ) entre el component menys massiu i el més massiu, per a tots els esdeveniments de O3b. Cada contorn representa un esdeveniment diferent i tanca els valors més probables dels paràmetres amb un 90% de probabilitat (la regió amb un 90% de credibilitat). Diversos esdeveniments estan ressaltats en color degut a les seves propietats interessants (veure text principal i el nostre article).

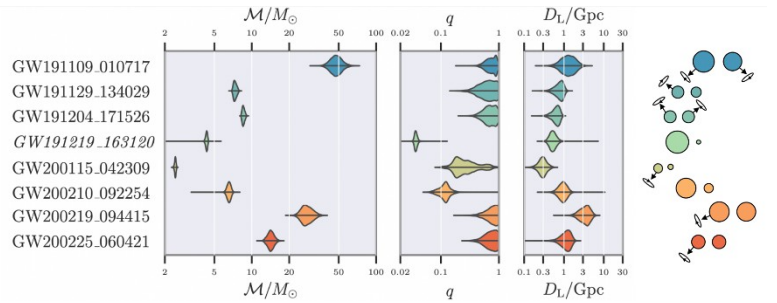
GW191109\_010717 també és una de les fonts més massives; aproximadament  $65 M_{\odot}$  y  $47 M_{\odot}$  per a cada forat negre i aproximadament  $107 M_{\odot}$  per al forat negre final. Donat que la seva massa és propera a la de GW200220\_061928, a les gràfiques destaquem GW200225\_060421, que és el nostre altre candidat amb una bona probabilitat (al voltant del 85%) de tenir espín efectiu negatiu.

## Mirant cap al futur

Les col·laboracions LIGO i Virgo han revelat un univers abundant en fonts d'ones gravitacionals. Fins avui, hem observat 90 esdeveniments. GWTC-3 afegeix 35 esdeveniments, inclosos els nostres millors candidats per a fusions d'estels de neutrons i forats negres. A mesura que continuem observant més esdeveniments, aprendrem més i més sobre els objectes que els produeixen i les seves propietats, i els farem servir per continuar posant a prova la Relativitat General. Detectar més esdeveniments també vol dir que augmentem les nostres possibilitats de veure els membres més inusuals d'aquestes poblacions.

Els detectors LIGO i Virgo ara no estan operatius per a fer millores abans del proper quart període d'observació, actualment programat per començar l'any 2022. El detector KAGRA al Japó també s'unirà a O4 durant tota l'observació. Afegir més detectors a la xarxa ajudarà a millorar la nostra capacitat de localitzar fonts.

Mentrestant, continuem analitzant les nostres dades, aprenent de les observacions d'objectes compactes i buscant tipus d'ones gravitacionals encara no descobertes, incloses ones gravitacionals contínues, ones gravitacionals estocàstiques i, és clar, algunes sorpreses!



**Figura 5:** Gràfics que mostren els valors més probables de tres paràmetres clau de vuit sistemes binaris d'objectes compactes de GWTC-3: la massa de xirp binari,  $M$ ; la raó de masses,  $q$ , entre el component menys massiu i el més massiu; i la distància de lluminositat,  $D_L$ . Cada sistema binari s'il·lustra al costat dret del gràfic, amb la mida del cercle que representa la massa i els girs dels components indicats (no a escala). Crèdits: Col·laboracions LIGO-Virgo-KAGRA / Isobel Romero-Shaw / OzGrav

## Per a saber més

Llegiu l'apartat de notícies a les nostres webs:

<https://www.ligo.org/news.php>

<https://www.virgo-gw.eu/#news>

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

Llegiu l'article complet:

<https://dcc.ligo.org/LIGO-P2000318/public/main>

Dades de GWTC-3 disponibles a:

<https://www.gw-openscience.org/>

## Visiteu 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/)



Traducció al català per Joan Moragues Roca i Maria Rosselló Sastre (a partir de la versió original en anglès a <https://www.ligo.org/science/Publication-O3bCatalog/>)

## Glossari

**Sistema binari de forats negres:** Sistema que consta de dos forats negres en òrbita propera entre sí. (Mireu [aquí](#).)

**Sistema binari d'estels de neutrons:** Sistema que consta de dos estels de neutrons en òrbita propera entre sí. (Mireu [aquí](#).)

**Forat negre:** Una regió de l'espai-temps extremadament deformada a causa d'un cos extremadament compacta on la gravetat és tan intensa que evita que qualsevol cosa, inclosa la llum, escapï.

**Massa de xirp:** Una combinació matemàtica de masses per a cada objecte compacte en un sistema binari (consulteu [aquí](#) la fórmula). La massa de xirp dicta l'augment en la freqüència característica d'un grinyol gravitacional per a sistemes binaris de massa baixa.

**Objecte compacte:** Un objecte astrofísic extremadament dens, com un forat negre, un estel de neutrons o una [nana blanca](#).

**Espín efectiu:** Paràmetre que codifica la informació de gir en un senyal d'ona gravitacional. Descriu quina fracció del gir de cada forat negre individual està girant de la mateixa manera que la rotació orbital (per exemple, si el gir i l'òrbita son ambdós en sentit horari o antihorari).

**Taxa de falsa alarma:** Freqüència amb la que una fluctuació de soroll del detector podria produir un senyal similar a l'esdeveniment candidat considerat. Com més baixa sigui aquesta taxa, més probable serà que l'esdeveniment candidat sigui astrofísic.

**Forma d'ona gravitacional:** Representació de l'evolució d'un senyal d'ona gravitacional en el temps.

**GW200105\_162426:** Possible fusió estel de neutrons-forat negre ja [anunciada](#). Aquest candidat té un 36% de probabilitats de ser un senyal real. És una font particularment difícil d'analitzar perquè es tracta d'una observació d'un sol detector (LIGO Livingston). En el moment de l'esdeveniment, LIGO Hanford no estava prenent dades. Virgo sí, però no es va poder identificar tal senyal (hi hagué una situació similar amb [GW170817](#)). A més, en aquesta etapa se sap poc sobre la població de sistemes binaris d'estels de neutrons i forats negres, ja que no en tenim gaires observacions. Això dificulta la classificació amb confiança de les fusions entre estels de neutrons i forats negres. A mesura que observem més sistemes així, aprendrem més sobre aquests binaris i podrem tornar per a verificar candidats com GW200105\_162426.

**Dispersió de la llum:** Quan la llum làser incideix en un component òptic, una petita part

es pot dispersar (reflectir en un angle aleatori). Després es pot reflectir en altres superfícies i tornar al feix de llum del detector i causar errors. Per obtenir més informació sobre aquests errors i altres, mireu [Gravity Spy](#).

**$M_{\odot}$  (massa solar):** La massa del Sol (al voltant de  $2 \times 10^{30}$  quilograms). La massa solar és una unitat comuna per representar masses en astronomia.

**Raó de masses:** relació entre la massa de l'objecte compacte més lleuger i la massa de l'objecte compacte més massiu.

**Mediana:** El valor exactament al mig d'una distribució, de manera que la meitat dels altres valors es troben per sobre i la meitat per sota.

**Megaparsec:** Unitat de distància. Un megaparsec (1 Mpc) equival aproximadament a 3,26 milions d'anys llum.

**Estel de neutrons:** Romanent d'un estel massiu que ha esgotat el seu combustible i mor de forma catastròfica (supernova), que pot resultar en la formació d'un estel de neutrons: un objecte tan massiu i dens que els àtoms no poden sostenir la seva estructura com normalment els percebem a la Terra. Són tan massives com el nostre sol, però amb un radi d'uns 10 quilòmetres.

**Sistema binari d'estel de neutrons i forat negre:** sistema que consta d'un forat negre i un estel de neutrons en òrbita propera entre sí. (Mireu [aquí](#).)

**Període d'observació:** període de temps en què els detectors d'ones gravitacionals prenen dades per a observacions astrofísiques.

**Estimació de paràmetres:** Tècnica estadística utilitzada per inferir els paràmetres astrofísics corresponents a un senyal d'ona gravitacional.

**Probabilitat de ser astrofísic:** Probabilitat que un senyal sigui una ona gravitacional real. Depèn tant de la intensitat del senyal en comparació amb el soroll de fons com de la nostra comprensió de la població a la què pertany la font. Tenir moltes observacions de sistemes binaris ens ajuda a comprendre la seva població i a calcular la probabilitat que els senyals candidats siguin d'origen astrofísic. Per al cas de fusions d'estels de neutrons i forats negres, aquesta quantitat és més difícil de calcular i és possible que haguem de revisar les estimacions actuals un cop tinguem més observacions i sapiguem més sobre la població.

**Espín:** La velocitat i la direcció de rotació (és a dir, el moment angular) d'un forat negre al voltant del centre de massa.

**Massa total:** La suma de les masses dels dos objectes compactes en un sistema binari.