

VIRGO ed i suoi sviluppi futuri

Carlo Nicola Colacino

Dipartimento di Fisica "Enrico Fermi" & INFN Pisa

LIII Congresso SAIt, Pisa, 07/05/2009

VIRGO: situazione attuale



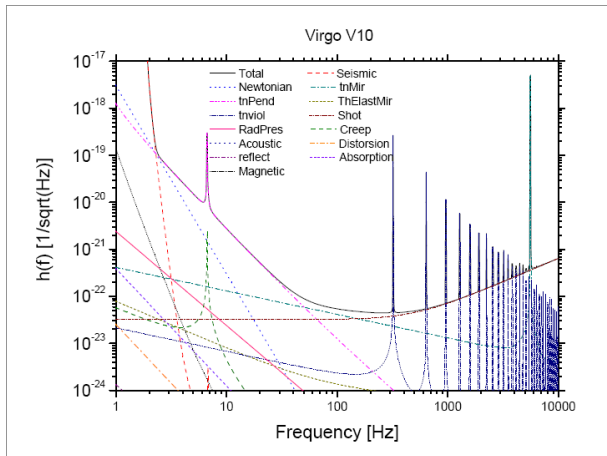
- Raggiunta una sensibilità che permette di fare scienza
 - $h \sim 10^{-22} \sqrt{s}$ @ 100Hz
- Manutenzione ed installazione di nuovi componenti
- Interferometro in “Astro-Watch” mode

La collaborazione VIRGO

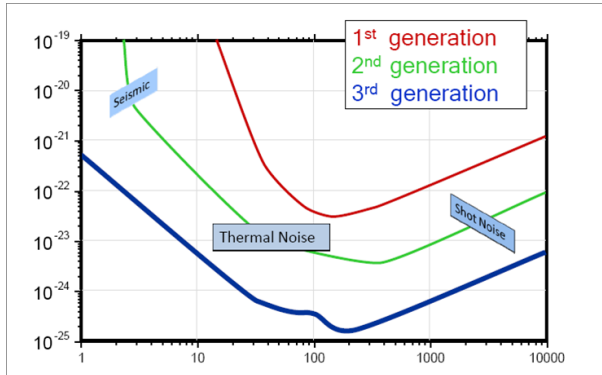
VIRGO è una collaborazione che comprende differenti gruppi:

- 8 Università italiane e relative sezioni INFN (Pi, Fi/Urbino, RM1, RM2/Frascati, Tn/Pd, PG, Ge, Na)
- 5 Gruppi francesi: LAPP Annecy, LMA Lione, OCA Nizza, LAL Orsay e APC Parigi
- University of Birmingham
- Nikhef, Amsterdam
- Polgrav, Varsavia
- RMKI/KFKI Budapest

Rumore per VIRGO



Ci sono rumori diversi in regioni di frequenza diverse.

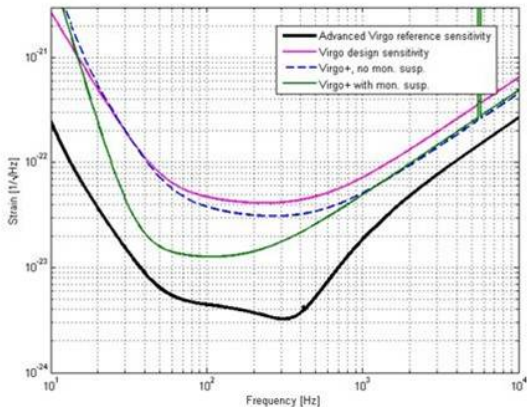


- La sensibilità alle basse frequenze è dominata dal rumore sismico
- Alle frequenze intermedie domina il **rumore termico**
- Oltre 1 kHz domina il rumore quantistico (“shot noise”)

VIRGO +

- Laser nuovo
- Sistema di compensazione termica degli specchi
- Migliore sistema di controllo ed upgrade dell' elettronica
- Presa dati in coincidenza con “enhanced LIGO” (agosto 2009)
- Sospensioni monolitiche da installare durante la presa-dati

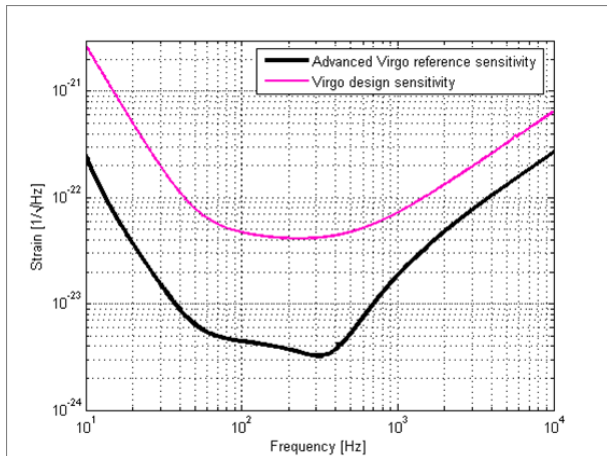
Rumore di VIRGO+



Questo il guadagno di VIRGO+ rispetto a VIRGO

Advanced VIRGO

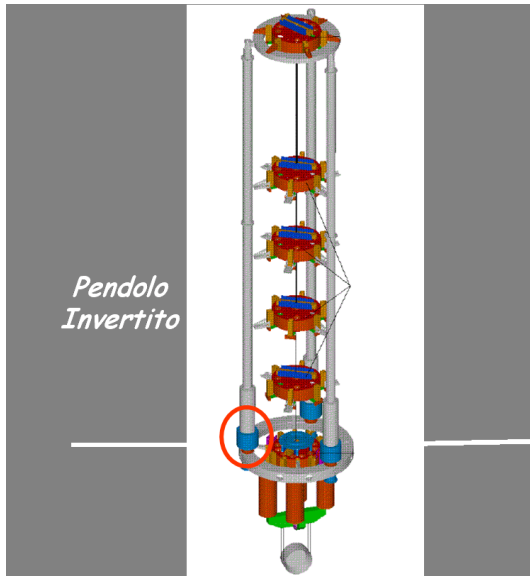
- Sensibilità 10 volte migliore rispetto a VIRGO
 - Possibilità di osservare le coalescenze di NS/NS fino a 300 Mpc
- Presa dati congiunta con Advanced LIGO 2014



Rumore sismico e superattenuatori

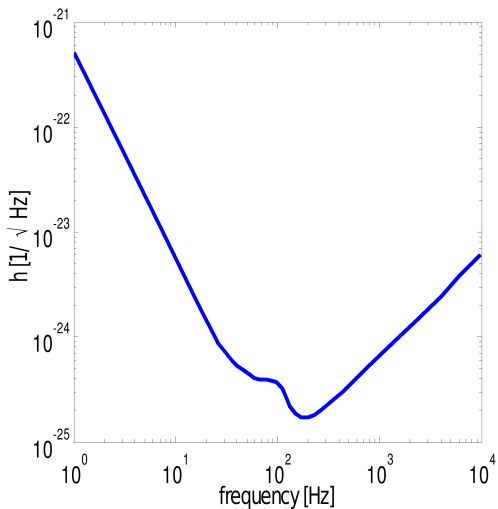
- I superattenuatori ridurranno il rumore sismico per Advanced Virgo.
- AdV avrà pendoli lunghi a 7 stadi e molle soffici
- Accelerometri e tiltometri studieranno il moto delle torri e lo controbilanceranno.

Il pendolo invertito



Rumore termico

Il rumore termico limita la sensibilità di VIRGO tra 50 e 1000 Hz



Origine del rumore termico

Il rumore termico è la somma di tanti contributi:

- Rumore browniano
 - Massa
 - Coating
 - Sospensioni
- Rumore termoelastico
 - Massa
 - Coating
 - Sospensioni
- Rumore fototermico
 - Coating → Massa

Rumore browniano

- Origine: energia termica T
- Teorema fluttuazione-dissipazione $\tilde{F}^2(f) = 4k_B T \beta(f)$
- Idea: Concentrare il rumore browniano intorno alle risonanze interne, fuori dalla banda di rivelazione
- Ridurre le dissipazioni nelle sospensioni degli specchi

Rumore termoelastico

- Origine: la produzione di entropia durante lo scambio di calore fra regioni espanse e compresse provoca perdite termoelastiche
- Una differenza di temperature δT viene tradotta in uno spostamento δx tramite il coefficiente termico α
- Dipende dalla proprietà termiche del materiale
- Sorgente di rumore più difficile da controllare, molti parametri importanti non sono noti (teoricamente o sperimentalmente)

Rumore fotoelettrico

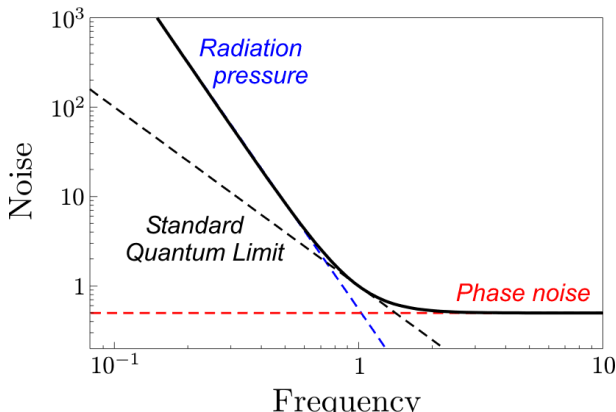
- Fasci di laser sempre più potenti scaldano gli specchi
- Soluzioni: raffreddamento criogenico degli specchi
- Coating sofisticati
- Fasci laser non-gaussiani

Rumore termico e futuro

- Il rumore termico limiterà la performance di AdV e Advanced LIGO
- A questi progetti seguirà il progetto “Einstein Telescope” (ET)
- In ET ci sono 4 gruppi di lavoro:
 - WG1: sospensioni
 - WG2: Rumore termico
 - WG3: Topologia
 - WG4: Sorgenti
- Il WG2 è di gran lunga il più numeroso ed il più attivo.

Rumore quantistico

- La natura discreta della luce provoca due tipi di rumore negli interferometri
- Shot-noise: fluttuazioni poissoniane del numero di fotoni che arriva allo specchio nell'unità di tempo
- Radiation-pressure noise: i fotoni impartiscono un impulso allo specchio



Squeezing

- Per eliminare il radiation-pressure noise si usano stati fotonici squeezed
- Il quantum locking degli specchi è stato già dimostrato sperimentalmente
- Area in pieno sviluppo sia teorico che sperimentale
- Nuove topologie (interferometri Sagnac, speed-meters, interferometri atomici) vengono studiati per ET

Conclusioni

- Il progetto VIRGO è una collaborazione scientifica che include molte istituzioni
- Virgo+ da luglio 09: upper limits di rilevanza scientifica (fondo stocastico, coalescenze)
- Advanced VIRGO: 2014. Tecnologia di punta, sensibilità che dovrebbe portare alla rivelazione
- Il know-how teorico e tecnologico di Advanced VIRGO e Advanced LIGO verrà usato per nuovi e più sensibili rivelatori, come ET e/o possibili interferometri atomici che dovrebbero portare alla nascita dell'astronomia delle onde gravitazionali