

Le onde gravitazionali



NAUTILUS

CHE COSA SONO LE ONDE GRAVITAZIONALI?

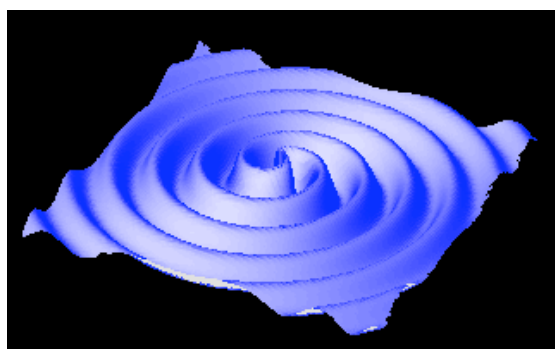
Perturbazioni del campo gravitazionale che si propagano alla velocità della luce, previste dalla **Teoria della Relatività Generale** formulata da **Albert Einstein**.

Einstein rivoluzionò i concetti di **spazio** e di **tempo** ipotizzando che uno stesso fenomeno, osservato da sistemi di riferimento diversi, potesse apparire diverso, al punto che anche il tempo potesse scorrere in modo diverso.

Al sistema di riferimento che descrive un fenomeno si deve quindi aggiungere, alle tre coordinate spaziali, una coordinata temporale passando da tre a quattro dimensioni (**spazio-tempo**).

La teoria della relatività generale, che descrive i fenomeni connessi con la gravitazione, prevede che la forma dello spazio-tempo dipenda dalla distribuzione della materia in esso presente: la massa di una stella incurva la trama dello spazio-tempo come se questo fosse un telo invisibile.

Quando tale distribuzione viene modificata, ad esempio perché una massa si sposta molto rapidamente, la forma dello spazio-tempo cambia di conseguenza. Questa variazione non è istantanea in tutto l'Universo ma si propaga, dal luogo dove ha avuto origine, alla velocità della luce. La propagazione della variazione della forma dello spazio-tempo prende il nome di onda gravitazionale e possiamo assimilarla all'increspatura sulla superficie di un lago dopo il lancio di un sasso.



QUALI SONO LE SORGENTI DI ONDE GRAVITAZIONALI?

Qualunque massa in movimento genera onde gravitazionali ma il segnale emesso è talmente debole che per avere la speranza di osservarlo è necessario avere come sorgenti grandi masse in movimento, come i buchi neri, o eventi catastrofici, come l'esplosione di supernove.

SI POSSONO RIVELARE LE ONDE GRAVITAZIONALI?

Le onde gravitazionali interagiscono debolmente con la materia. Per fare un esempio un'onda gravitazionale che attraversasse il Sole perderebbe soltanto una parte su 10^{16} della sua energia. La rivelazione di tali onde pone dunque problemi fisici e tecnologici d'eccezione.

A COSA SERVE RIVELARE LE ONDE GRAVITAZIONALI?

La loro rivelazione potrebbe essere una scoperta scientifica fondamentale per lo studio del nostro universo. E' grazie alla loro caratteristica di interagire debolmente con la materia che, viaggiando praticamente indisturbate nello spazio, attraversano qualunque corpo celeste si trovi lungo il loro cammino.

Ciò permette di poterle utilizzare come sonde per fare osservazioni di zone del nostro universo al momento nascoste dalle stelle o dalla materia interstellare, come ad esempio gli interni delle galassie, fornendone una radiografia.

Questa conoscenza permetterebbe di studiare la distribuzione di materia nell'universo e contribuirebbe agli studi sulla sua origine ed evoluzione. Si è infatti ipotizzato che negli istanti immediatamente successivi al Big Bang sia stata emessa una rilevante quantità di onde gravitazionali. La rivelazione di queste onde di origine cosmologica fornirebbe una fotografia dell'universo nei suoi primissimi momenti di vita.

La debolezza, unita alla bassa interazione con la materia, non ha consentito, finora, una rivelazione diretta delle onde gravitazionali.

COME SI RIVELANO LE ONDE GRAVITAZIONALI?

Le onde gravitazionali possono essere rivelate utilizzando **rivelatori risonanti** o interferometrici.

Un rivelatore risonante funziona come un'antenna: il passaggio dell'onda gravitazionale provoca una variazione nelle dimensioni del rivelatore nel piano perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda.

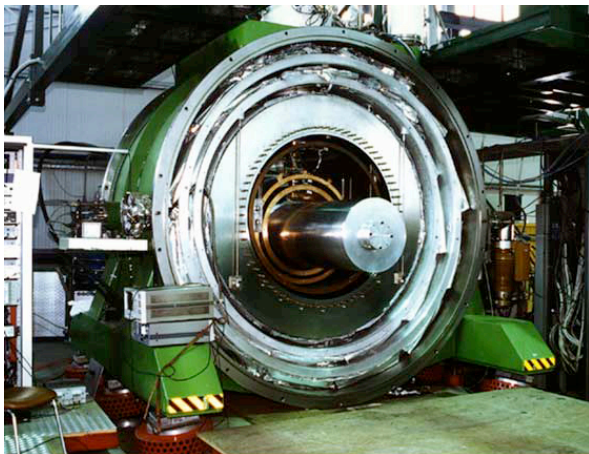
Un rivelatore interferometrico misura la variazione della distanza relativa fra due masse libere, indotta dal passaggio dell'onda nello spazio che le separa.

In entrambi i tipi di rivelatori le variazioni indotte dall'onda sono inferiori alle dimensioni di un atomo.

CHE COS'E' NAUTILUS?

E' il rivelatore di onde gravitazionali risonante ultracriogenico installato ai Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN dal 1992.

NAUTILUS fa parte di una rete internazionali di rivelatori che include ALLEGRO (Louisiana, USA), AURIGA (INFN, Legnaro), EXPLORER (CERN, Ginevra).



COME E' FATTO NAUTILUS?

NAUTILUS è una barra cilindrica di alluminio lunga 3 m con diametro di 0,6 m e del peso di 2770 Kg.

Il segnale da raccogliere è talmente debole che per poter essere rivelato è necessario eliminare tutti i disturbi, sia quelli dovuti alla stessa agitazione termica del materiale di cui è fatta l'antenna, sia tutti quelli provenienti dall'esterno (traffico, eventi microsismici, anche il semplice calpestio).

Per risolvere il primo problema l'antenna deve essere mantenuta ad una temperatura molto bassa. **NAUTILUS** può essere raffreddata fino a 0,1 gradi sopra zero assoluto ed in queste condizioni è l'oggetto di grandi dimensioni più freddo all'interno dell'Universo.

L'isolamento dell'antenna dalle perturbazioni esterne richiede poi l'uso di sospensioni e ammortizzatori di grande efficacia.

Sotto l'effetto dell'onda gravitazionale l'antenna entra in vibrazione. Le vibrazioni vengono convertite prima in un segnale elettrico e poi in uno magnetico che viene successivamente misurato da un dispositivo detto SQUID (Superconducting Quantum Interference Device). Misurando variazioni di lunghezza pari a 10^{-18} m, **NAUTILUS** è tra gli oggetti più sensibili finora mai costruiti.

ESISTONO LE ONDE GRAVITAZIONALI?

In diversi laboratori sparsi per il mondo si stanno eseguendo esperimenti sulla rivelazione di onde gravitazionali utilizzando sia antenne risonanti, sia interferometri. Nessuno di questi apparati è ancora riuscito ad individuare un segnale inequivocabilmente interpretabile come il passaggio di un'onda gravitazionale.

Effetti indiretti delle onde gravitazionali sono stati già osservati: per esempio la perdita di energia di un sistema binario di stelle che, ruotando molto rapidamente l'una attorno all'altra, irradiano nello spazio onde gravitazionali.

I successi della relatività generale in altri campi ci rendono fiduciosi del fatto che tali onde esistano.