

Lo studio delle onde gravitazionali

La forza di gravità è, fra tutte le forze, la prima per la quale è stata formulata una teoria. Ciò nonostante, ancora oggi molto della sua natura ci sfugge. Un tema di ricerca fondamentale riguarda l'esistenza delle onde gravitazionali, previste dalla teoria della relatività generale di Albert Einstein ma mai osservate direttamente. Le onde gravitazionali sono perturbazioni dello spazio, generate da corpi materiali in movimento accelerato. Esse sono analoghe alle onde elettromagnetiche emesse da una particella elettricamente carica in movimento accelerato. Nel caso delle onde gravitazionali si tratta però di perturbazioni estremamente deboli e per questa ragione è difficilissimo captarle: nella migliore delle ipotesi possiamo sperare di registrare quelle prodotte da fenomeni cosmici di estrema violenza, come un collasso stellare gravitazionale, l'interazione fra una stella e un buco nero, o ancora la fusione di due stelle appartenenti a un sistema binario.

L'Infn dispone degli strumenti in grado, nel loro insieme, di garantire la massima copertura al mondo dei segnali connessi con perturbazioni gravitazionali dello spazio. A Frascati e a Legnaro sono attive da molti anni le due barre ultra-criogeniche Nautilus e Auriga: si tratta di due rivelatori tenuti a una temperatura molto vicina allo zero assoluto (sono gli oggetti di grandi dimensioni più freddi nell'intero Universo). Le barre ultra-criogeniche, dette anche antenne risonanti, sono grandi cilindri di metallo, di oltre due tonnellate, delicatamente sospesi a un filo. Il cilindro di metallo agisce come una campana che viene 'suonata' dal passaggio dell'onda gravitazionale e quindi comincia a vibrare. Le vibrazioni sono poi 'ascoltate' da raffinatissimi sensori. Le barre sono tenute a bassissima temperatura: appena un decimo di grado al di sopra della minima temperatura possibile, pari a -273 °C (lo zero assoluto). A queste temperature le molecole che compongono i cilindri metallici sono quasi ferme, mentre a temperature più alte vibrerebbero naturalmente e sovrasterebbero il segnale dell'onda.

Il più innovativo strumento dedicato allo studio delle onde gravitazionali è l'interferometro Virgo, situato a Cascina, nei pressi di Pisa. Virgo è frutto di una

Virgo

Una ricercatrice mentre monta gli apparecchi di controllo su uno degli specchi di Virgo.

L'operazione deve essere eseguita in camera pulita da personale che indossa abiti adatti ad evitare che anche le minime particelle di polvere penetrino nell'apparecchiatura.

Il sistema di misura di Virgo si basa essenzialmente su un fascio laser che viene suddiviso da uno specchio "divisore di fascio" in due fasci identici perpendicolari tra loro, ognuno dei quali entra in una cavità ottica (cavità Fabry-Perot) composta da altri due specchi, uno vicino e il secondo posto a tre chilometri di distanza.

Gli specchi hanno la caratteristica di possedere una eccezionale levigatezza (la loro "rugosità" è inferiore allo spessore di pochi atomi).

Se un'onda gravitazionale investe le cavità ottiche, la distanza tra gli specchi varia e l'interferenza dei due fasci ne viene perturbata.

Dalla variazione dell'interferenza è quindi possibile rivelare il segnale prodotto da un'onda gravitazionale.

collaborazione fra l'Infn e il Cnrs francese ed è stato inaugurato ufficialmente il 23 luglio 2003, alla presenza dei Ministri della ricerca italiana e francese. Si tratta di un sistema estremamente sensibile in grado di rivelare minuscole variazioni della distanza, dovute al passaggio di onde gravitazionali, tra specchi sospesi al termine di due tunnel lunghi tre chilometri ciascuno. Apparecchiature meccaniche avanzate permettono un adeguato isolamento dall'ambiente esterno, assorbendo perturbazioni che potrebbero mascherare il passaggio dell'onda. L'interferometro Virgo è oggi completamente in funzione e giorno per giorno ne vengono migliorate sensibilità e stabilità.

Le raffinate ricerche nel campo delle onde gravitazionali continueranno nei prossimi anni anche nello Spazio, dove sarà possibile ampliare la sensibilità alle perturbazioni di tipo gravitazionale utilizzando interferometri caratterizzati da bracci di lunghezza di milioni di chilometri, ottenibili semplicemente ponendo gli specchi, a bordo di satelliti, a grandi distanze nel vuoto del Cosmo. L'Infn partecipa al progetto Lisa Pathfinder, missione Esa-Nasa prevista nel 2007, preparatoria della grande missione Interferometro Lisa, prevista nel 2012.

