

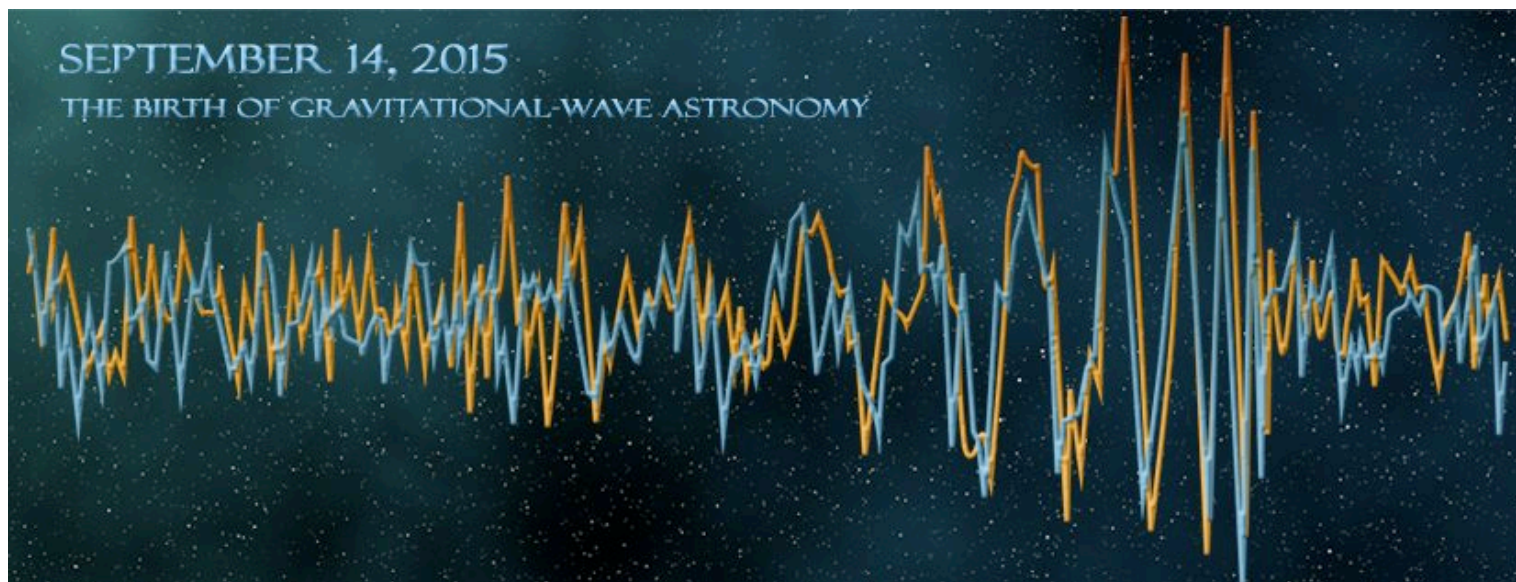
# Detección de ondas gravitacionales

---

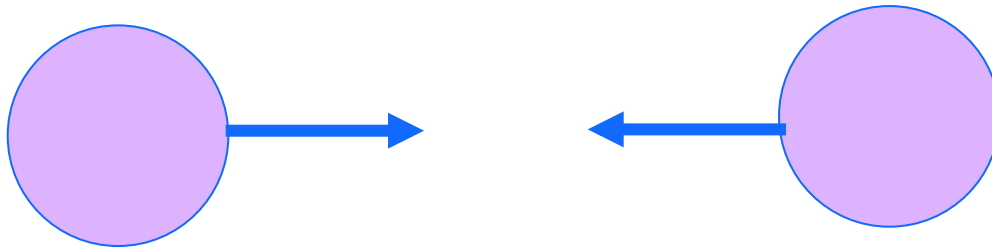
Gabriela González  
Louisiana State University

Representando LIGO Scientific Collaboration y Virgo  
Collaboration

Universidad Nacional de Córdoba  
16 de mayo 2016



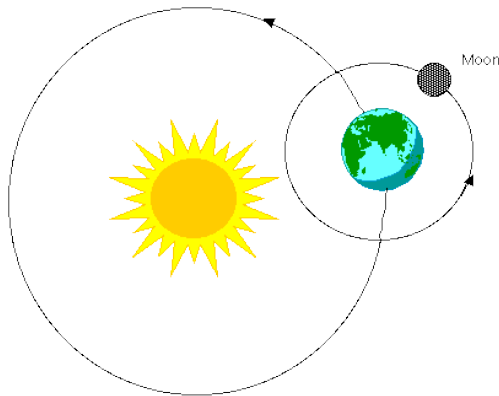
# La gravedad de acuerdo a Newton



“Ley de Newton”:  $F = Gm_1m_2/r^2$



Explica movimientos mundanos como la caída de una manzana y movimientos planetarios como la Tierra girando alrededor del Sol,...



# La gravedad de acuerdo a Einstein

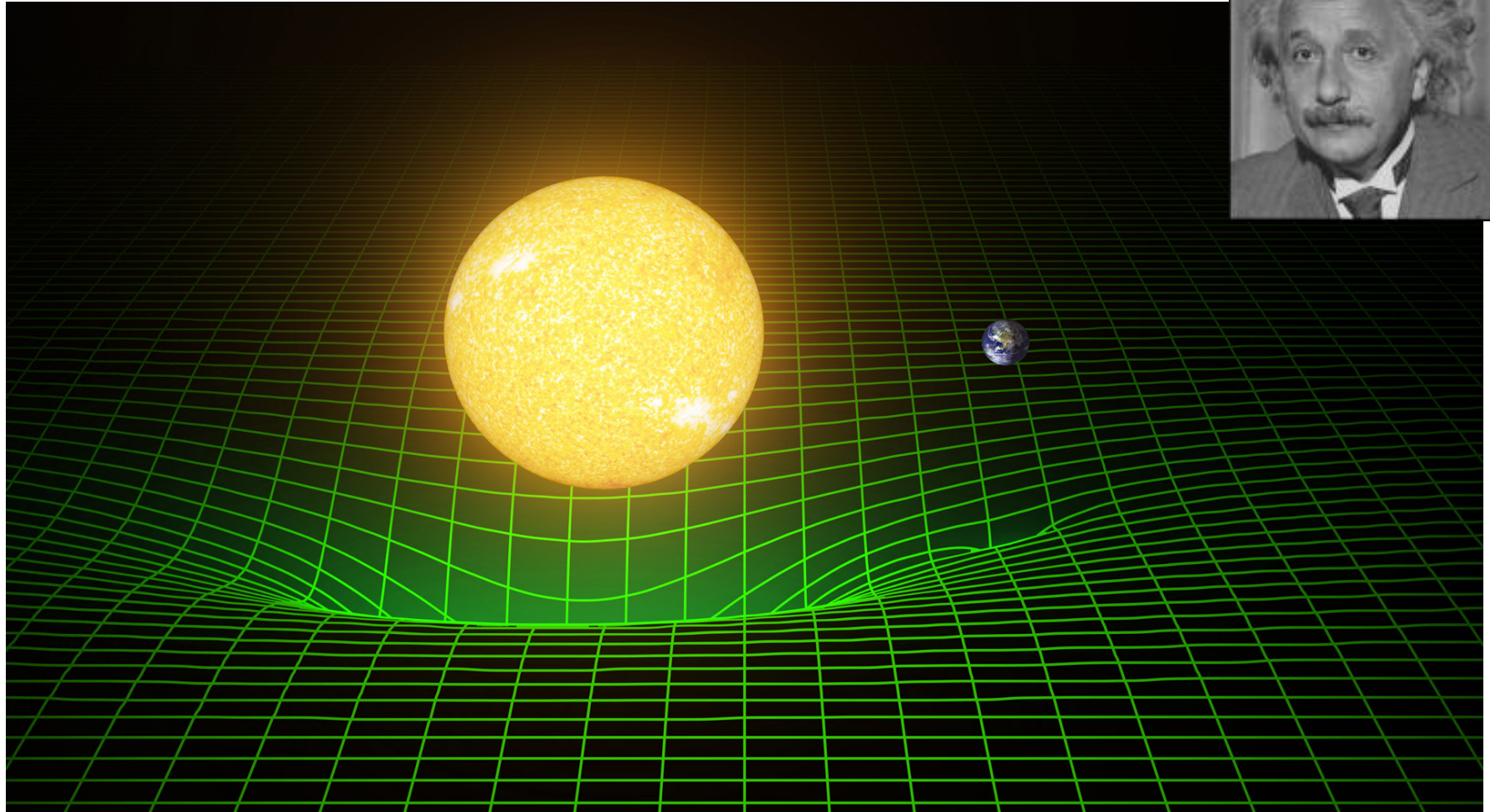
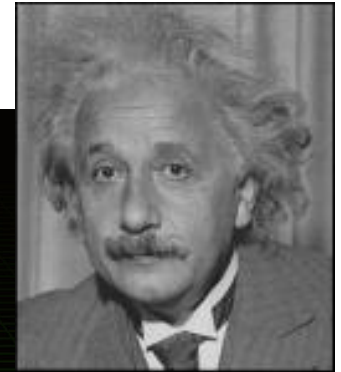
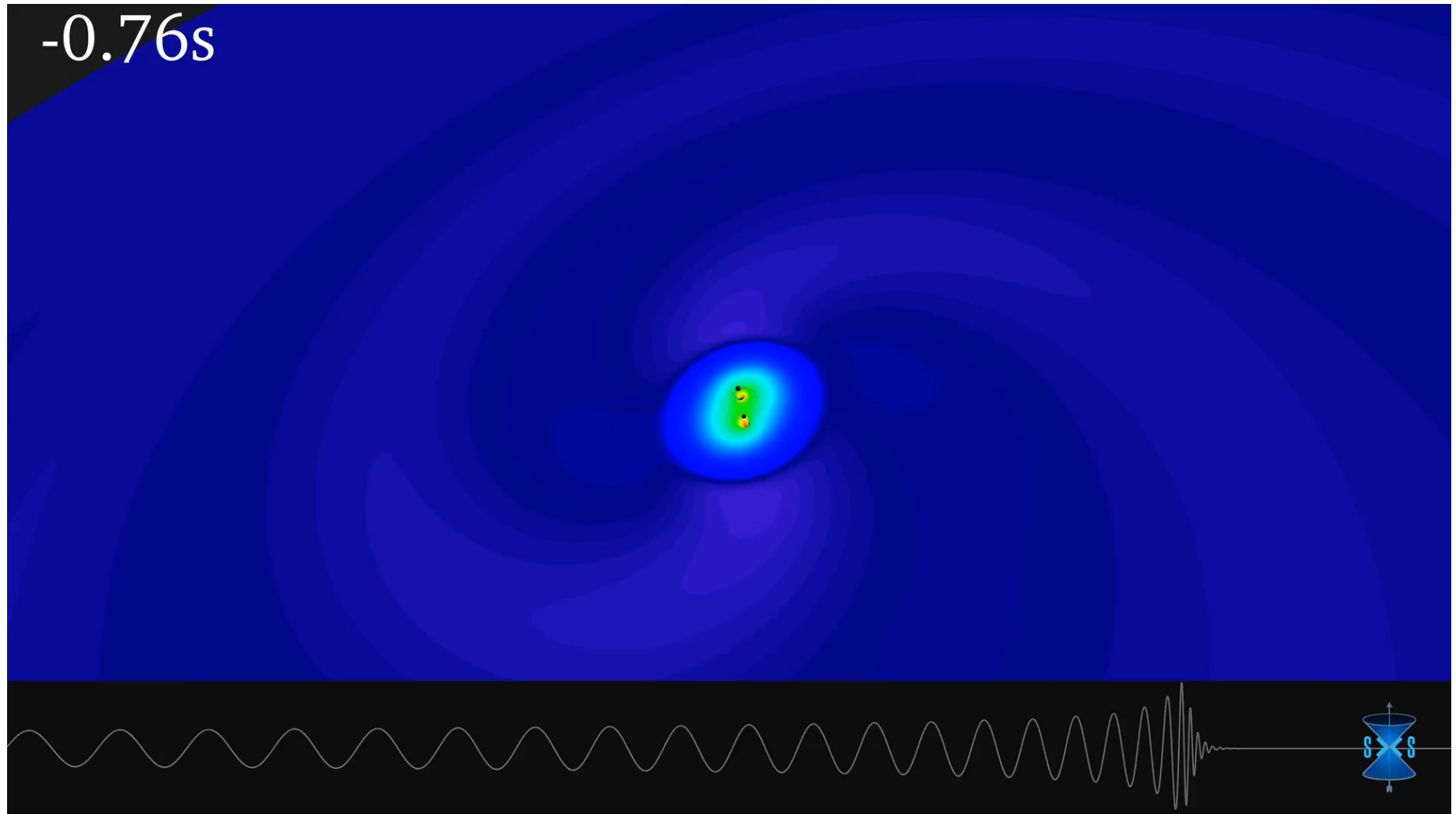


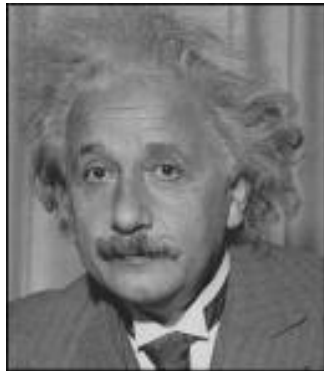
Image Credit: T. Pyle/Caltech/MIT/LIGO Lab

# Onda gravitacional de un sistema binario



Credit: SXS

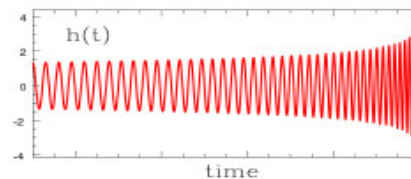
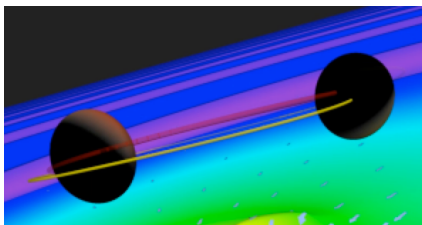
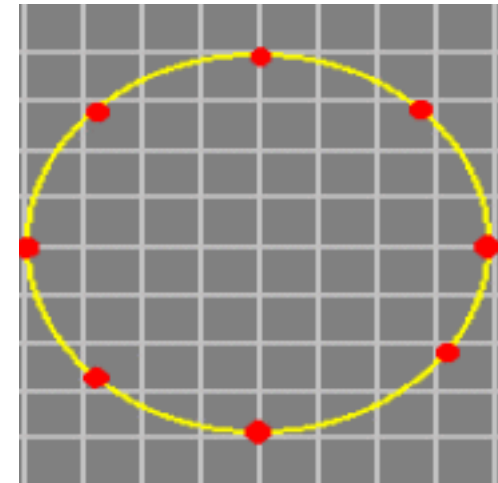
# Ondas gravitacionales



$$E = mc^2$$

$$G_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

$$h = 2 \frac{\Delta L}{L}$$



Una coalescencia de estrellas de neutrones en el cúmulo de Virgo produce ondas de amplitud  $h \sim 10^{-21}$  en la Tierra: la distancia entre el Sol y la Tierra cambia por  $\sim$  un diámetro atómico.

# Cronología aproximada de ondas gravitacionales

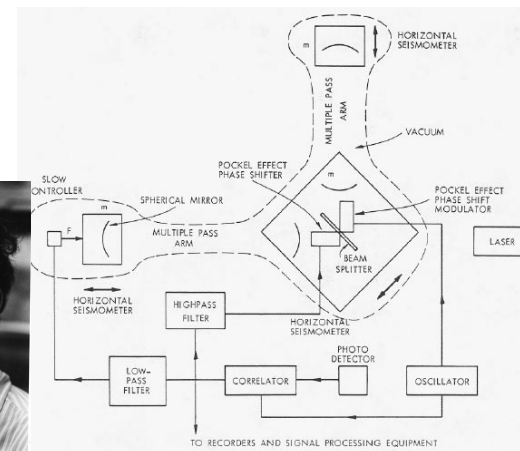
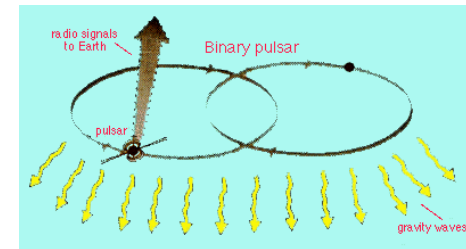
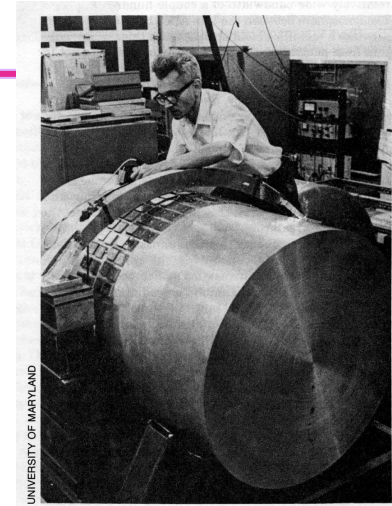
---



- 1915: Einstein publica la teoría de la relatividad general.
- 1916: Einstein publica soluciones aproximadas de sus ecuaciones con ondas gravitacionales – con algunos errores.
- 1916: Schwarzschild, desde trincheras de guerra, publica una solución a las ecuaciones que predicen la existencia de agujeros negros.
- 1918: Einstein corrige casi todos los errores de 1916 - pero no está claro que crea que sean un efecto físico.
- 1936: Einstein envía un artículo cuestionando la existencia de las ondas gravitacionales, pero luego revisa su artículo con soluciones exactas de ondas.
- 1957: En el primer congreso dedicado a la teoría de la relatividad, físicos todavía discuten si las ondas gravitacionales son físicas (¿pueden medirse?)

# Cronología aproximada de ondas gravitacionales

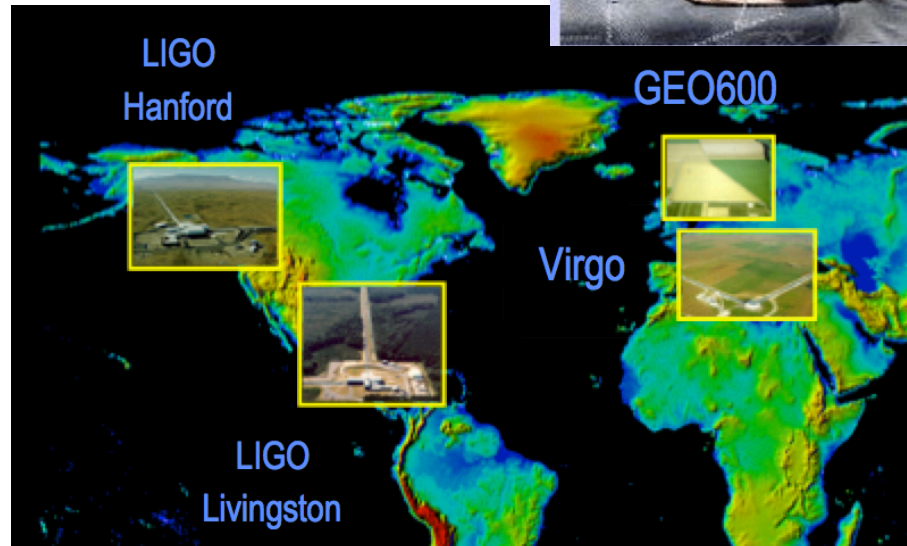
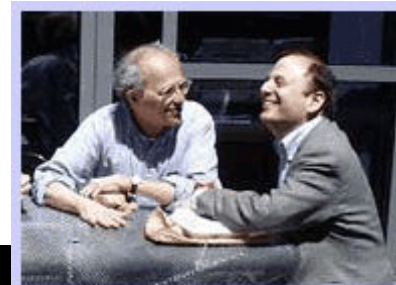
- Los 60: Se construyen los primeros detectores de ondas gravitacionales, se anuncian detecciones que no fueron comprobadas.
- Los 70: Aparecen conceptos para medir ondas gravitacionales con interferómetros. Se descubre un sistema binario de estrellas de neutrones que pierden energía en ondas gravitacionales.
- Los 80: Varios países (EEUU, Alemania, Francia/Italia) tienen diseños para construir detectores usando interferometría. Premio Nobel para observación indirecta de ondas gravitacionales.



# Cronología aproximada de ondas gravitacionales

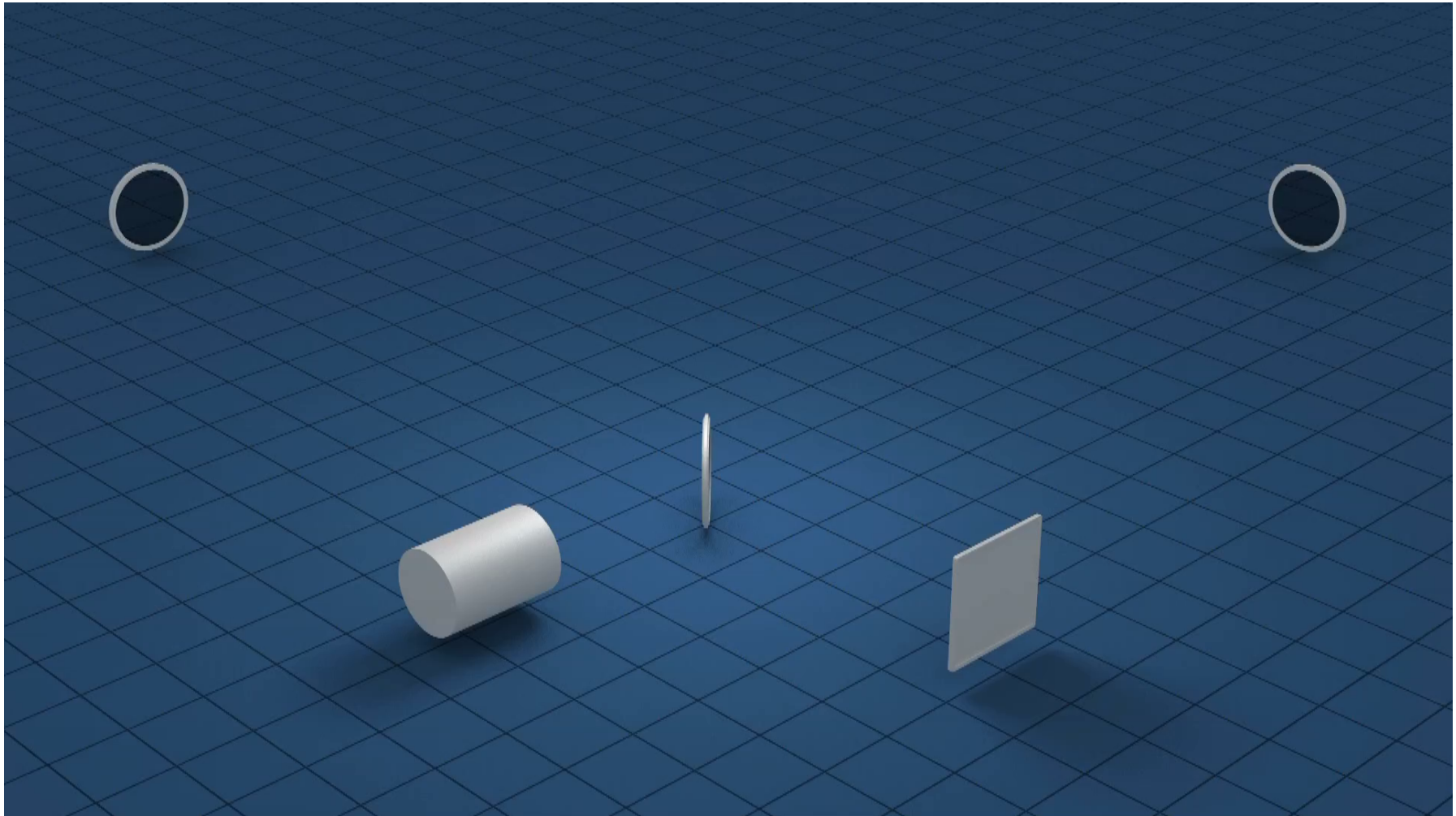


- Los 90: Se construyen detectores con dimensiones de kilómetros y potencial para descubrir ondas gravitacionales. Se crea la Colaboración Científica de LIGO.
- 2000-2010: Se operan detectores iniciales de LIGO, GEO y VIRGO.
- 2010-2015: Se construyen detectores avanzados de LIGO y VIRGO.
- 2015: Se observan ondas gravitacionales.





# Interferómetros

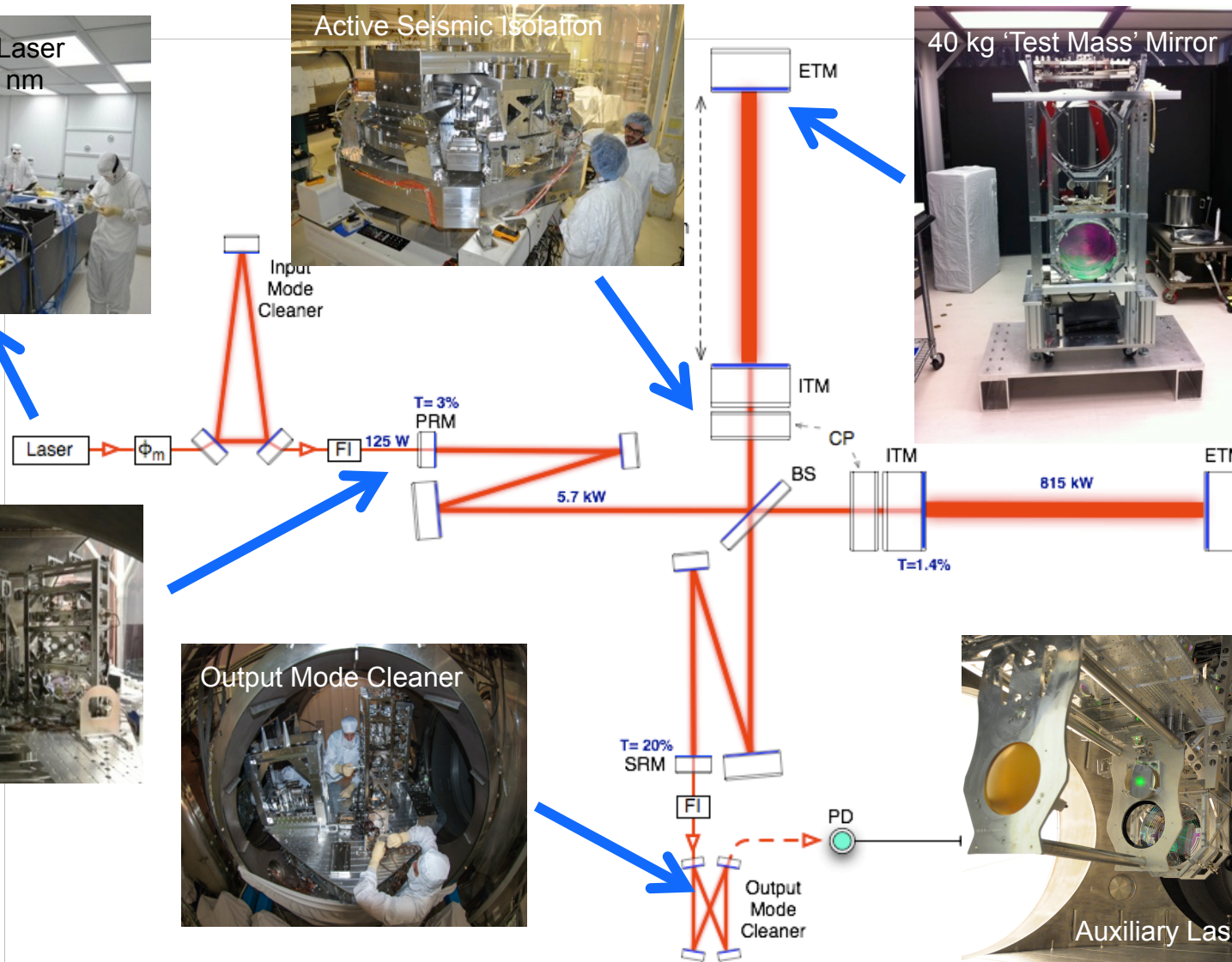
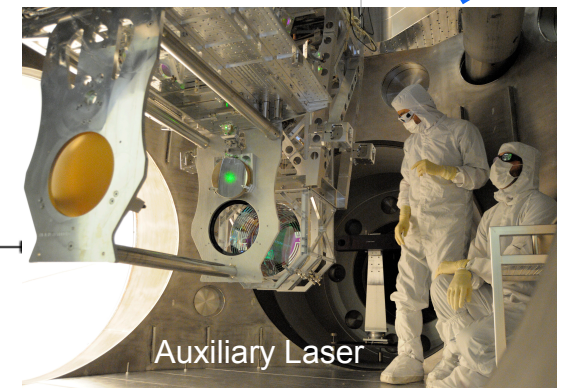
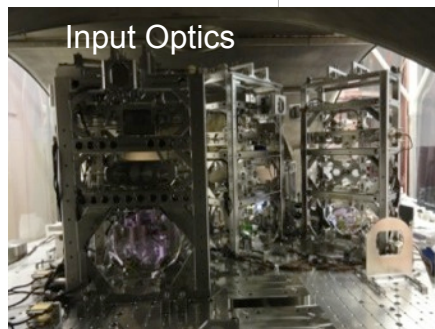
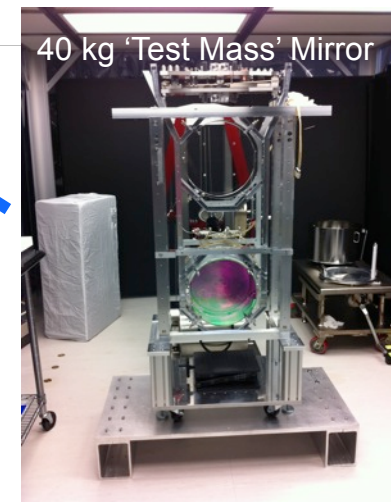
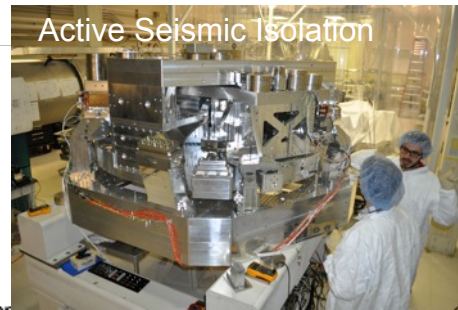


Credit: LIGO/T. Pyle

# Detectores LIGO: 4km de lado



# Interferómetro LIGO Avanzado



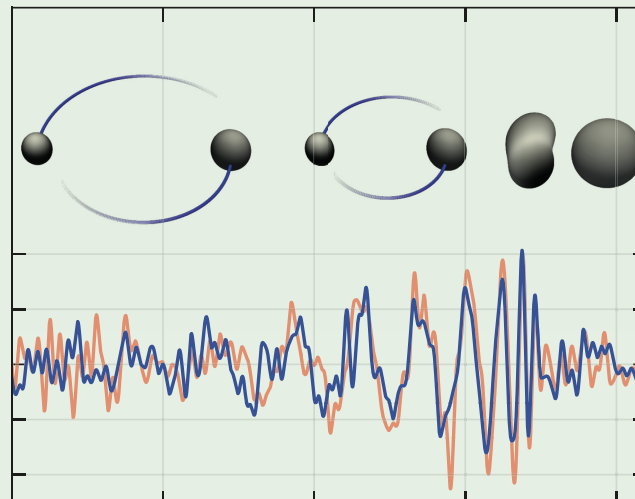
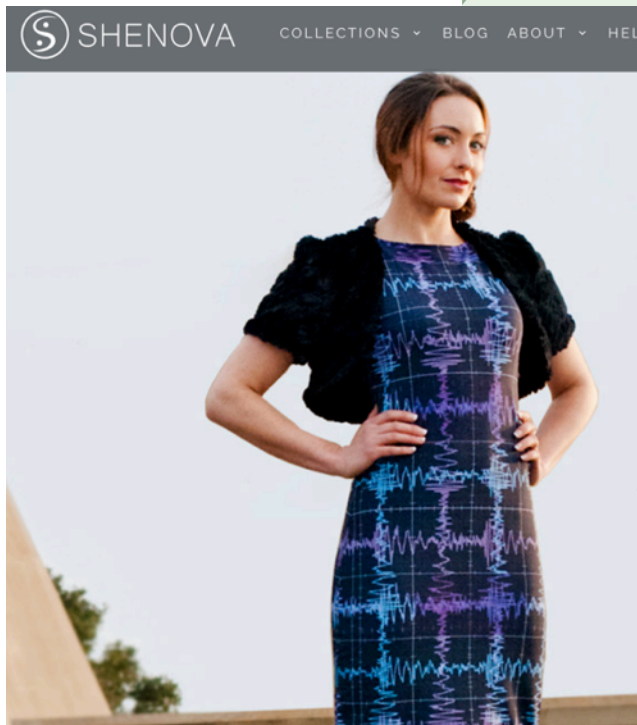


# Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger

B. P. Abbott *et al.*\*

(LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration)

(Received 21 January 2016; published 11 February 2016)



Published by  
American Physical Society™



Volume 116, Number 6



## Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger

B. P. Abbott *et al.*\*

(LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration)

(Received 21 January 2016; published 11 February 2016)



## GW151226: Observation of Gravitational Waves from a 22-Solar-Mass Binary Black Hole Coalescence

B. P. Abbott *et al.*\*

(LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration)

(Received 31 May 2016; published 15 June 2016)

# Septiembre 12 - Enero 19: ¡más de una detección!

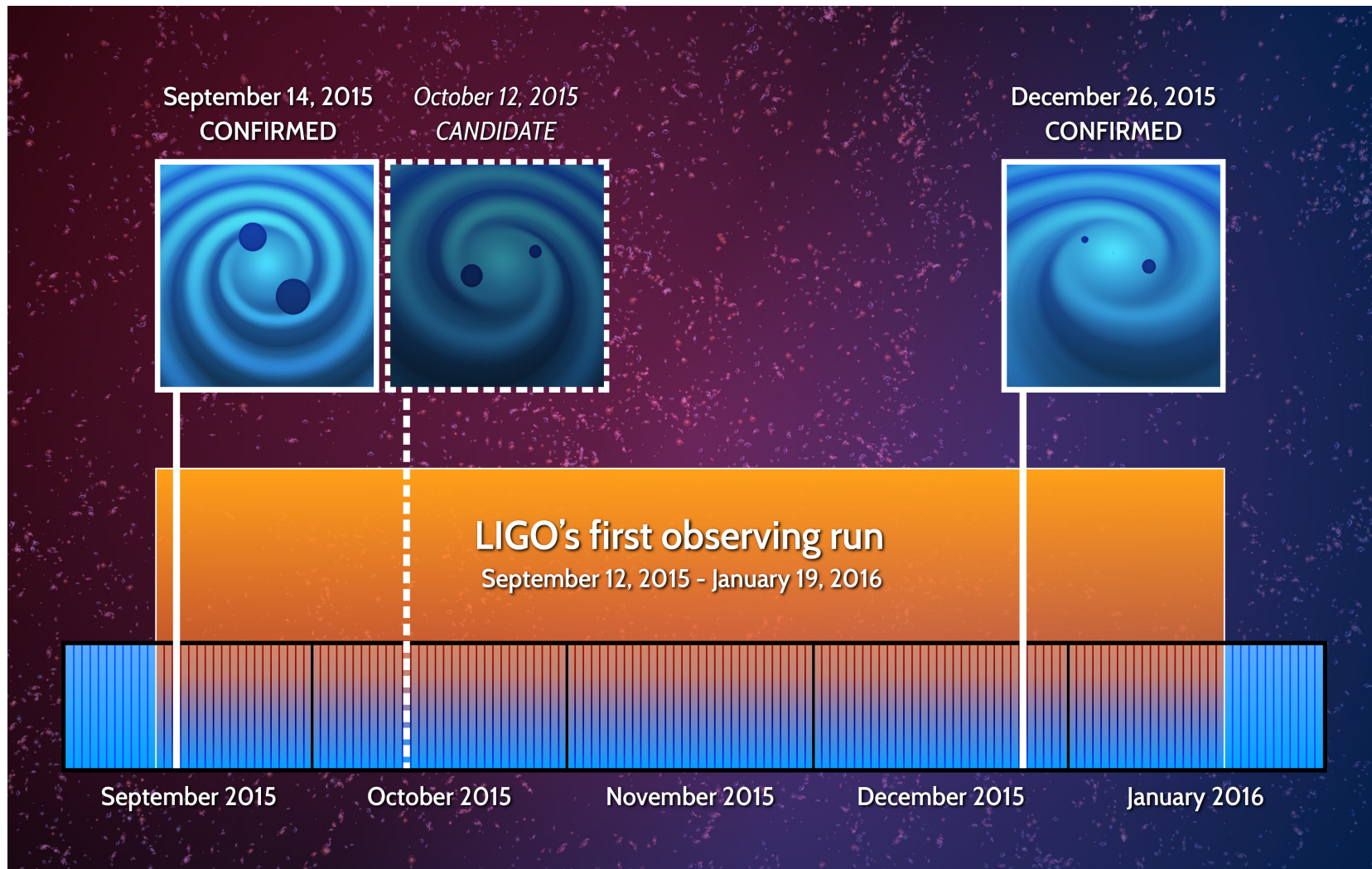
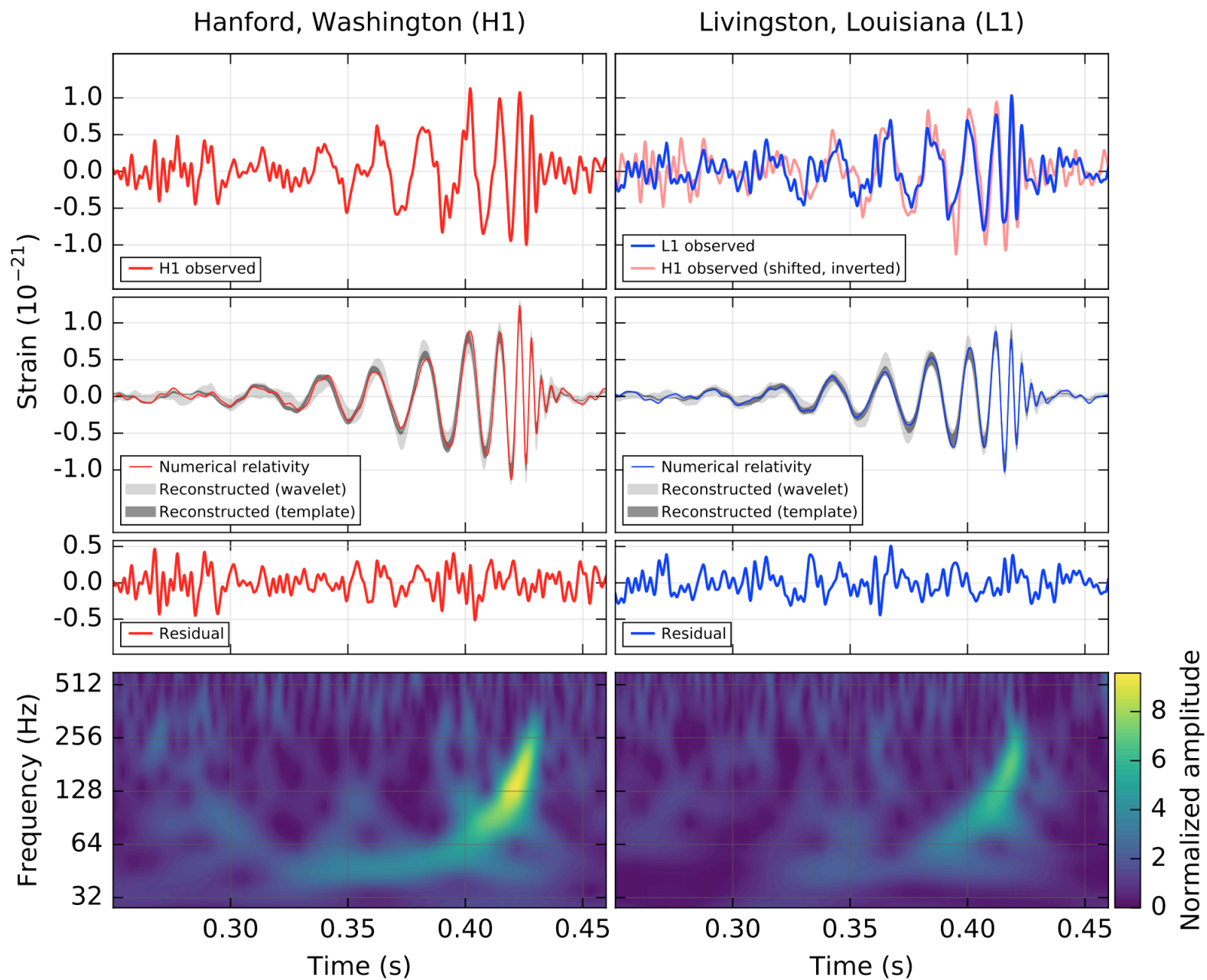


Image credit: LIGO



# LIGO Scientific Collaboration



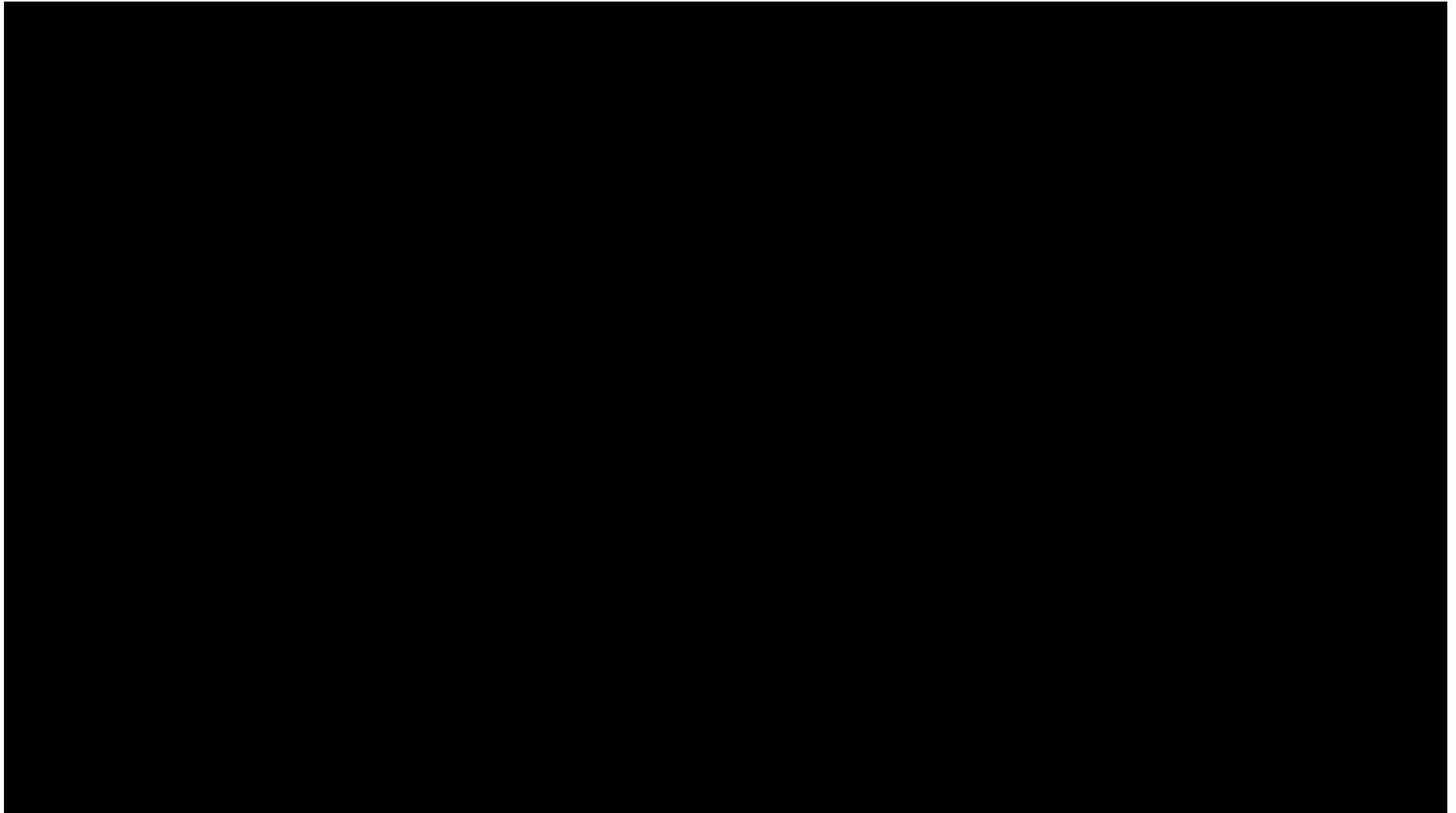


PRL 116, 061102 (2016)



# La música gravitatoria

---



# Catálogo de agujeros negros con masas solares

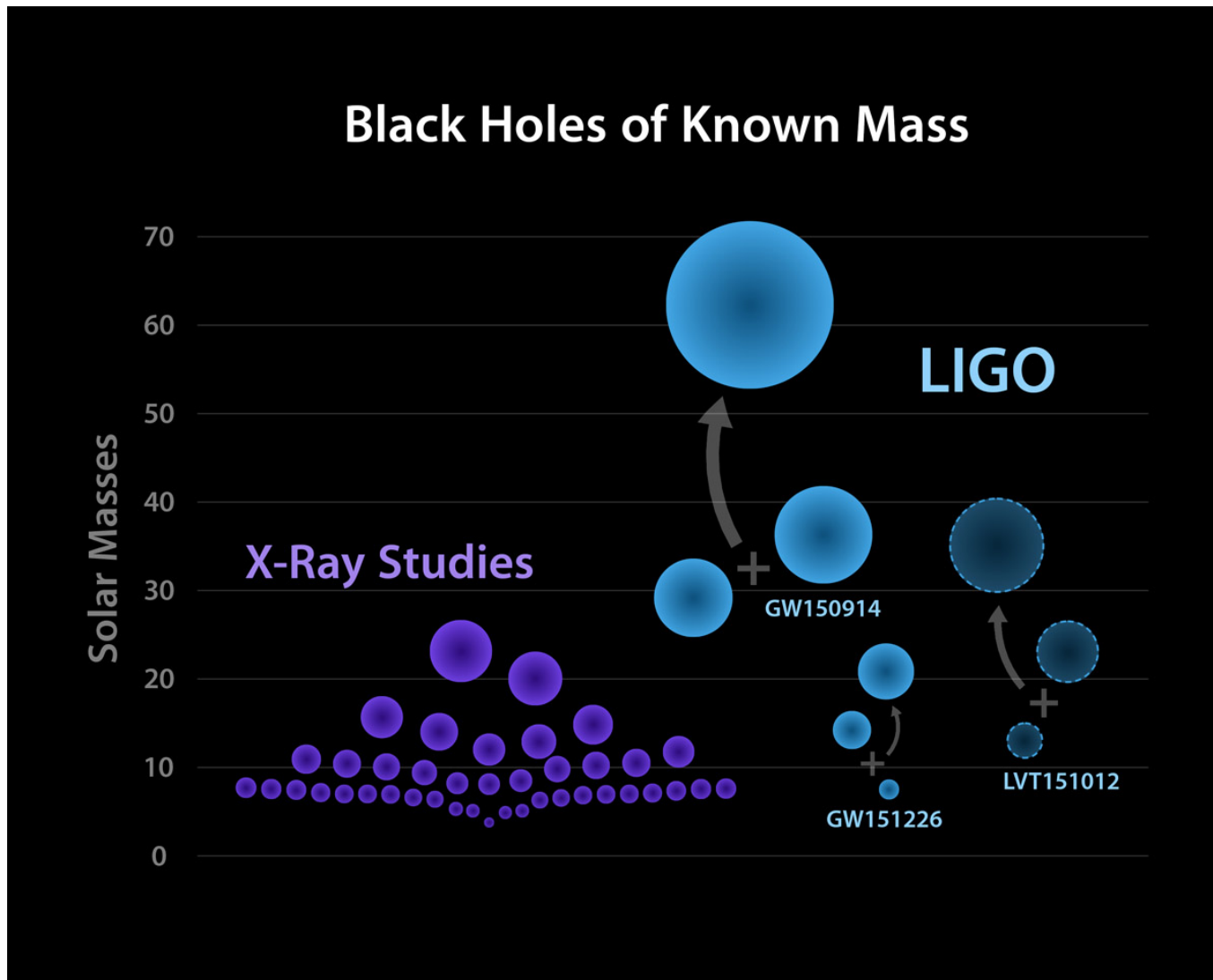
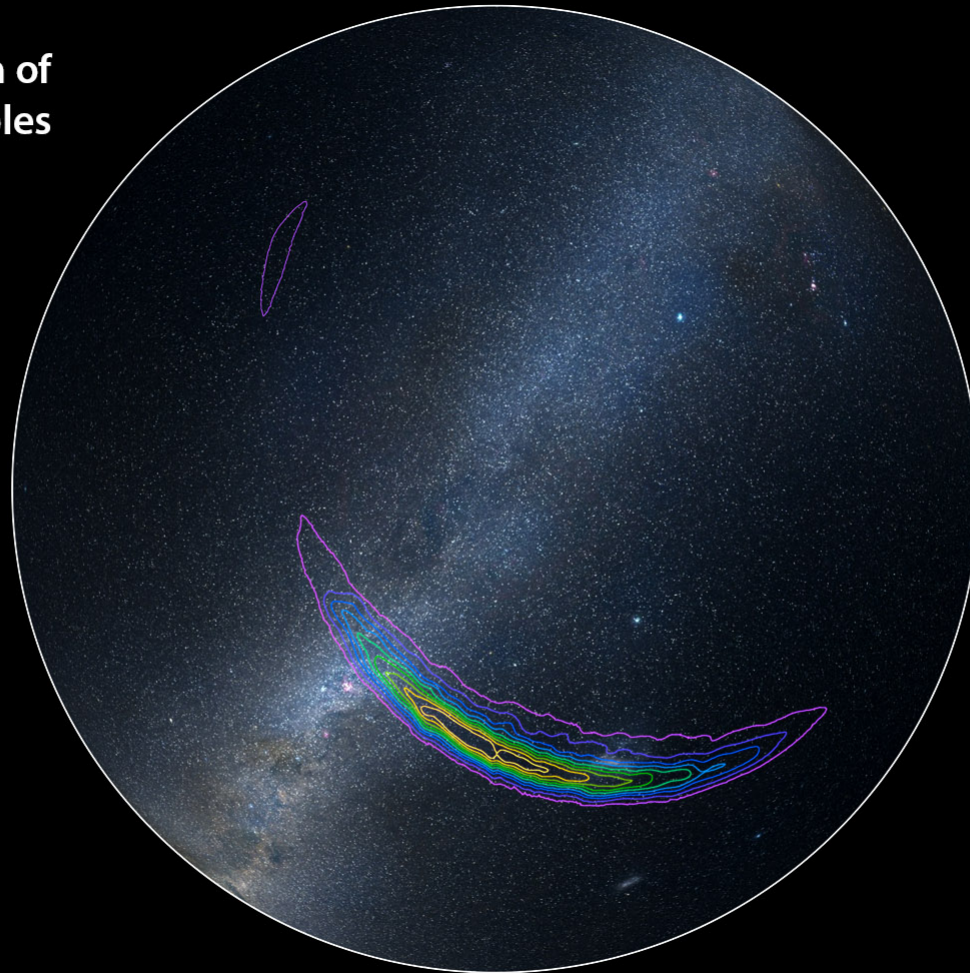
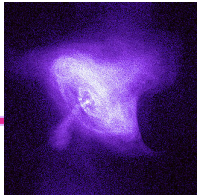


Image credit: LIGO

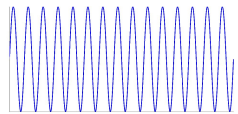
Probable location of  
merging black holes



# Posibles descubrimientos: ¡no sólo agujeros negros!

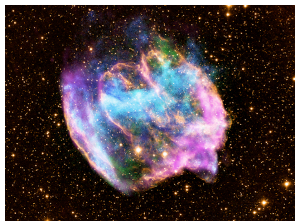


Crab pulsar (NASA, Chandra Observatory)

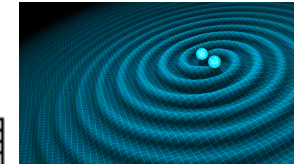
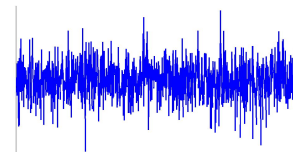
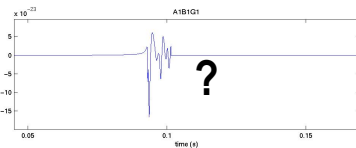
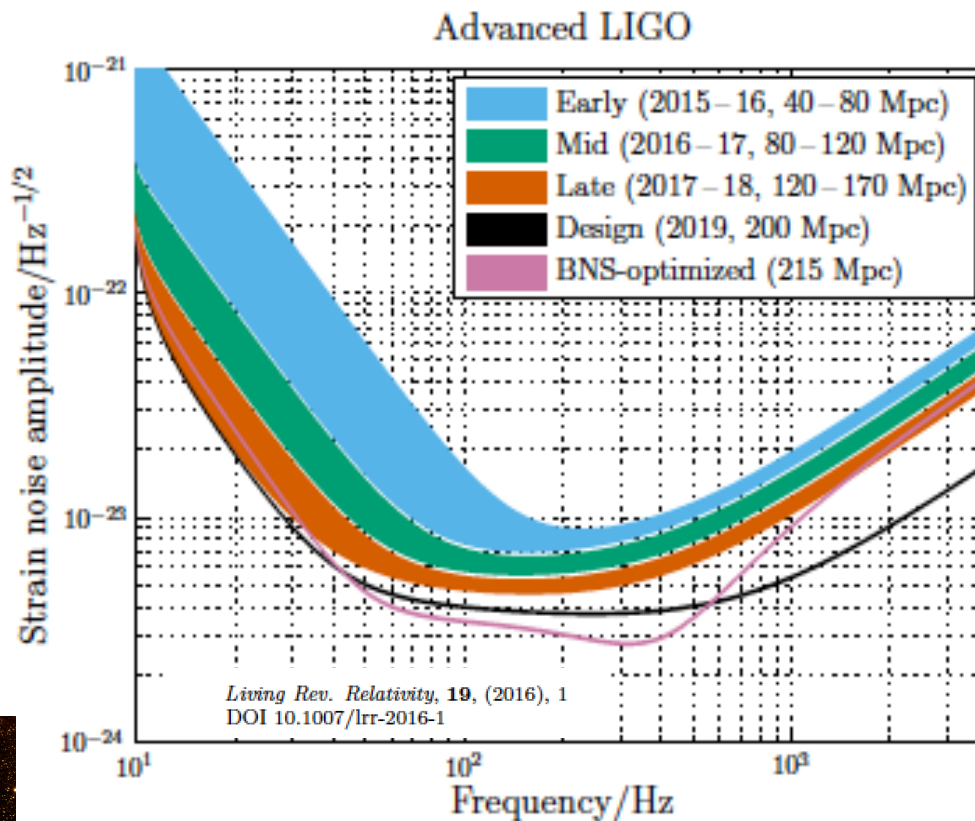


Ondas periódicas, continuas

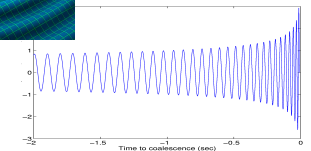
Señales transitorias (supernovas)



W49B composite;  
X-ray: NASA/CXC/MIT/L.Lopez et al.;  
Infrared: Palomar; Radio: NSF/NRAO/VLA

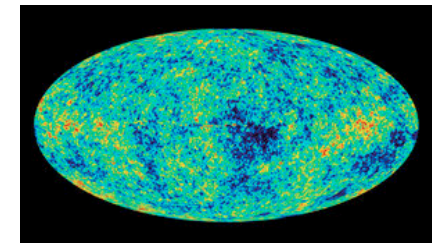


JPL/NASA

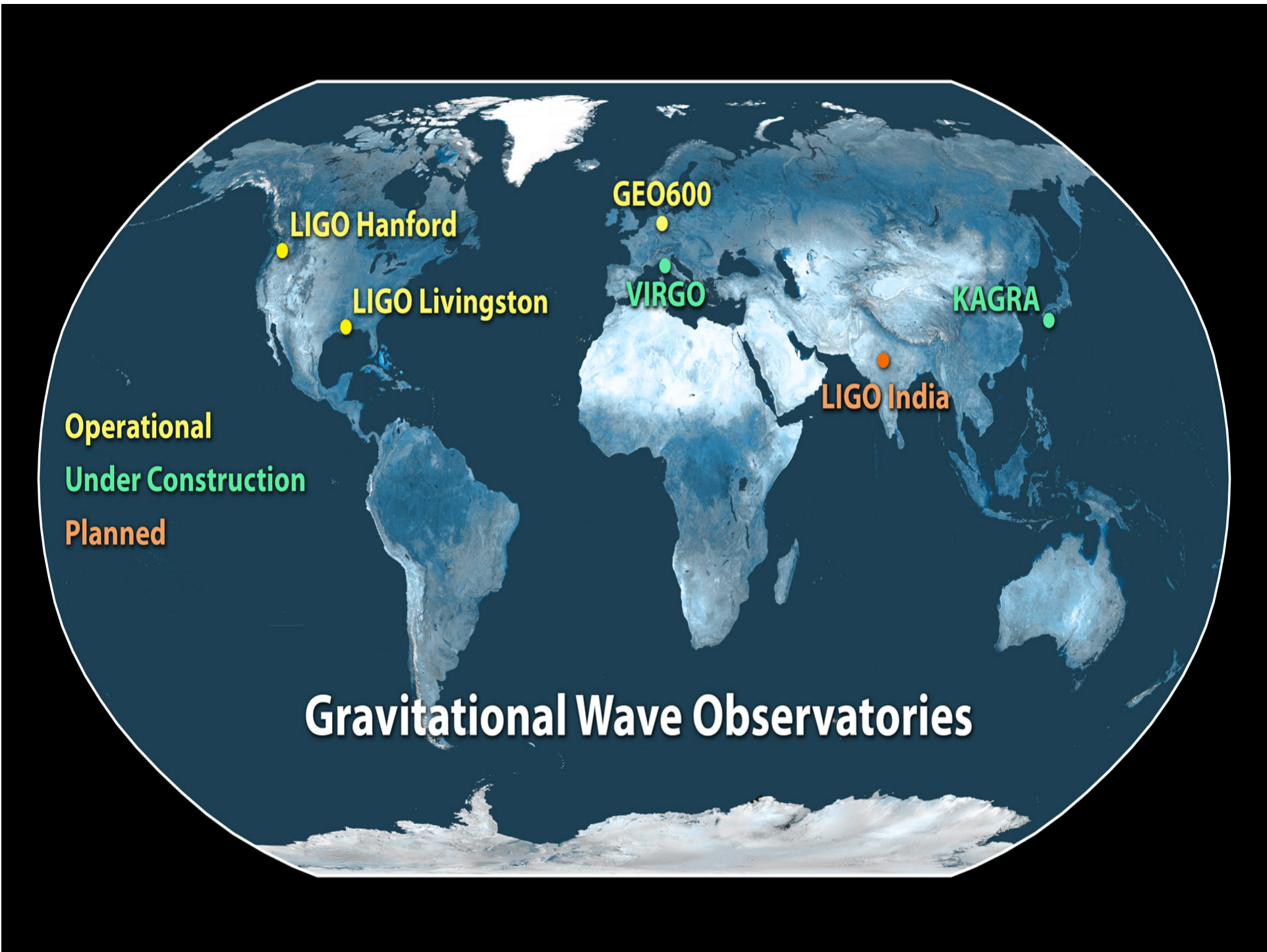


Sistemas binarios con estrellas de neutrones y agujeros negros

Una señal estocástica (astrofísica o cosmológica)



NASA, WMAP



LIGO Hanford

LIGO Livingston

GEO600

VIRGO

KAGRA

LIGO India

Operational

Under Construction

Planned

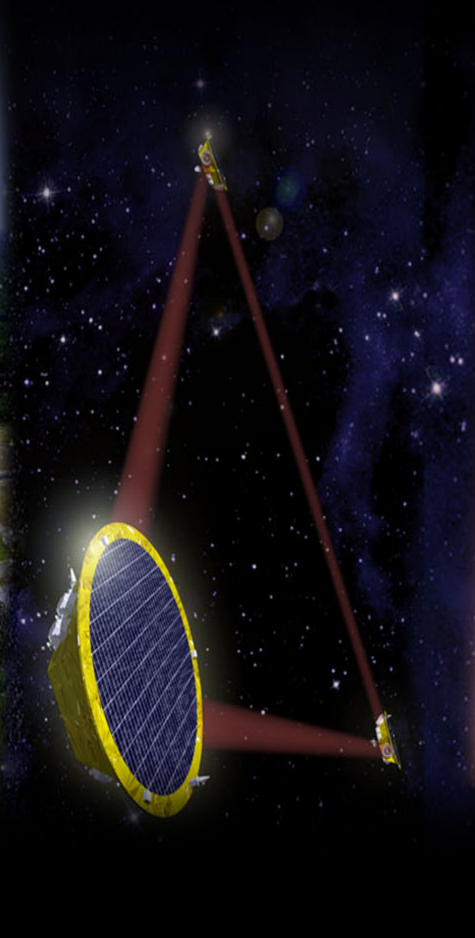
# Gravitational Wave Observatories

# Gravitational Wave Periods

Milliseconds



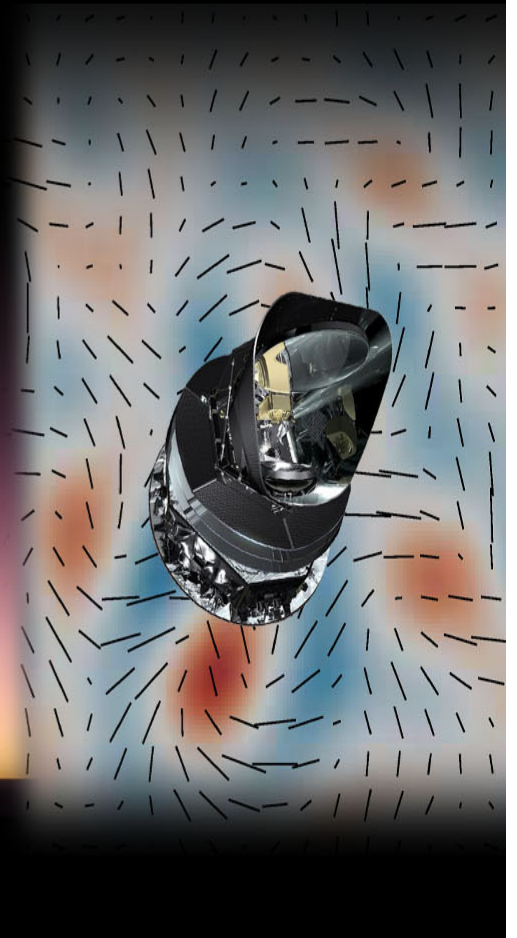
Minutes  
to Hours



Years  
to Decades




Billions  
of Years




# [www.ligo.org](http://www.ligo.org) (en español!)

[Inicio](#) [English](#) [Magyar](#) [LIGO Lab](#) [Join](#) [LSC/interno](#)

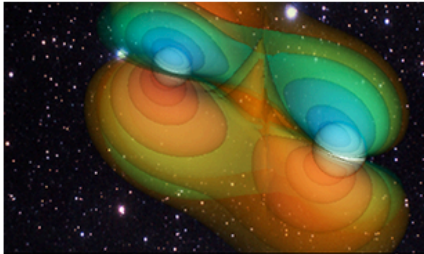


**LIGO Scientific Collaboration**


Noticias
LIGO Magazine
Advanced LIGO
Ciencia
Students/teachers/public
Multimedia
Partners
Acerca de




**Confirmada la segunda detección de ondas gravitacionales procedentes de la fusión de dos agujeros negros**



**Las ondas gravitacionales detectadas 100 años después de la predicción de Einstein**



**Advanced-LIGO se pone en funcionamiento**




**Ceremonia dedicada a Advanced LIGO**

**ACERCA DE**

La Colaboración científica LIGO (LSC, LIGO Scientific Collaboration en inglés) es un grupo de científicos a la búsqueda de la primera detección directa de ondas gravitacionales, con objeto de emplearlas en la exploración de las leyes fundamentales de la gravedad y el desarrollo del emergente campo de la física de ondas gravitacionales como herramienta de descubrimiento científico. El LSC avanza hacia este objetivo a través de la investigación y el perfeccionamiento de técnicas para la detección de ondas gravitacionales, así como del desarrollo, puesta en marcha y uso de los detectores de ondas gravitacionales. El LSC es un dinámico grupo de **más de 1000 científicos de todo el mundo**. ¡Descubre más acerca de las ondas gravitacionales y el LSC aquí!

¡Aprenda más ahora!



¡Participa!










**Cómo se transfiere la Tecnología de LIGO**

[funding](#) [acknowledgments](#) [contact](#) [information](#) [legal](#) [credits](#)

Síguenos en:

Compartir en:

# Astronomía con ondas gravitacionales: ¡esto es sólo el comienzo!

---

