

Ondas Gravitacionales-LIGO

Iván Nieva

Facultad de Matemática Astronomía y Física-UNC

Mendoza, 31 de Octubre, 2014

Resumen de la Presentación

- 1 Relatividad General
- 2 Ondas Gravitacionales
- 3 El Proyecto Ligo
- 4 Conclusiones

Resumen de la Presentación

- 1 Relatividad General
- 2 Ondas Gravitacionales
- 3 El Proyecto Ligo
- 4 Conclusiones

Resumen de la Presentación

- 1 Relatividad General
- 2 Ondas Gravitacionales
- 3 El Proyecto Ligo
- 4 Conclusiones

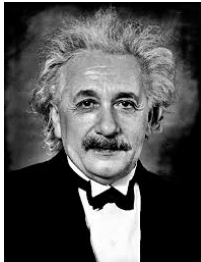
Resumen de la Presentación

- 1 Relatividad General
- 2 Ondas Gravitacionales
- 3 El Proyecto Ligo
- 4 Conclusiones

- 1 Relatividad General
- 2 Ondas Gravitacionales
- 3 El Proyecto Ligo
- 4 Conclusiones

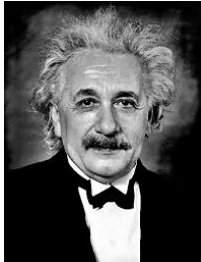
RELATIVIDAD GENERAL

- La Relatividad General es una teoría del espacio, el tiempo y la gravedad.
- Fue formulada por Albert Einstein (1879-1955) en 1915.
- La RG hace muchas predicciones teóricas, algunas de las cuales fueron comprobadas exitosamente.



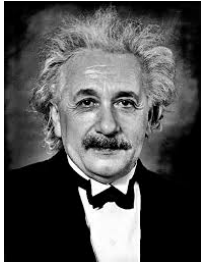
RELATIVIDAD GENERAL

- La Relatividad General es una teoría del espacio, el tiempo y la gravedad.
- Fue formulada por Albert Einstein (1879-1955) en 1915.
- La RG hace muchas predicciones teóricas, algunas de las cuales fueron comprobadas exitosamente.



RELATIVIDAD GENERAL

- La Relatividad General es una teoría del espacio, el tiempo y la gravedad.
- Fue formulada por Albert Einstein (1879-1955) en 1915.
- La RG hace muchas predicciones teóricas, algunas de las cuales fueron comprobadas exitosamente.



- 1 Relatividad General
- 2 Ondas Gravitacionales**
- 3 El Proyecto Ligo
- 4 Conclusiones

ONDAS GRAVITACIONALES

¿Qué son las Ondas Gravitacionales?

- Las ondas gravitacionales son una predicción de la teoría de la Relatividad General de Einstein.
- Se producen cuando tenemos objetos acelerados, son distorsiones del espacio-tiempo que se propagan por todo el universo.
- ¿Como es esta distorsión? Las OG lo ensanchan en una dirección y lo contraen en la otra, así se van propagando por todo el universo a la velocidad de la luz.
- Nada absorbe o refleja las ondas gravitacionales por lo que podemos “ver” a través de los objetos que se encuentran entre la tierra y el otro extremo del universo.

ONDAS GRAVITACIONALES

¿Qué son las Ondas Gravitacionales?

- Las ondas gravitacionales son una predicción de la teoría de la Relatividad General de Einstein.
- Se producen cuando tenemos objetos acelerados, son distorsiones del espacio-tiempo que se propagan por todo el universo.
- ¿Como es esta distorsión? Las OG lo ensanchan en una dirección y lo contraen en la otra, así se van propagando por todo el universo a la velocidad de la luz.
- Nada absorbe o refleja las ondas gravitacionales por lo que podemos “ver” a través de los objetos que se encuentran entre la tierra y el otro extremo del universo.

ONDAS GRAVITACIONALES

¿Qué son las Ondas Gravitacionales?

- Las ondas gravitacionales son una predicción de la teoría de la Relatividad General de Einstein.
- Se producen cuando tenemos objetos acelerados, son distorsiones del espacio-tiempo que se propagan por todo el universo.
- ¿Como es esta distorsión? Las OG lo ensanchan en una dirección y lo contraen en la otra, así se van propagando por todo el universo a la velocidad de la luz.
- Nada absorbe o refleja las ondas gravitacionales por lo que podemos “ver” a través de los objetos que se encuentran entre la tierra y el otro extremo del universo.

ONDAS GRAVITACIONALES

¿Qué son las Ondas Gravitacionales?

- Las ondas gravitacionales son una predicción de la teoría de la Relatividad General de Einstein.
- Se producen cuando tenemos objetos acelerados, son distorsiones del espacio-tiempo que se propagan por todo el universo.
- ¿Como es esta distorsión? Las OG lo ensanchan en una dirección y lo contraen en la otra, así se van propagando por todo el universo a la velocidad de la luz.
- Nada absorbe o refleja las ondas gravitacionales por lo que podemos “ver” a través de los objetos que se encuentran entre la tierra y el otro extremo del universo.

ONDAS GRAVITACIONALES

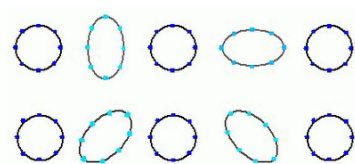
¿Qué son las Ondas Gravitacionales?

- Las ondas gravitacionales son una predicción de la teoría de la Relatividad General de Einstein.
- Se producen cuando tenemos objetos acelerados, son distorsiones del espacio-tiempo que se propagan por todo el universo.
- ¿Como es esta distorsión? Las OG lo ensanchan en una dirección y lo contraen en la otra, así se van propagando por todo el universo a la velocidad de la luz.
- Nada absorbe o refleja las ondas gravitacionales por lo que podemos “ver” a través de los objetos que se encuentran entre la tierra y el otro extremo del universo.

ONDAS GRAVITACIONALES

¿Como se propagan las ondas gravitacionales?

- Las OG ensanchan el espacio-tiempo en una dirección y lo alargan en la otra. Es así como las ondas se van propagando, viajando por el todo el espacio a la velocidad de la luz.
- Si tuvieramos un circulo de particulas de prueba, el efecto que una onda gravitacional le produciría sería el que se muestra en la figura.

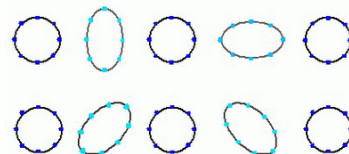


- Esta deformación sucede por que una og solo tiene dos tipos de polarización, llamadas "+" y "x".
- Las OG son sumamente pequeñas. Expresado en términos físicos, una OG intensa produciría un desplazamiento sobre este anillo de particulas del orden de 10^{-19} metros -una cantidad 1000 veces más pequeña que el diámetro del protón-.

ONDAS GRAVITACIONALES

¿Como se propagan las ondas gravitacionales?

- Las OG ensanchan el espacio-tiempo en una dirección y lo alargan en la otra. Es así como las ondas se van propagando, viajando por el todo el espacio a la velocidad de la luz.
 - Si tuvieramos un circulo de particulas de prueba, el efecto que una onda gravitacional le produciría sería el que se muestra en la figura.

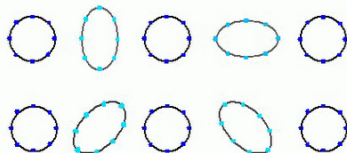


- Esta deformación sucede por que una og solo tiene dos tipos de polarización, llamadas “+” y “x”.
- Las OG son sumamente pequeñas. Expresado en términos físicos, una OG intensa produciría un desplazamiento sobre este anillo de partículas del orden de 10^{-19} metros -una cantidad 1000 veces más pequeña que el diámetro del protón-.

ONDAS GRAVITACIONALES

¿Como se propagan las ondas gravitacionales?

- Las OG ensanchan el espacio-tiempo en una dirección y lo alargan en la otra. Es así como las ondas se van propagando, viajando por el todo el espacio a la velocidad de la luz.
 - Si tuvieramos un circulo de particulas de prueba, el efecto que una onda gravitacional le produciría sería el que se muestra en la figura.

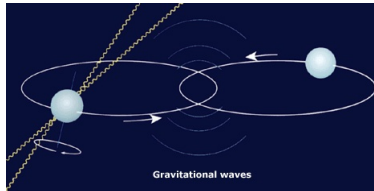


- Esta deformación sucede por que una og solo tiene dos tipos de polarización, llamadas “+” y ”x”.
 - Las OG son sumamente pequeñas. Expresado en términos físicos, una OG intensa produciría un desplazamiento sobre este anillo de partículas del orden de 10^{-19} metros -una cantidad 1000 veces más pequeña que el diámetro del protón-.

EVIDENCIA DE LA EXISTENCIA DE LAS OG

¿Se a detectado alguna vez una onda gravitacional?

- Hasta la fecha no a sido posible detectar de manera directa una onda gravitacional, esto es debido en parte por que los efectos que producirian en la Tierra son extremadamente pequeños, ¡menos incluso que el tamaño de un protón!
- La existencia de una OG a sido unicamente confirmada indirectamente a través de las observaciones de un pulsar binario

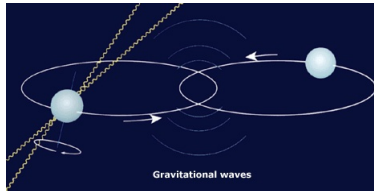


- Pulsar Binario PSR 1913+16 descubierto por Hulse y Taylor en 1974

EVIDENCIA DE LA EXISTENCIA DE LAS OG

¿Se a detectado alguna vez una onda gravitacional?

- Hasta la fecha no a sido posible detectar de manera directa una onda gravitacional, esto es debido en parte por que los efectos que producirian en la Tierra son extremadamente pequeños, ¡menos incluso que el tamaño de un protón!
- La existencia de una OG a sido unicamente confirmada indirectamente a través de las observaciones de un pulsar binario



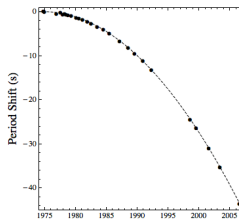
- Pulsar Binario PSR 1913+16 descubierto por Hulse y Taylor en 1974

EVIDENCIA DE LA EXISTENCIA DE LAS OG

¿Como fue la medición del sistema binario?

- Se noto un decaimiento de la órbita del pulsar. Después de seis años de medición se demostró que el periodo orbital de poco más de siete horas decrece a razón de un segundo cada trece mil años. Este pequeño efecto se debe a la emisión de ondas gravitacionales.

- Pulsar Binario PSR 1913+16



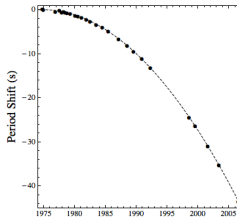
- Cambio del periodo vs el tiempo en el sistema binario PSR 1913+16
- El decaimiento de la órbita del pulsar binario es la única evidencia que tenemos de la existencia de OG, descubrimiento que les valió el premio Nobel a Hulse y Taylor.

EVIDENCIA DE LA EXISTENCIA DE LAS OG

¿Como fue la medición del sistema binario?

- Se noto un decaimiento de la órbita del pulsar. Después de seis años de medición se demostró que el periodo orbital de poco más de siete horas decrece a razón de un segundo cada trece mil años. Este pequeño efecto se debe a la emisión de ondas gravitacionales.

- Pulsar Binario PSR 1913+16



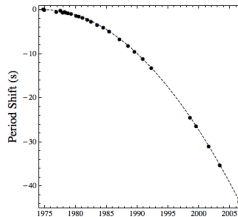
- Cambio del periodo vs el tiempo en el sistema binario PSR 1913+16
- El decaimiento de la órbita del pulsar binario es la única evidencia que tenemos de la existencia de OG, descubrimiento que les valió el premio Nobel a Hulse y Taylor.

EVIDENCIA DE LA EXISTENCIA DE LAS OG

¿Como fue la medición del sistema binario?

- Se noto un decaimiento de la órbita del pulsar. Después de seis años de medición se demostró que el periodo orbital de poco más de siete horas decrece a razón de un segundo cada trece mil años. Este pequeño efecto se debe a la emisión de ondas gravitacionales.

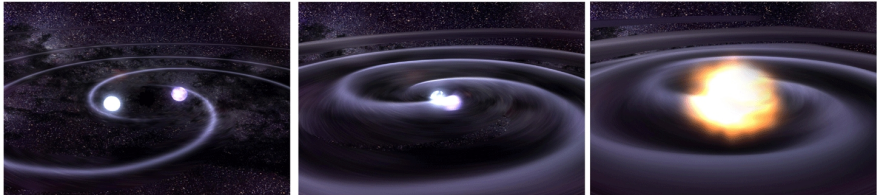
- Pulsar Binario PSR 1913+16



- Cambio del periodo vs el tiempo en el sistema binario PSR 1913+16
- El decaimiento de la órbita del pulsar binario es la única evidencia que tenemos de la existencia de OG, descubrimiento que les valió el premio Nobel a Hulse y Taylor.

Fuentes Astrofísicas de Ondas Gravitacionales

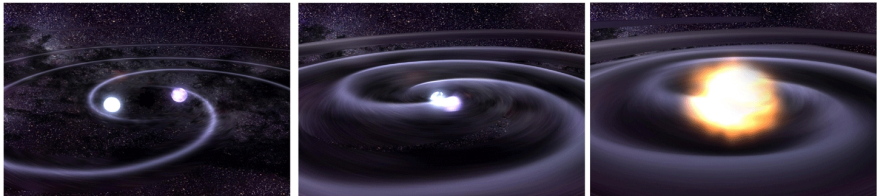
- Las fuentes que dan origen a ondas gravitacionales pueden ser calificadas en:
 - Sistemas binarios de estrellas o agujeros negros
 - Coalescencia de sistemas binarios
 - Explosiones de supernovas
 - Big Bang



- Representación artística de dos estrellas orbitando mutuamente y acercándose (de izquierda a derecha) a su fusión, con las correspondientes ondas gravitacionales.

Fuentes Astrofísicas de Ondas Gravitacionales

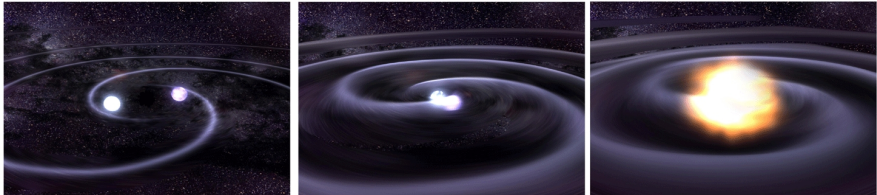
- Las fuentes que dan origen a ondas gravitacionales pueden ser calificadas en:
 - Sistemas binarios de estrellas o agujeros negros
 - Coalescencia de sistemas binarios
 - Explosiones de supernovas
 - Big Bang



- Representación artística de dos estrellas orbitando mutuamente y acercándose (de izquierda a derecha) a su fusión, con las correspondientes ondas gravitacionales.

Fuentes Astrofísicas de Ondas Gravitacionales

- Las fuentes que dan origen a ondas gravitacionales pueden ser calificadas en:
 - Sistemas binarios de estrellas o agujeros negros
 - Coalescencia de sistemas binarios
 - Explosiones de supernovas
 - Big Bang



- Representación artística de dos estrellas orbitando mutuamente y acercándose (de izquierda a derecha) a su fusión, con las correspondientes ondas gravitacionales.

- 1 Relatividad General
- 2 Ondas Gravitacionales
- 3 El Proyecto Ligo**
- 4 Conclusiones

EL PROYECTO LIGO

- El proyecto LIGO-Laser Interferometer Gravitatioanl waves Observatory-es un experimento que pretende detectar de manera directa una onda gravitacional.
- LIGO posee dos observatorios, el LHO -LIGO Hanford Observatory- y el LLO -LIGO Livingston Observatory-. Su misión científica es confirmar las ondas predichas por Einstein.



Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory



EL PROYECTO LIGO

- El proyecto LIGO-Laser Interferometer Gravitatioanl waves Observatory-es un experimento que pretende detectar de manera directa una onda gravitacional.
- LIGO posee dos observatorios, el LHO -LIGO Hanford Observatory- y el LLO -LIGO Livingston Observatory-. Su misión científica es confirmar las ondas predichas por Einstein.



Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory



LIGO consiste de un sistema interferométrico de dos brazos perpendiculares y en condiciones de vacío con un recorrido optico de 4 km.

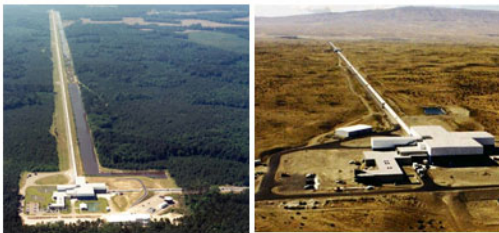
- Los detectores miden las longitudes relativas de sus brazos por medio de la interferometría, que observa los patrones de interferencia producidos al combinar dos fuentes de luz.
- LIGO es el mayor detector de OG a nivel mundial.



- Éstos detectores están diseñados para probar tecnologías que notan movimientos a escala de una diezmilésima del diámetro de un protón (o 10^{-19}m), lo que supone que son apenas lo suficientemente sensibles para detectar las ondas.

LIGO consiste de un sistema interferométrico de dos brazos perpendiculares y en condiciones de vacío con un recorrido optico de 4 km.

- Los detectores miden las longitudes relativas de sus brazos por medio de la interferometría, que observa los patrones de interferencia producidos al combinar dos fuentes de luz.
 - LIGO es el mayor detector de OG a nivel mundial.



- Éstos detectores están diseñados para probar tecnologías que notan movimientos a escala de una diezmilésima del diámetro de un protón (o 10^{-19}m), lo que supone que son apenas lo suficientemente sensibles para detectar las ondas.

LIGO consiste de un sistema interferométrico de dos brazos perpendiculares y en condiciones de vacío con un recorrido optico de 4 km.

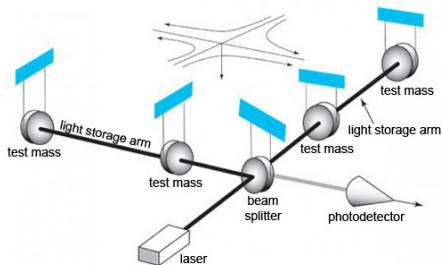
- Los detectores miden las longitudes relativas de sus brazos por medio de la interferometría, que observa los patrones de interferencia producidos al combinar dos fuentes de luz.
 - LIGO es el mayor detector de OG a nivel mundial.



- Éstos detectores están diseñados para probar tecnologías que notan movimientos a escala de una diezmilésima del diámetro de un protón (o 10^{-19}m), lo que supone que son apenas lo suficientemente sensibles para detectar las ondas.

DETECCIÓN DE ONDAS GRAVITACIONALES

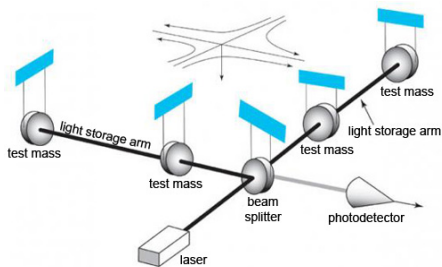
- Las ondas gravitacionales interactúan con la materia comprimiendo los objetos en una dirección y estirándolos en la dirección perpendicular.
- Los detectores miden las longitudes relativas de sus brazos por medio de la interferometría, que observa los patrones de interferencia producidos al combinar dos fuentes de luz.



- Para medir la longitud relativa de los brazos, un haz de luz láser es separado en dos en la intersección de los dos brazos. La mitad de la luz del láser se transmite a un brazo mientras que la segunda mitad se desvía al segundo brazo. Cerca del divisor de rayos y al final de cada brazo se encuentran los espejos suspendidos como péndulos.

DETECCIÓN DE ONDAS GRAVITACIONALES

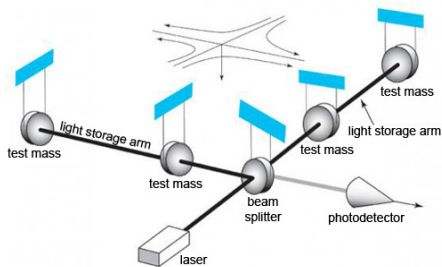
- Las ondas gravitacionales interactúan con la materia comprimiendo los objetos en una dirección y estirándolos en la dirección perpendicular.
- Los detectores miden las longitudes relativas de sus brazos por medio de la interferometría, que observa los patrones de interferencia producidos al combinar dos fuentes de luz.



- Para medir la longitud relativa de los brazos, un haz de luz láser es separado en dos en la intersección de los dos brazos. La mitad de la luz del láser se transmite a un brazo mientras que la segunda mitad se desvía al segundo brazo. Cerca del divisor de rayos y al final de cada brazo se encuentran los espejos suspendidos como péndulos.

DETECCIÓN DE ONDAS GRAVITACIONALES

- Las ondas gravitacionales interactúan con la materia comprimiendo los objetos en una dirección y estirándolos en la dirección perpendicular.
- Los detectores miden las longitudes relativas de sus brazos por medio de la interferometría, que observa los patrones de interferencia producidos al combinar dos fuentes de luz.



- Para medir la longitud relativa de los brazos, un haz de luz láser es separado en dos en la intersección de los dos brazos. La mitad de la luz del láser se transmite a un brazo mientras que la segunda mitad se desvía al segundo brazo. Cerca del divisor de rayos y al final de cada brazo se encuentran los espejos suspendidos como péndulos.

DETECTORES DE ONDAS GRAVITACIONALES

Se ha realizado un esfuerzo considerable en el diseño y construcción de interferómetros Michelson de escala kilométrica para detectar una OG.

- Existe una red global de tales detectores, aparte de LIGO tenemos también:
 - [VIRGO](#)
 - [GEO 600](#)
 - [TAMA 300](#)



- Hay una próxima generación de detectores, que entrará en operación en los próximos 3-5 años. Los detectores Advanced LIGO, Advanced Virgo, serán diez veces más sensibles.

DETECTORES DE ONDAS GRAVITACIONALES

Se ha realizado un esfuerzo considerable en el diseño y construcción de interferómetros Michelson de escala kilométrica para detectar una OG.

- Existe una red global de tales detectores, aparte de LIGO tenemos también:
 - VIRGO
 - GEO 600
 - TAMA 300



- Hay una próxima generación de detectores, que entrará en operación en los próximos 3-5 años. Los detectores Advanced LIGO, Advanced Virgo, serán diez veces más sensibles.

DETECTORES DE ONDAS GRAVITACIONALES

Se ha realizado un esfuerzo considerable en el diseño y construcción de interferómetros Michelson de escala kilométrica para detectar una OG.

- Existe una red global de tales detectores, aparte de LIGO tenemos también:
 - VIRGO
 - GEO 600
 - TAMA 300



- Hay una próxima generación de detectores, que entrará en operación en los próximos 3-5 años. Los detectores Advanced LIGO, Advanced Virgo, serán diez veces más sensibles.

- 1 Relatividad General
- 2 Ondas Gravitacionales
- 3 El Proyecto Ligo
- 4 Conclusiones**

- La detección directa de estas ondas mediante las minúsculas distorsiones del espacio-tiempo, que se producen cuando llegan a la Tierra provenientes de fuentes astrofísicas lejanas, constituiría un importante hito científico y establecería el nuevo campo de la astronomía de ondas gravitacionales.
- Las OG marcarán el inicio de una nueva era en astronomía. La mayor parte de la astronomía en el pasado se ha basado en distintas formas de radiación electromagnética (luz visible, ondas de radio, rayos X, etc. pero las ondas electromagnéticas se reflejan y son absorbidas muy fácilmente por la materia existente entre la fuente y nosotros.
- Las OG transformarán la astronomía porque el universo es casi transparente a ellas: la materia y los campos gravitacionales ni absorben ni reflejan las OG de forma significativa.
- La astronomía de ondas gravitacionales ayudará a explorar algunas de las grandes cuestiones de la física: ¿Cómo se forman los agujeros negros? ¿Es la relatividad general la descripción correcta de la gravedad?

- La detección directa de estas ondas mediante las minúsculas distorsiones del espacio-tiempo, que se producen cuando llegan a la Tierra provenientes de fuentes astrofísicas lejanas, constituiría un importante hito científico y establecería el nuevo campo de la astronomía de ondas gravitacionales.
- Las OG marcarán el inicio de una nueva era en astronomía. La mayor parte de la astronomía en el pasado se ha basado en distintas formas de radiación electromagnética (luz visible, ondas de radio, rayos X, etc. pero las ondas electromagnéticas se reflejan y son absorbidas muy fácilmente por la materia existente entre la fuente y nosotros.
- Las OG transformarán la astronomía porque el universo es casi transparente a ellas: la materia y los campos gravitacionales ni absorben ni reflejan las OG de forma significativa.
- La astronomía de ondas gravitacionales ayudará a explorar algunas de las grandes cuestiones de la física: ¿Cómo se forman los agujeros negros? ¿Es la relatividad general la descripción correcta de la gravedad?

- La detección directa de estas ondas mediante las minúsculas distorsiones del espacio-tiempo, que se producen cuando llegan a la Tierra provenientes de fuentes astrofísicas lejanas, constituiría un importante hito científico y establecería el nuevo campo de la astronomía de ondas gravitacionales.
- Las OG marcarán el inicio de una nueva era en astronomía. La mayor parte de la astronomía en el pasado se ha basado en distintas formas de radiación electromagnética (luz visible, ondas de radio, rayos X, etc. pero las ondas electromagnéticas se reflejan y son absorbidas muy fácilmente por la materia existente entre la fuente y nosotros.
- Las OG transformarán la astronomía porque el universo es casi transparente a ellas: la materia y los campos gravitacionales ni absorben ni reflejan las OG de forma significativa.
- La astronomía de ondas gravitacionales ayudará a explorar algunas de las grandes cuestiones de la física: ¿Cómo se forman los agujeros negros? ¿Es la relatividad general la descripción correcta de la gravedad?

- La detección directa de estas ondas mediante las minúsculas distorsiones del espacio-tiempo, que se producen cuando llegan a la Tierra provenientes de fuentes astrofísicas lejanas, constituiría un importante hito científico y establecería el nuevo campo de la astronomía de ondas gravitacionales.
- Las OG marcarán el inicio de una nueva era en astronomía. La mayor parte de la astronomía en el pasado se ha basado en distintas formas de radiación electromagnética (luz visible, ondas de radio, rayos X, etc. pero las ondas electromagnéticas se reflejan y son absorbidas muy fácilmente por la materia existente entre la fuente y nosotros.
- Las OG transformarán la astronomía porque el universo es casi transparente a ellas: la materia y los campos gravitacionales ni absorben ni reflejan las OG de forma significativa.
- La astronomía de ondas gravitacionales ayudará a explorar algunas de las grandes cuestiones de la física: ¿Cómo se forman los agujeros negros? ¿Es la relatividad general la descripción correcta de la gravedad?

¡Muchas Gracias!