

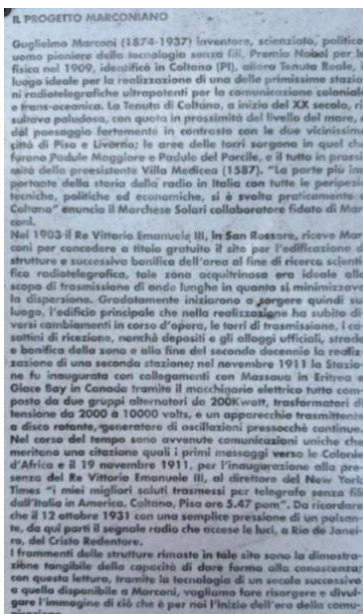


Virgo – Un viaggio verso le Onde Gravitazionali



Approfittando della “Prima uscita” della Sezione UAI di Astroturismo, un gruppo di 7 volenterosi AVDA ha deciso di parteciparvi...

Partenza con il pulmino, dotato fortunatamente di aria condizionata, ci siamo diretti dalle parti di Pisa, per la precisione verso Cascina (PI).



Una sosta per la visita alla stazione radiotelegrafica di Marconi, del 1911



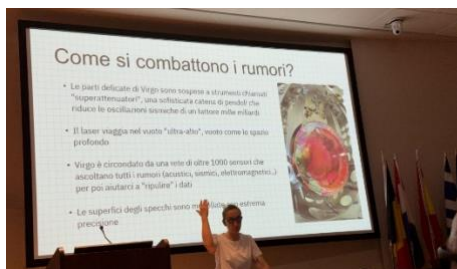
ed assaggiare delle “ottime” pappardelle al sugo di cinghiale...



Finalmente eccoci a “Virgo”:



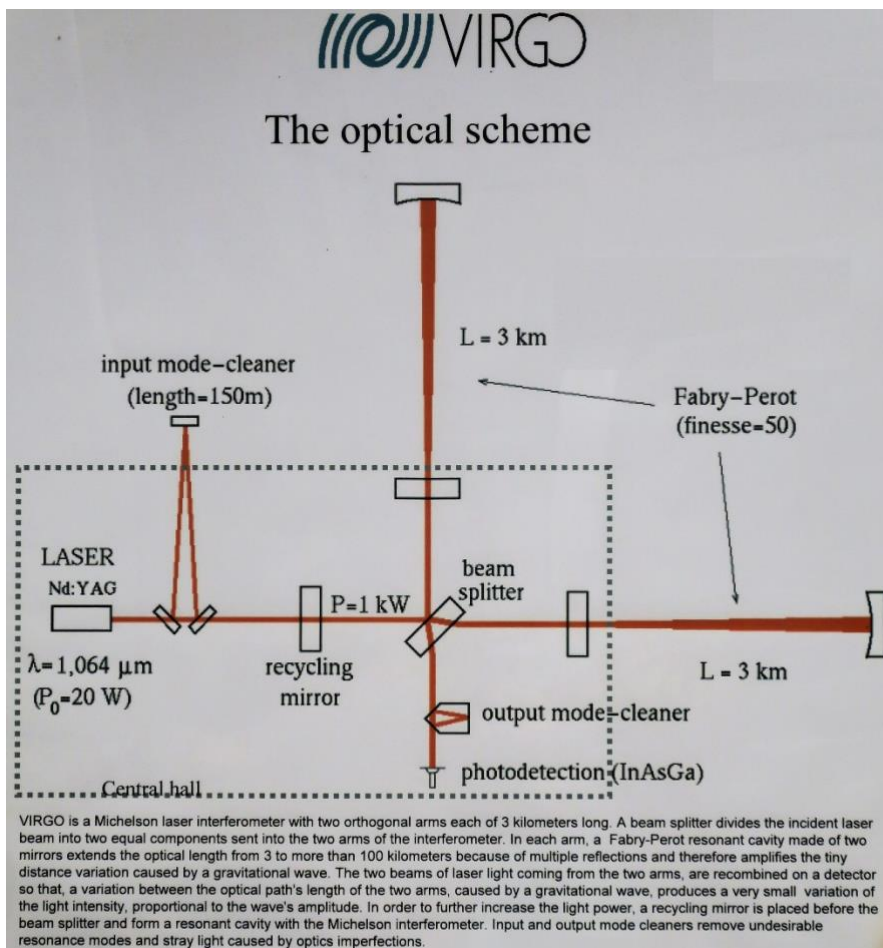
La visita prevede una conferenza iniziale, in cui sono spiegate le “Onde Gravitazionali”, la loro natura, come si cerca di rilevarle e, infine, le difficoltà tecniche per estrarle dal rumore...



La visualizzazione della struttura di Virgo sul plastico, rappresenta una sorpresa:

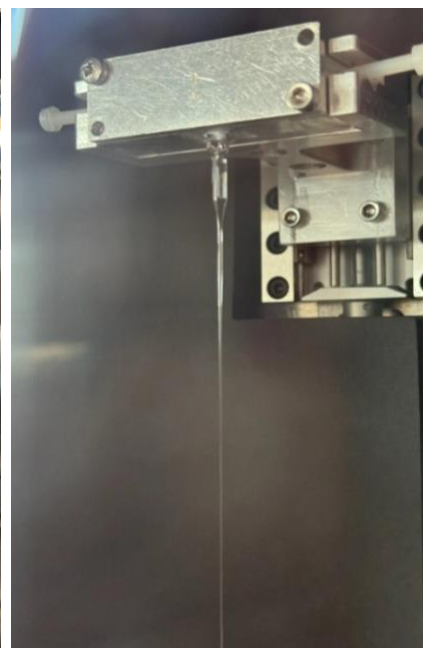


Due bracci ortogonali di 3 km ciascuno, al cui interno vi sono 4 specchi lavorati con altissima precisione, dal costo di 1 milione di € ognuno...

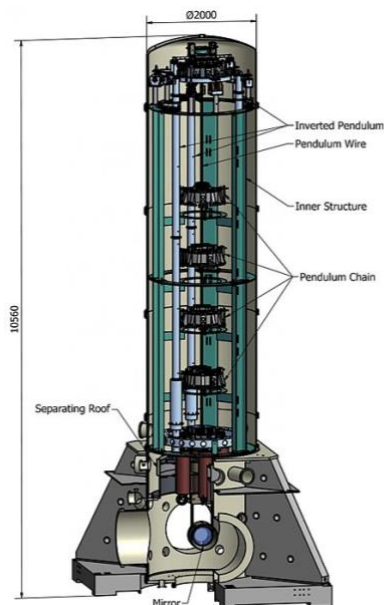


Ogni specchio, dal peso di circa 35 kg, è oggi sostenuto da sottili fili di silice (fabbricati in loco).

L'uso della silice permette di attenuare il rumore dovuto alla loro oscillazione, rumore che era presente nella prima fase di partenza di Virgo, in cui erano sostenuti da fili di acciaio.



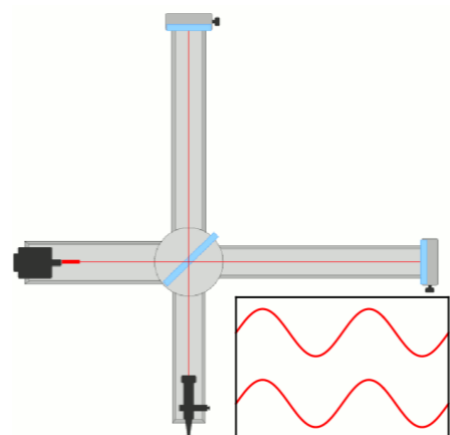
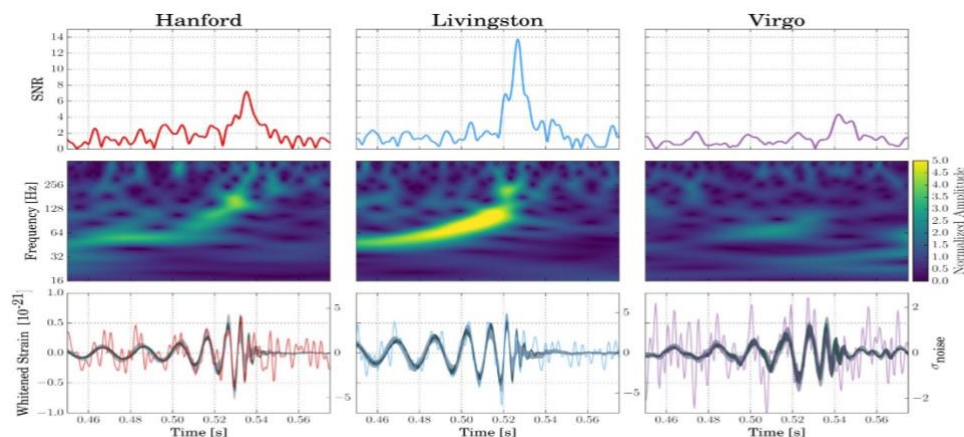
Ogni specchio è a sua volta sostenuto in vuoto da un superattenuatore, che attenua le vibrazioni sismiche. Il superattenuatore consiste di una catena di pendoli sospesi da una piattaforma superiore e supportata da tre gambe ancorate al suolo, che formano un pendolo invertito.



Le vibrazioni sopra i 10 Hz sono ridotte di un fattore superiore a 10^{12} , **(il rumore sismico è abbattuto di almeno un milione di miliardi di volte)** e la posizione dello specchio è costantemente tenuta sotto controllo...

La lunghezza dei bracci è controllata in modo tale che al rivelatore i due fasci laser infrarossi arrivino sfasati di 90° : quindi, in assenza di segnale, il rivelatore registrerà un valore pari a zero.

Al passaggio di un'onda gravitazionale, i due bracci variano la loro lunghezza ed il rivelatore segnalerà che le onde non risultano più sfasate, ma verrà registrato un segnale:

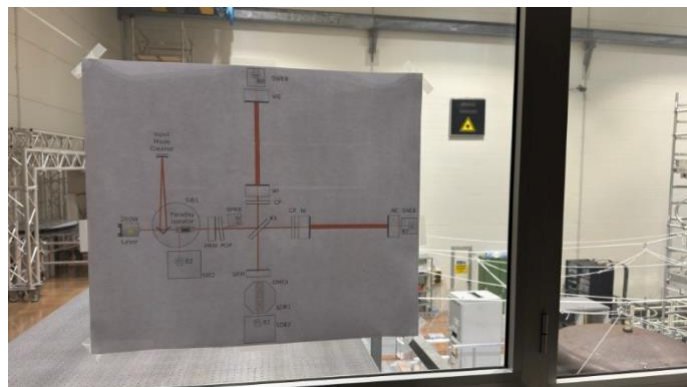




Braccio Nord, con un particolare del punto di giunzione



Braccio Ovest (a destra), con la “mode cleaner cavity” (a sinistra)



Sala di divisione del fascio laser



Sala Acquisizione dati

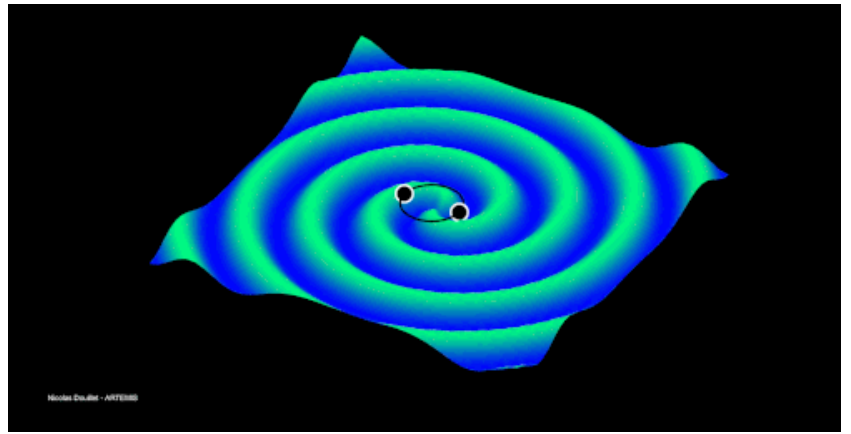


Einstein stesso, quando dedusse dalle sue “Equazione di Campo”:

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

l’esistenza delle Onde Gravitazionali (*quali deformazioni dello Spazio-Tempo*), ritenne che non sarebbe stato possibile rilevarle.

Calcoli alla mano, la deformazione dello spazio risulta essere dell’ordine di **10^{-21}m** (*1 millesimo del diametro di un protone*)



Potete quindi immaginare i controlli che sono attualmente effettuati su tutte le parti ottiche ed elettroniche dell’interferometro, al fine di garantire che i segnali rilevati non provengano da interferenze esterne (*terremoti, passaggi di camion, maree, etc...*), ma siano effettivamente dovuti al passaggio delle onde gravitazionali:



Alcuni dei monitor di controllo nella “Controll Room”



Le Onde Gravitazionali viaggiano alla velocità della luce, ed un singolo rivelatore individua il segnale, ma non ne può indicare la provenienza.

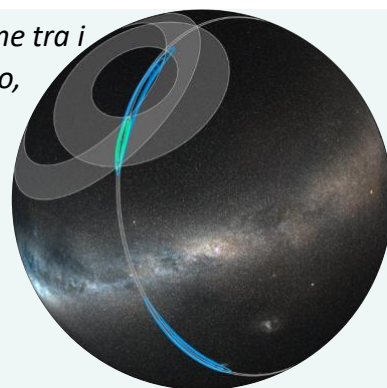
Per poter individuare l'origine di un segnale Gravitazionale è pertanto necessario effettuare una triangolazione, utilizzando più rivelatori (idealmente tre o più) che registrano il segnale.

Il principio si basa sulla differenza dei tempi di arrivo del segnale tra i vari rivelatori: in sintesi, la differenza nel tempo di arrivo del segnale tra i vari osservatori permette di "mappare" la provenienza nel cielo, come avviene per la localizzazione del suono con le nostre orecchie.

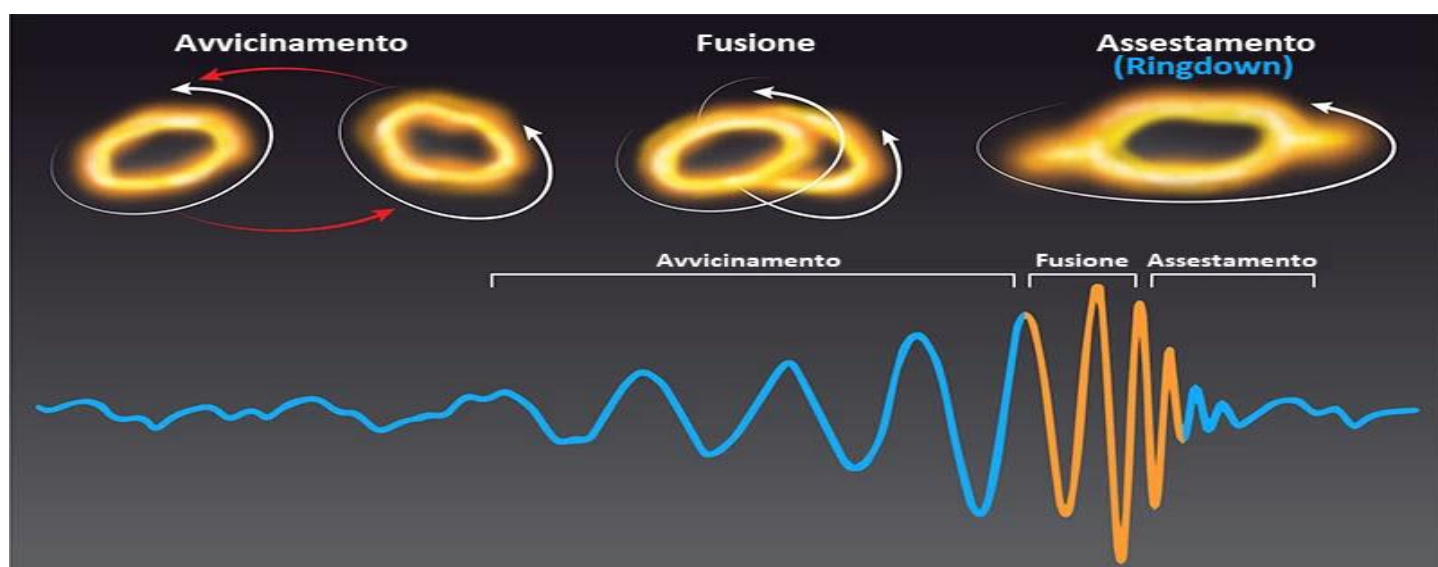
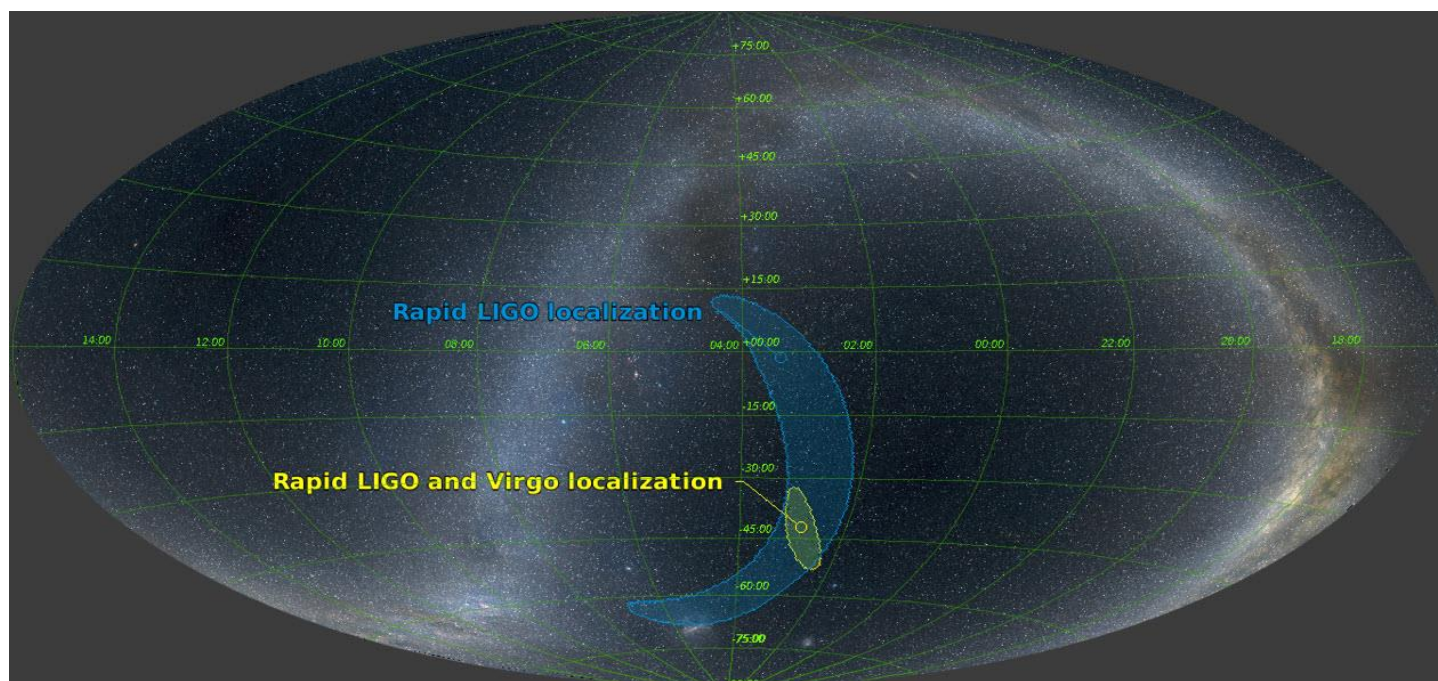
Calcolo della Direzione: analizzando i piccolissimi ritardi nel tempo di arrivo, i computer calcolano l'angolo da cui l'onda è arrivata;

2. **Triangolazione:** più rivelatori registrano, più precisa è la triangolazione, che restringe l'area del cielo da cui proviene l'evento;
3. **Rete Globale:** lavorando insieme (rete che include anche altri rilevatori come KAGRA), LIGO e Virgo formano una rete globale che migliora notevolmente la capacità di identificare la direzione precisa della sorgente, aprendo una nuova finestra sull'Universo.

Sistema di triangolazione tra i rilevatori di LIGO e Virgo, che permette di circoscrivere la regione di Spazio da cui provengono le onde gravitazionali (in verde).



Crediti: LIGO/Virgo/NASA/Leo Singer

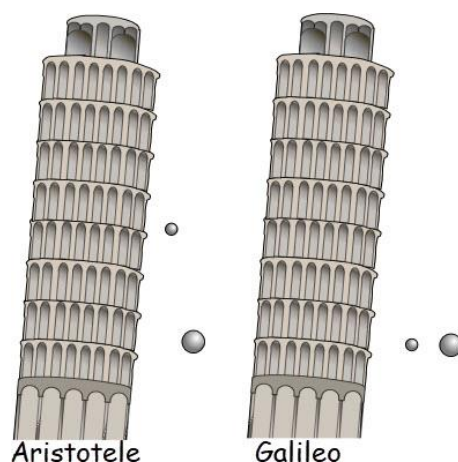
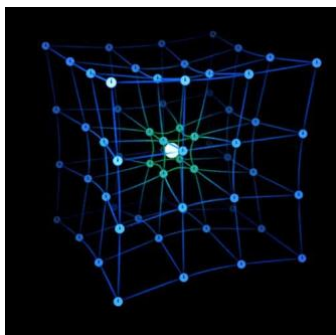


Alla fine della giornata, dopo circa 3.5 ore di visita, trascorse in un lampo, non poteva mancare una “veloce” passeggiata alla “Piazza dei Miracoli”:



Da chimico (anche se ora in pensione), ed amante della fisica, non ho potuto non notare la singolare vicinanza tra la Torre, in cui secondo la tradizione (*forse con un esperimento mentale*), Galileo sconfessò Aristotele, ed il rivelatore Virgo.

Galileo dimostrò infatti che due corpi di masse diverse, cadono in tempi uguali, mentre Aristotele sosteneva che i corpi più pesanti cadevano prima.



Il rivelatore Virgo (assieme ai due LIGO negli USA), rivelando decine di segnali all'anno dovuti alle onde gravitazionali, conferma continuamente l'intuizione di Albert Einstein del 1916: intuizione secondo cui la Gravità cessa di essere un “Forza” ma diventa una curvatura geometrica dello “Spazio-Tempo”.

Tra il 10/04/2024 al 28/01/2025 sono state osservati 390 eventi di Onde Gravitazionali: chissà cosa ci riserverà il futuro...

