

# NAUTILUS LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI

Il rivelatore di onde gravitazionali **Nautilus** è stato attivo dal 1995 al 2017 presso i Laboratori Nazionali di Frascati e ha fatto parte di una rete di "sentinelle gravitazionali" che includeva Explorer (Cern, Ginevra), Allegro (Louisiana State University, USA) e Auriga (Infn, Legnaro)

## ANTENNA IN ASCOLTO DEL COSMO

**Nautilus** (Nuova Antenna a Ultra bassa Temperatura per esplorare In Lontano Universo le Supernovae) è un'antenna costituita da un cilindro di alluminio lungo 3 m, diametro di 0.6 m e pesante 2300 kg che funzionava come un diapason messo in vibrazione dal passaggio di un'onda gravitazionale. La vibrazione era convertita in un segnale magnetico registrato grazie a misuratori di variazione di campo magnetico. L'esplosione di una supernova nella nostra galassia, avrebbe messo in vibrazione il cilindro con un'ampiezza dell'ordine di un milionesimo di un milionesimo di metro. Per apprezzare queste piccolissime vibrazioni era necessario ridurre tutte le sorgenti di rumore (anche il semplice calpestio) con speciali attenuatori. Inoltre, per ridurre le vibrazioni termiche, la temperatura di lavoro di Nautilus era tra  $-273,05^{\circ}\text{C}$  e  $-271,15^{\circ}\text{C}$ , molto vicina allo zero assoluto.



L'antenna gravitazionale Nautilus, in alto un particolare della barra cilindrica. A destra il rivelatore durante il trasporto



## LIGO e VIRGO

Gli eredi di Nautilus sono gli interferometri **Virgo** a Pisa e **Ligo** negli Stati Uniti. Le onde gravitazionali sono state rivelate nel settembre 2015 e sono state prodotte nell'ultima frazione di secondo del processo di fusione di due buchi neri, di massa equivalente a circa **29 e 36 masse solari**. Le altre osservazioni sono datate dicembre 2015 e gennaio 2017 e, anche in questi casi, le onde gravitazionali sono state prodotte dalla violenta collisione di coppie di buchi neri.



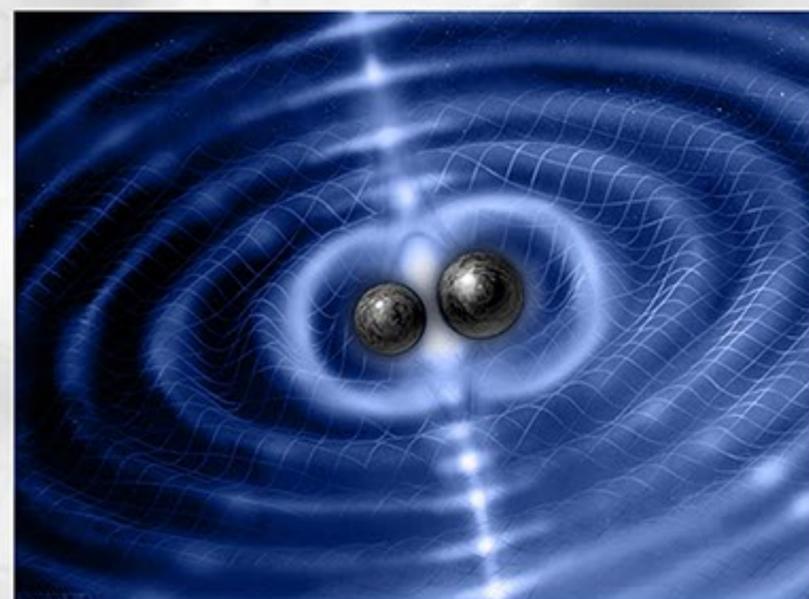
Vista aerea di Virgo, European Gravitational Observatory a Cascina (Pisa)

## LE ONDE GRAVITAZIONALI

Quando una massa si muove di moto accelerato genera oscillazioni dello spazio-tempo (onde gravitazionali) che si propagano alla velocità della luce. Qualunque massa in movimento genera onde gravitazionali, ma il segnale emesso è talmente debole che è necessario avere come sorgenti grandi masse in movimento come **i buchi neri o eventi catastrofici, come l'esplosione di supernovae**.

### Perché studiamo le onde gravitazionali

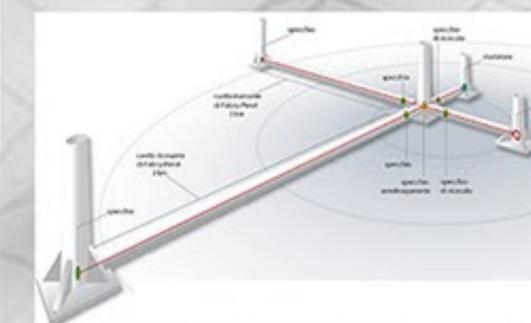
Fino ad oggi abbiamo studiato l'Universo captando tante radiazioni diverse (luce visibile, luce infrarossa e ultravioletta, microonde, raggi X e gamma) ma tutte di origine elettromagnetica, dunque dovute alle cariche elettriche presenti nella materia dei corpi celesti. Le onde gravitazionali sono invece dovute alla massa, una proprietà del tutto diversa e indipendente dalla carica elettrica. È lecito aspettarsi che ci portino informazioni del tutto nuove e sorprendenti ad esempio sulla **materia oscura** e sul **Big Bang**.



Rappresentazione della collisione tra due buchi neri nello spazio-tempo



Braccio interno di Virgo



Schema dell'interferometro

### Come si rivelano

La rivelazione delle onde gravitazionali si basa sulla misura della deformazione che il loro passaggio induce tra le parti di uno stesso corpo esteso (rivelatore risonante come Nautilus), oppure sulla variazione della distanza tra due corpi indipendenti (rivelatore interferometrico come Ligo e Virgo). In entrambi i casi le variazioni indotte dall'onda sono **inferiori alle dimensioni di un atomo**.