

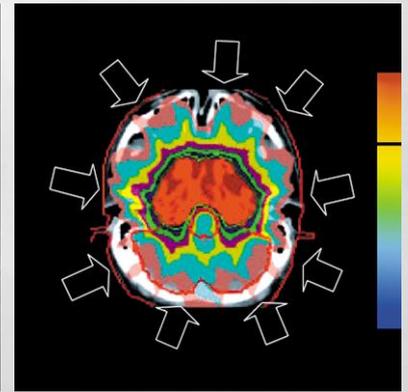
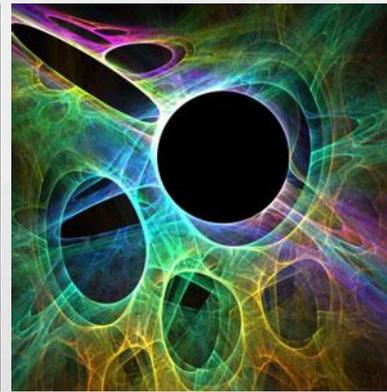
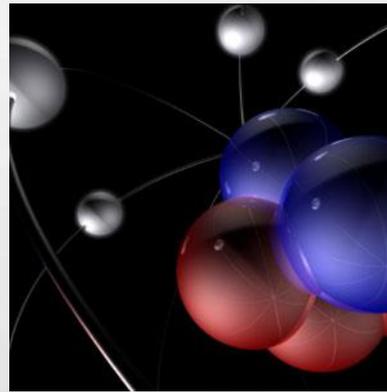
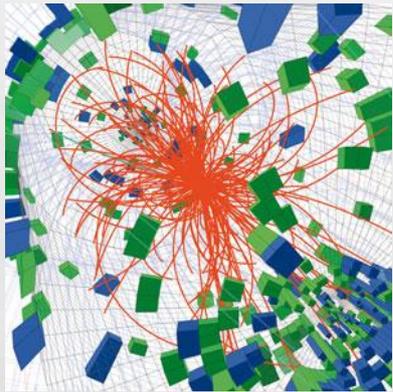
L'ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

**ENRICO FRAGIACOMO
INFN - TRIESTE**



COS'E' E DI COSA SI OCCUPA

L'INFN È L'ENTE PUBBLICO NAZIONALE DI RICERCA, VIGILATO DAL MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA (MIUR), DEDICATO ALLO STUDIO DEI COSTITUENTI FONDAMENTALI DELLA MATERIA E DELLE LEGGI CHE LI GOVERNANO.



**FISICA
SUBNUCLEARE**

**FISICA
ASTROPARTICELLARE**

**FISICA
NUCLEARE**

**FISICA
TEORICA**

**Ric. TECNOLOGICA E
INTERDISCIPLINARE**

L'INFN IN ITALIA



- **QUATTRO LABORATORI NAZIONALI** ■

LNS (CATANIA),
LNF (FRASCATI),
LNL (LEGNARO),
LNGS (GRAN SASSO)

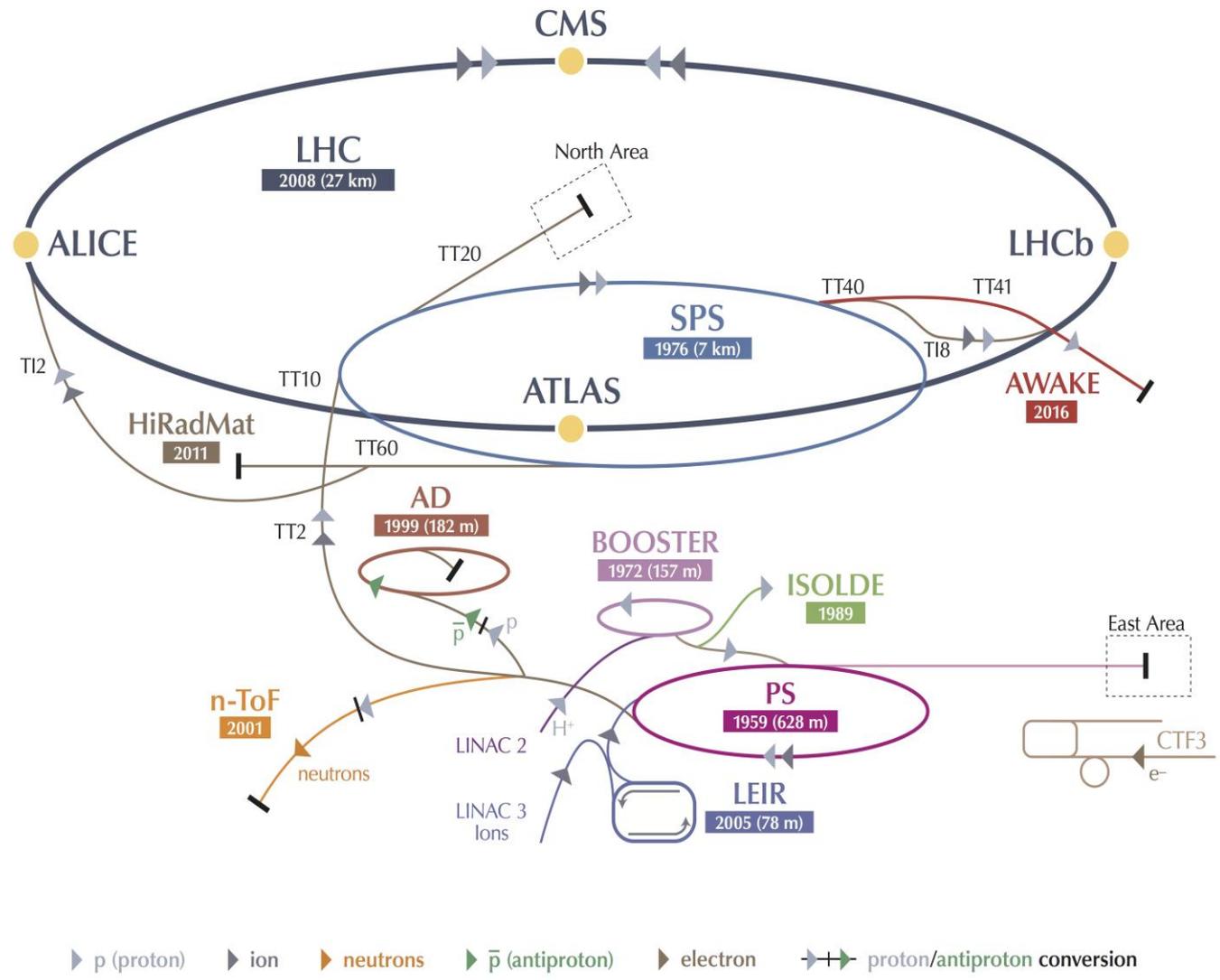
- **20 SEZIONI** ■
- **6 GRUPPI COLLEGATI** ■

- **INOLTRE:**

CNAF (BOLOGNA) ■
TIFPA (TRENTO),
GGI, (FIRENZE),
CONSORZIO **EGO** (PISA) ■

PARTNER INTERNAZIONALI



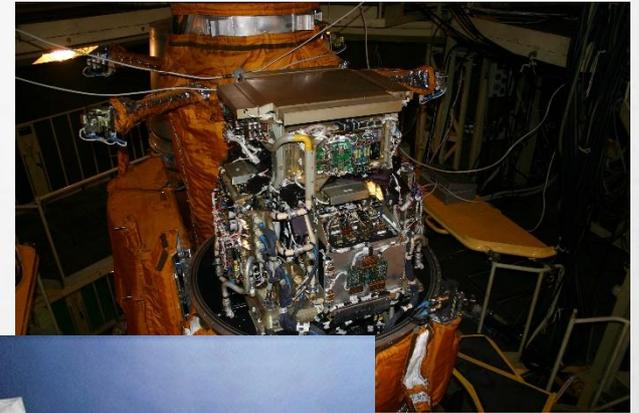
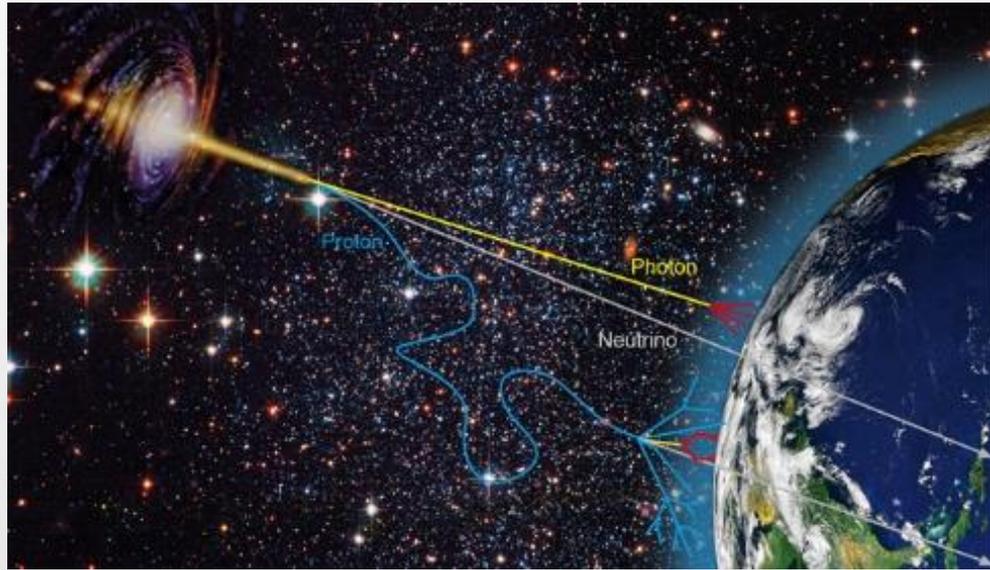


LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron

AD Antiproton Decelerator CTF3 Clic Test Facility AWAKE Advanced WAKEfield Experiment ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice

LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINEar ACcelerator n-ToF Neutrons Time Of Flight HiRadMat High-Radiation to Materials

RAGGI COSMICI



LIGO'S GRAVITATIONAL-WAVE DETECTIONS

[GW150914]

DISCOVERED:

14.09.2015

1.3 BILLION
LIGHT-YEARS
AWAY

62 SOLAR
MASSES

366 KILOMETRES IN
DIAMETER

[GW151226]

DISCOVERED:

26.12.2015

1.4 BILLION
LIGHT-YEARS
AWAY

21 SOLAR
MASSES

124 KILOMETRES IN
DIAMETER

[GW170104]

DISCOVERED:

04.01.2017

3 BILLION
LIGHT-YEARS
AWAY

49 SOLAR
MASSES

289 KILOMETRES IN
DIAMETER

1 BILLION
LIGHT YEARS

2 BILLION
LIGHT YEARS

3 BILLION
LIGHT YEARS

4 BILLION
LIGHT YEARS

DID YOU KNOW ?

THE SOLAR MASS IS
A STANDARD UNIT OF MASS

IN ASTRONOMY

IT IS EQUAL TO
THE MASS OF THE SUN
EQUAL TO APPROXIMATELY

1.99×10^{30} KG

YOU ARE
HERE



Laser Interferometer
Gravitational-Wave Observatory
Supported by the National Science Foundation
Operated by Caltech and MIT

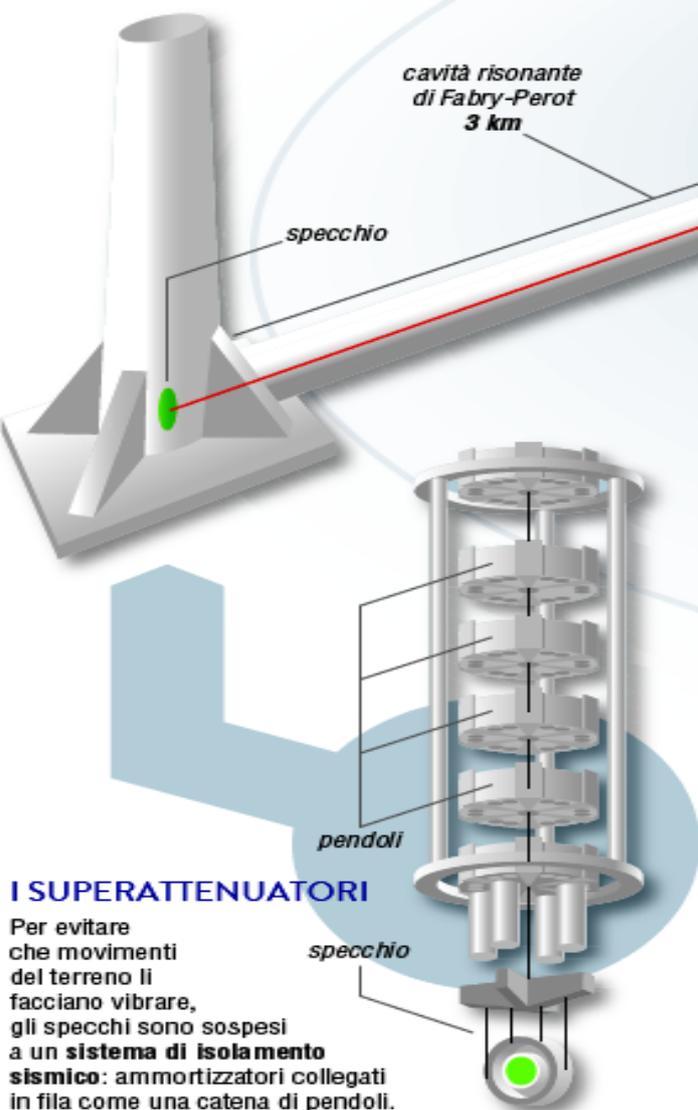


ARC Centre of Excellence for Gravitational Wave Discovery

È l'interferometro per onde gravitazionali realizzato in Italia, a Cascina (Pisa), dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare italiano (INFN), e dal Centre National de la Recherche Scientifique francese (CNRS), cui partecipano anche Nikhef (Olanda), POLGRAW, Polish Academy of Science (Polonia) e Wigner Institute (Ungheria). Lo European Gravitational Observatory (EGO) è responsabile del funzionamento e della gestione di VIRGO. La collaborazione scientifica VIRGO conta **circa 250 fisici, ingegneri e tecnici di 19 laboratori europei.**

COM'È FATTO

VIRGO è un interferometro laser di tipo Michelson con due bracci perpendicolari ciascuno lungo 3 km, all'interno dei quali corrono due fasci di luce laser.



cavità risonante di Fabry-Perot 3 km

CAVITÀ RISONANTI DI FABRY-PEROT

Formate da due specchi, servono a estendere la lunghezza del percorso del laser, grazie a riflessioni multiple della luce. Ciò serve ad amplificare l'effetto del passaggio dell'onda gravitazionale. Per sfruttare al meglio questo metodo di intrappolamento della luce nella cavità ottica, le irregolarità della superficie degli specchi sono ridotte a frazioni di nanometro.

SPECCHIO SEMITRASPARRENTE

Divide il fascio laser incidente in due componenti uguali che vengono inviate all'interno dei due bracci dell'interferometro.

I TUBI ALL'INTERNO DEI BRACCI

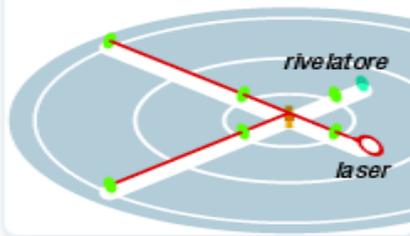
Poiché la presenza di gas residuo perturberebbe la misura, la luce laser deve propagarsi in **ultra-alto-vuoto**, cioè in un ambiente a pressione di 10^{-12} atmosfere.

IL FASCIO DI LUCE LASER

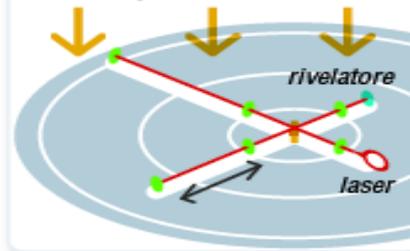
Il laser ad altissima stabilità emette luce infrarossa che viene divisa in due fasci luminosi inviati in ciascuno dei bracci dell'interferometro. La potenza luminosa immagazzinata nell'interferometro può raggiungere valori di centinaia di chilowatt contribuendo così ad aumentare la sensibilità dello strumento. Il calore assorbito dagli specchi, però, li deforma. Per gestire questi effetti è stato messo a punto un sofisticato sistema di compensazione termica.

COME FUNZIONA L'INTERFEROMETRO

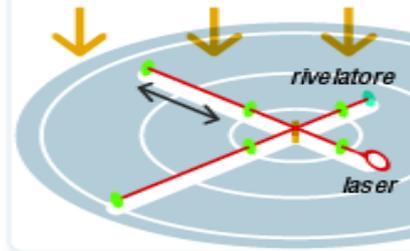
I due fasci di luce laser, provenienti dai bracci, vengono poi ricombinati (in opposizione di fase) in maniera che non arrivi luce nel rivelatore.



L'onda gravitazionale attraversa l'interferometro producendo un'infinitesima variazione (molto più piccola del diametro del nucleo di un atomo) nella lunghezza dei due bracci (uno si allunga e l'altro si accorcia).



La variazione induce uno sfasamento della luce che viene osservato dal rivelatore. Il segnale che il rivelatore misura è correlato all'ampiezza dell'onda gravitazionale.



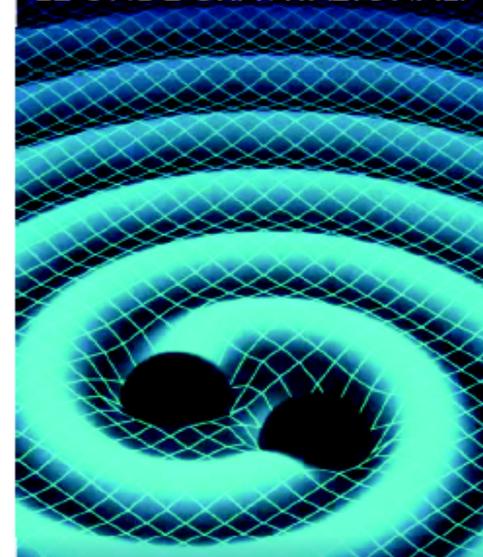
I SUPERATTENUATORI

Per evitare che movimenti del terreno li facciano vibrare, gli specchi sono sospesi a un sistema di isolamento sismico: ammortizzatori collegati in fila come una catena di pendoli.

Una collaborazione globale per osservare le onde gravitazionali



LE ONDE GRAVITAZIONALI



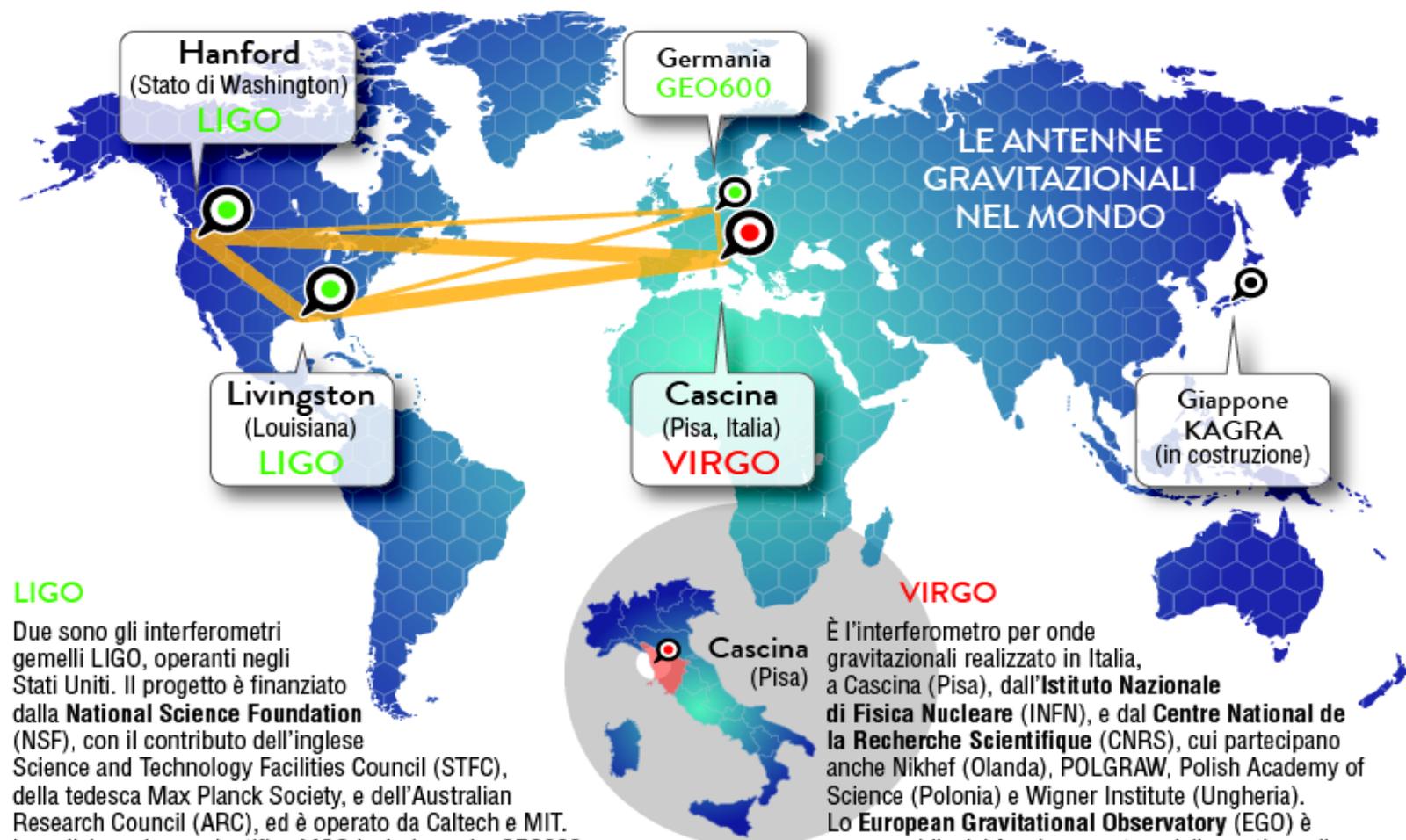
Supernovae, sistemi binari di stelle di neutroni o buchi neri che si fondono e, in generale, gli eventi astrofisici più violenti producono nel "tessuto" dello spaziotempo rapide vibrazioni, che si propagano alla velocità della luce: le onde gravitazionali, che da un secolo erano in attesa della verifica sperimentale diretta.

COME LE RIVELIAMO: GLI INTERFEROMETRI GRAVITAZIONALI

L'interazione gravitazionale è la più debole dell'universo: rivelare le onde gravitazionali è quindi un'impresa complessa. Per riuscirci, i fisici hanno progettato e realizzato speciali rivelatori: gli **interferometri gravitazionali**.

LA COLLABORAZIONE TRA GLI ESPERIMENTI

Avere più interferometri che lavorano contemporaneamente permette di risalire alla direzione di provenienza dell'onda gravitazionale e quindi di identificarne la sorgente. Anche per questo motivo **gli interferometri gravitazionali lavorano in rete e operano come se fossero un unico esperimento** distribuito in varie parti del pianeta. Tra LIGO e VIRGO c'è, infatti, un accordo che prevede la condivisione e lo scambio di soluzioni tecnologiche, il coordinamento nelle campagne di raccolta dati, la condivisione e l'analisi congiunta dei dati.



Advanced LIGO

La fase di miglioramento di LIGO, iniziata prima di VIRGO, si è conclusa nella primavera del 2015. La prima raccolta dati è iniziata a settembre dello stesso anno.

Advanced VIRGO

L'interferometro sta completando la fase di assemblaggio di nuovi componenti che ne miglioreranno la sensibilità e sarà in funzione nella seconda parte del 2016.

RICERCA TECNOLOGICA E INTERDISCIPLINARE

IMAGING E FISICA MEDICA

