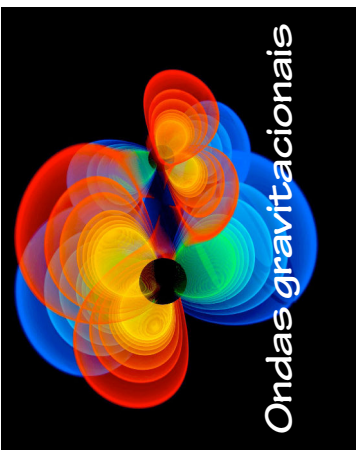


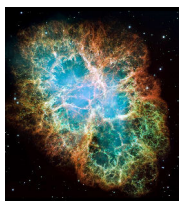
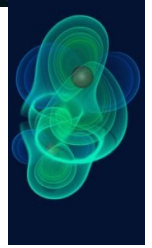
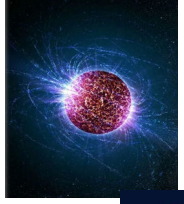


Laura Bernard e
Alexandre Le Tiec
Observatório de Paris



O Universo no meu bolso

Resposta no verso



Qual destes
objetos não emite
ondas
gravitacionais?



Quiz

Detectores atuais

Os detectores de ondas gravitacionais existentes baseiam-se no princípio da **interferometria óptica**: eles medem pequenas variações no comprimento sobrepondo a luz do laser sobre si mesma.

Eles consistem em dois braços perpendiculares, cada um com cerca de um quilómetro de comprimento, através dos quais a luz viaja. Quando uma onda gravitacional passa por eles, a diferença de comprimento entre os dois braços varia ligeiramente. Essa variação é da ordem de um milésimo do tamanho de um núcleo atômico, ou 0,0000000000000001 metros. Quatro detectores estão em operação:

- Os dois instrumentos **LIGO** nos Estados Unidos (em Livingston e Hanford);
- O observatório Franco-italiano **Virgo**, próximo a Pisa, na Itália;
- O detector **KAGRA** no Japão.



O detector Virgo em Cascina, próximo a Pisa (Itália).



O detector LIGO em Livingston (Louisiana, EUA).

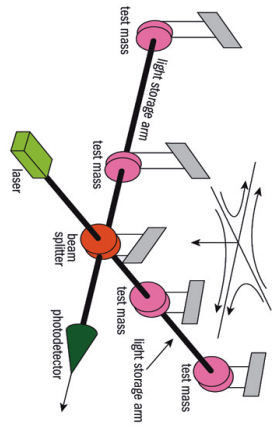
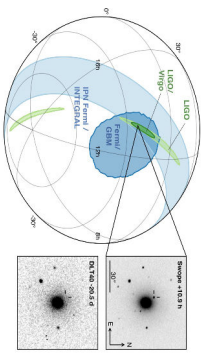


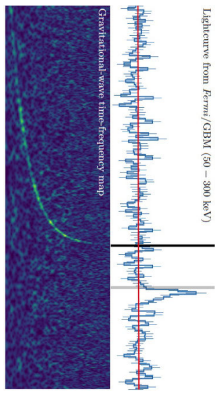
Diagrama operacional de um interferómetro detector de ondas gravitacionais.

Astronomia multimensageira

Em agosto de 2017, a coalescência de duas estrelas de nêutrons foi observada pela primeira vez. Quase simultaneamente, o **LIGO** e o **Virgo** mediram o sinal de onda gravitacional emitido enquanto os dois corpos compactos giravam em espiral, e o satélite **FERMI** detectou a explosão de raios gama (veja o TUIMP nº 9) resultante de sua fusão. Nos dias seguintes, vários telescópios observaram várias contrapartidas eletromagnéticas (visível, infravermelho, rádio, etc.) desse evento. Essa observação histórica inaugurou o que é conhecido como astronomia **multimensageira**, com a detecção não apenas de ondas eletromagnéticas, mas também de ondas gravitacionais e partículas de alta energia. Ela levou a várias descobertas, confirmando a propagação de ondas gravitacionais na velocidade da luz, a suspeita da ligação entre explosões curtas de raios gama e a coalescência de estrelas de nêutrons e o mecanismo de síntese do ouro.



O sinal de raios gama observado pelo FERMI e a posição da fonte prevista pelo LIGO-Virgo (em verde) [Créditos: LIGO-Virgo, FERMI].

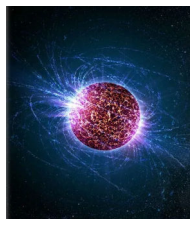


Sinal da fusão de duas estrelas de nêutrons: em cima, raios gama; embaixo, o aumento na frequência da onda gravitacional [Créditos: LIGO-Virgo, FERMI].

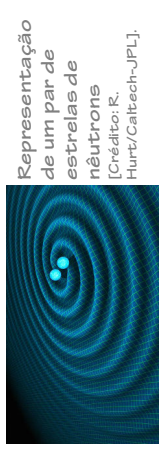
Visão artística de uma supernova Tipo Ia [Crédito: ESO].



Visão artística de uma estrela de nêutrons isolada [Crédito: NASA]



Representação artística de um par de estrelas anãs brancas [Crédito: ESO].



Representação de um par de estrelas de nêutrons [Crédito: R. Hurt/Calttech-JPL].

Fontes locais

As principais fontes de ondas gravitacionais são estrelas massivas e compactas (veja o TUIMP No. 9), como buracos negros, estrelas de nêutrons e anãs brancas, individualmente ou em pares. As seguintes fontes localizadas podem ser distinguidas:

- **Sistemas binários de objetos compactos**, como buracos negros em espiral e em fusão ou estrelas de nêutrons, tanto galácticos quanto extragalácticos;
- **Estrelas anãs brancas binárias** na Via Láctea;
- **Estrelas de nêutrons isoladas**, ligeiramente assimétricas e em rotação na vizinhança galáctica;
- **Explosão de estrelas massivas** (supernovas) na nossa galáxia, levando à formação de estrelas de nêutrons ou buracos negros.

