

Bando n. 20010/2018 - concorso per titoli ed esami per 3 posti di Ricercatore di III livello professionale - fisica sperimentale delle onde gravitazionali

PRIMA PROVA SCRITTA

Roma, mercoledì 21 novembre 2018

TESTO n. 2

Si prenda in considerazione un rivelatore di onde gravitazionali esistente o il progetto di un rivelatore da realizzare in futuro. Si discutano almeno tre dei seguenti aspetti:

- il caso scientifico;
- le caratteristiche principali del rivelatore;
- le principali tecnologie impiegate, con particolare riferimento ad una di esse a scelta;
- le principali tecniche di analisi dati, con particolare riferimento ad una di esse a scelta.

Si discutano inoltre le prospettive di sviluppo a medio termine (se si è scelto un rivelatore esistente) oppure gli sviluppi necessari rispetto allo stato attuale delle conoscenze (se si è scelto un rivelatore da realizzare in futuro).

p. 2
LPS 4 TIB UFF. SP

Viviana Tofano
Motta Bompia
Antonio
pic. Anbar

Bando n. 20010/2018 - concorso per titoli ed esami per 3 posti di Ricercatore di III livello professionale - fisica sperimentale delle onde gravitazionali

SECONDA PROVA SCRITTA

Roma, giovedì 22 novembre 2018

Rispondere a 14 domande a scelta tra le 21 proposte
Rispettare gli spazi assegnati

TESTO n. 3

1. Con l'evento GW170817 e l'identificazione della controparte elettromagnetica è stata misurata la costante di Hubble H_0 . Spiegare perché per effettuare questa misura è stato necessario conoscere il redshift della sorgente. Quali sono le principali fonti di errore in questa misura?

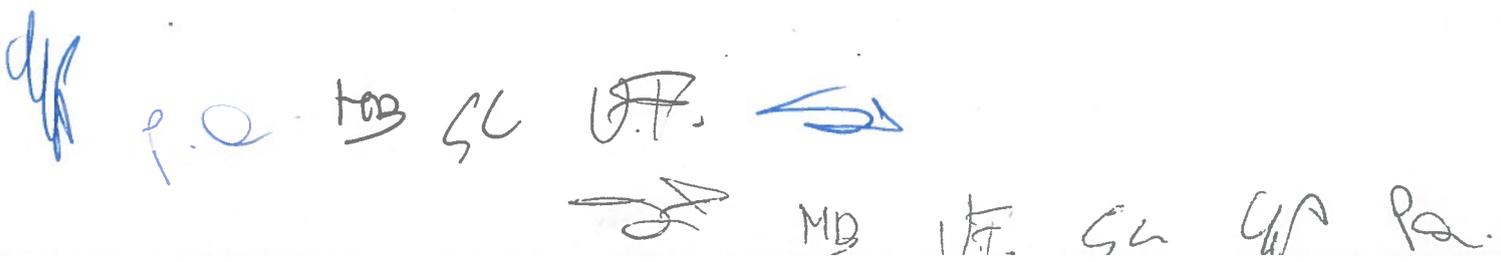
.....

2. La soluzione dell'equazione d'onda per il campo gravitazionale in presenza di materia, analogamente al caso elettromagnetico, può essere espansa in multipoli. Perché sono nulli i termini di monopolo e dipolo?

.....

3. Si considerino due pendoli ideali di pari lunghezza e massa, all'equilibrio termico a temperatura T . Le perdite dei pendoli sono dominate da dissipazioni interne con angoli di perdita rispettivamente ϕ_1 e ϕ_2 . Disegnare gli spettri di rumore termico per i due pendoli ($\phi_1 < \phi_2$). Quanto vale il fattore di merito Q nei due pendoli? Come si confronta lo spostamento rms dei pendoli?

.....



 dff p.o. tob sc V.F. 

 MD V.F. sc GA Pa.

4. La densità spettrale di rumore in ampiezza di un rivelatore di onde gravitazionali può essere stimata con il metodo del periodogramma, partendo dalla serie temporale del rumore del rivelatore $h(t)$. Assumendo che $h(t)$ sia stazionario e con statistica Gaussiana, descrivere le scelte necessarie per garantire una risoluzione spettrale di 0.1 Hz e una incertezza relativa in ampiezza spettrale del 10%.

5. Sia dato un rivelatore interferometrico di onde gravitazionali di tipo Michelson con cavità Fabry-Perot nei bracci. La sensibilità del rivelatore a 100 Hz è $h=10^{-23} \text{ 1/Hz}^{1/2}$ ed è limitata dal rumore termico Browniano dovuto ai coating degli specchi. Tutti gli specchi sono uguali e il raggio del fascio laser su ciascuno di essi è il medesimo. Come scala il rumore termico se il raggio del fascio laser sugli specchi terminali delle cavità Fabry-Perot viene aumentato di un fattore 1.5? Come scala se l'angolo di perdita degli specchi d'ingresso delle cavità Fabry-Perot viene ridotto di un fattore 10? Quale diventerebbe la sensibilità del rivelatore a 100 Hz dopo queste due variazioni, assumendo che il rumore termico sia ancora dominante?

6. Si spieghi che cos'è il limite di "spin-down" nell'emissione di onde gravitazionali da pulsar isolate.

Handwritten notes and diagrams at the bottom of the page, including symbols like δf , τ , ω , μB , SL , $U.F.$, \rightarrow , \leftarrow , μB , $U.F.$, SL , δf , and ea .

7. Si scriva l'espressione della potenza in uscita da un interferometro di Michelson in funzione della differenza di lunghezza dei bracci indotta da un'onda gravitazionale.

8. Un pendolo inverso è costituito da una massa M vincolata ad un'asta di lunghezza l e massa trascurabile, connessa al terreno nel punto x_0 da un giunto elastico di costante elastica k (si consideri solo il grado di libertà orizzontale e il caso di piccole oscillazioni). Calcolare la funzione di trasferimento $H(\omega) = x(\omega)/x_0(\omega)$, trascurando gli effetti di dissipazione. Spiegare perché il pendolo inverso può essere utilizzato come isolatore sismico molto più efficiente di un pendolo semplice della stessa lunghezza.

9. Si spieghi perché è necessario utilizzare filtri anti-aliasing in un sistema di controllo digitale. Se la frequenza di campionamento del sistema di controllo è 20 kHz, quale è la frequenza massima di taglio permessa per i filtri anti-aliasing?

10. Si consideri un fascio laser gaussiano con *waist* (raggio minimo) $w_0 = 1$ mm e lunghezza d'onda 10^{-6} m. Il fascio viene lasciato propagare nello spazio libero. Qual è il raggio del fascio w dopo 3 metri? E dopo 30 metri?

dyf
 MB SC U.F.
 MB AF SC ED



.
. .
.

11. Spiegare perché le masse di test di un rivelatore interferometrico di onde gravitazionali hanno bisogno di un « coating ». Si spieghi brevemente il principio di funzionamento di un coating dielettrico, e quali sono le proprietà meccaniche e ottiche che deve avere per il funzionamento ottimale del rivelatore.

.
. .
.
. .
.
.

12. Calcolare l'ordine di grandezza della densità media di una stella di neutroni e il suo raggio di Schwarzschild equivalente.

.
.

13. Illustrare brevemente una metodologia per la stima della probabilità di falso allarme o del rate di falso allarme per un possibile segnale nell'ambito di una ricerca di onde gravitazionali di vostra scelta.

.
. .
.
. .
.
.

14. Si consideri una rete di tre rivelatori di onde gravitazionali con rumore scorrelato ed un segnale incidente da una direzione fissata rispetto ai rivelatori. Come migliora il rapporto segnale-rumore della rete di rivelatori rispetto a un singolo strumento per ciascuna componente di polarizzazione dell'onda (+ e x):

- nel caso di rivelatori co-allineati e pari sensibilità spettrale;
- nel caso in cui i rivelatori abbiano pari sensibilità direzionale ma sensibilità spettrali diverse;

Handwritten notes:
dhp p o MB SL C.F. →
→ MB MB SL C.F. P.D.

.....

18. Una delle obiezioni « naif » alla possibilità di rivelare onde gravitazionali con interferometri è la seguente: l'onda gravitazionale modifica non solo la lunghezza dei bracci del rivelatore ma anche la lunghezza d'onda della luce usata per la misura e quindi non c'è segnale. Rispondere in breve a questa obiezione.

.....

19. Si illustrino brevemente le tre correnti formulazioni del principio di equivalenza.

.....

20. Stimare, in gravità newtoniana, l'ordine di grandezza della velocità di fuga dalla Terra e da una stella di neutroni. Nel caso della Terra, esprimere il risultato in km/s. Nel caso della stella di neutroni, esprimerlo in unità di c.

dp
pa

MB

SL

FF

SE

FF

MB

FF SL

MB

pa

21. La sensibilità di progetto di un rivelatore interferometrico a 50 Hz è $h(50) = 6 \cdot 10^{-24} \text{ Hz}^{-1/2}$. Per tenere l'interferometro nel punto di lavoro si esercitano forze sulle masse di test tramite un attuatore elettro-magnetico. Sapendo che la massa dello specchio è 40 kg e assumendo che a 50 Hz si può trattare lo specchio come una massa libera, determinare quanto può valere la densità spettrale lineare (in $\text{N} / \text{Hz}^{1/2}$) del rumore di attuazione a 50 Hz affinché non sia superiore a 1/10 della sensibilità di progetto.

.

.

.

dp
113 G.F. 21
p. 2 SL

↳ 113 : II SL WP R.S.