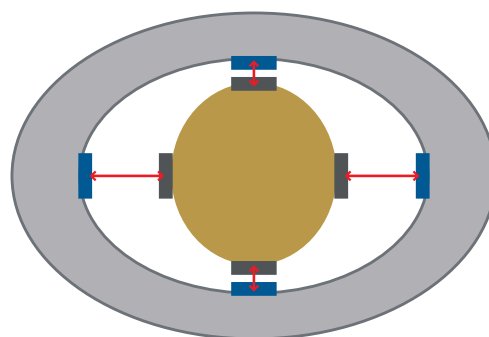
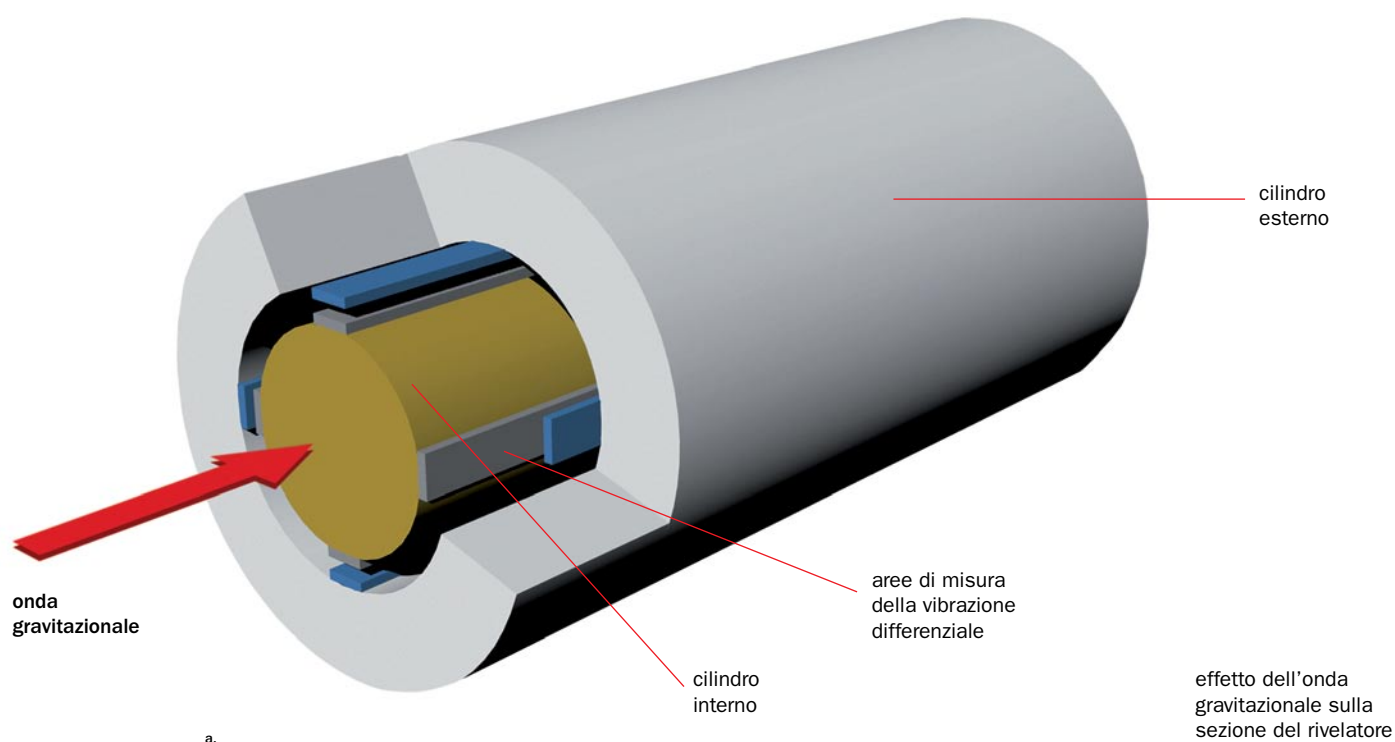


Canto a due voci

Dual, cilindri concentrici
che vibrano al passaggio dell'onda.

di Massimo Cerdonio Chiaromonte



Durante la loro vita, stelle di neutroni e buchi neri “stellari” vibrano violentemente, generando onde gravitazionali a frequenze del kHz e superiori. Rivelarle ci permetterebbe di sondare in modo diretto la dinamica di regimi estremi della materia che non sarebbero altrimenti osservabili. L'interesse per tali onde quindi è forte, ma la loro rivelazione si presenta più che mai difficile: al crescere della frequenza oltre il kHz, infatti, decrescono sia le ampiezze dei segnali attesi, sia le sensibilità dei grandi interferometri. Le barre, invece, sarebbero più sensibili, ma solo su una esigua banda di frequenze. Per migliorare le loro prestazioni, quindi, dovremmo “accorciare” un interferometro perché non perda sensibilità oltre il kHz, e rendere “a banda larga” una barra. Il rivelatore criogenico Dual, di cui è stato recentemente proposto il progetto, soddisfa ambedue queste richieste. Il principio di funzionamento di Dual si basa essenzialmente su due cilindri concentrici, che vibrano al passaggio di un'onda gravitazionale. Se i due cilindri hanno una dimensione dell'ordine del metro (che implica una massa di alcune tonnellate), quello esterno risuona a una frequenza di circa 1 kHz e quello interno a circa 5 kHz. Sollecitati da onde gravitazionali con una frequenza all'interno di questa banda, i due cilindri rispondono vibrando in controfase, poiché il primo è sollecitato sopra la sua frequenza di risonanza e il secondo sotto: in sostanza, quando quello esterno tende a dilatarsi, l'altro tende a comprimersi e viceversa. L'intercapedine tra i due cilindri così si deforma massimamente. Dalla misura di questa deformazione, possiamo risalire all'ampiezza dell'onda gravitazionale che ha attraversato Dual. Dobbiamo però essere in grado di selezionare, tra le vibrazioni, quelle compatibili con un'onda gravitazionale da quelle che possono essere prodotte da altre sollecitazioni.

I sensori (ottici o di altro tipo) disposti a croce sono in grado di farlo perché riescono a misurare la differenza di deformazione tra i due bracci della croce.

Per ogni sensore c'è però un prezzo da pagare, che ne stabilisce il limite. Esso consiste nel cosiddetto “rumore di ritorno” prodotto dalla “forza di ritorno” esercitata dallo stesso sensore. Se usiamo come sensori delle cavità ottiche “riempite” di luce, incastonate nell'intercapedine, i fotoni al loro interno esercitano una pressione sulle sue pareti. Poiché il numero dei fotoni non è costante nel tempo, la pressione che essi esercitano varia, modificando la deformazione dell'intercapedine. Questa fluttuazione determina appunto il rumore di ritorno, che “inquina” la misura. Il caso di Dual è però speciale: nella banda utile di frequenza, che ha come limiti le frequenze di risonanza dei due cilindri (1 kHz e 5 kHz), poiché essi rispondono in controfase alle sollecitazioni esterne, la deformazione dovuta ad una pressione nell'intercapedine è minima. In conclusione, per “effetto Dual”, nella banda utile il segnale è massimo e il rumore di ritorno è minimo. Usando come sensori di deformazione cavità ottiche di Fabry-Pérot “corte” (di circa 1 cm), ma estremamente riflettenti e con pochissime perdite di luce dovute ad assorbimento e diffusione (per conservare all'interno della cavità la luce necessaria alla misura il più a lungo possibile), la sensibilità di Dual si manterrebbe costante su tutta la larga banda utile e sarebbe migliore rispetto a quella degli interferometri, anche nella loro versione “avanzata”.

Al momento è in corso una intensa attività di ricerca e sviluppo da parte di gruppi dell'Infn rivolta a scegliere la configurazione ottimale di Dual (esso equivale a due interferometri messi a 45°), allo studio delle cavità ottiche, dei laser e del materiale adatto per i cilindri.

a.
Schema concettuale di un rivelatore Dual realizzato con cilindri concentrici.

b.
Deformazione indotta da un'onda gravitazionale diretta lungo l'asse.

Biografia

Massimo Cerdonio ha iniziato con Edoardo Amaldi circa 40 anni fa a sviluppare rivelatori di onde gravitazionali a barra criogenica risonante. Dal 1990

è responsabile nazionale Infn dell'esperimento Auriga. È responsabile nazionale Infn di Dual per la ricerca e lo sviluppo dell'esperimento.

Link sul web

www.dual.inl.infn.it/

<http://igec.inl.infn.it/>