

cosmologia standard

Figura 1.  
Andamento  
della curvatura  
in funzione  
del tempo  
secondo  
il modello  
cosmologico  
standard.

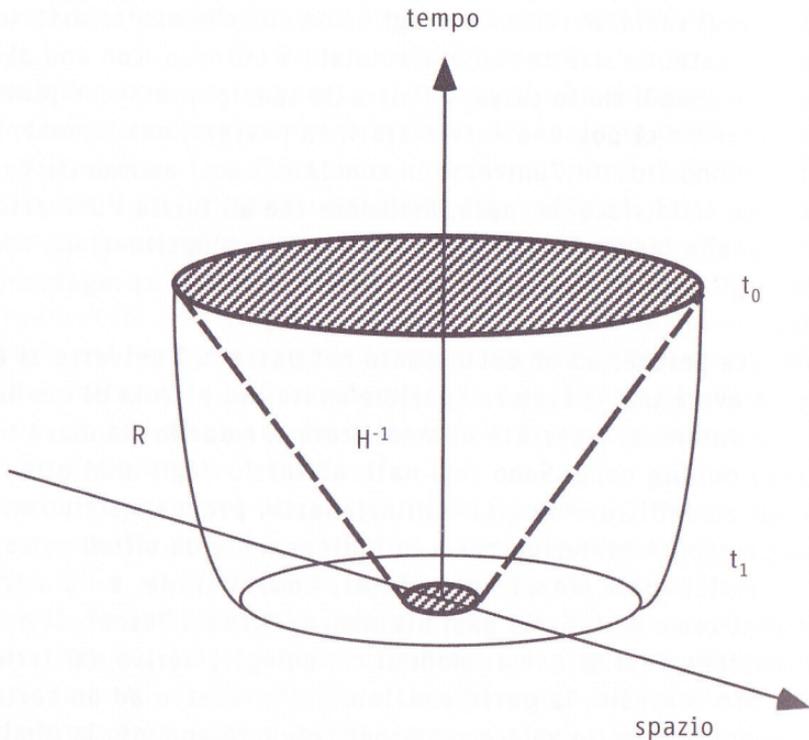


Figura 10. L'asse verticale rappresenta il tempo, i due assi orizzontali le dimensioni spaziali. Al tempo attuale  $t_0$  l'universo che osserviamo è tutto contenuto nell'orizzonte di Hubble (la zona ombreggiata). In passato, ad un tempo precedente  $t_1 < t_0$ , il raggio dell'universo che oggi osserviamo era più grande dell'orizzonte di Hubble (la linea tratteggiata mostra l'andamento nel tempo dell'orizzonte, quella continua l'andamento del raggio  $R$ ).

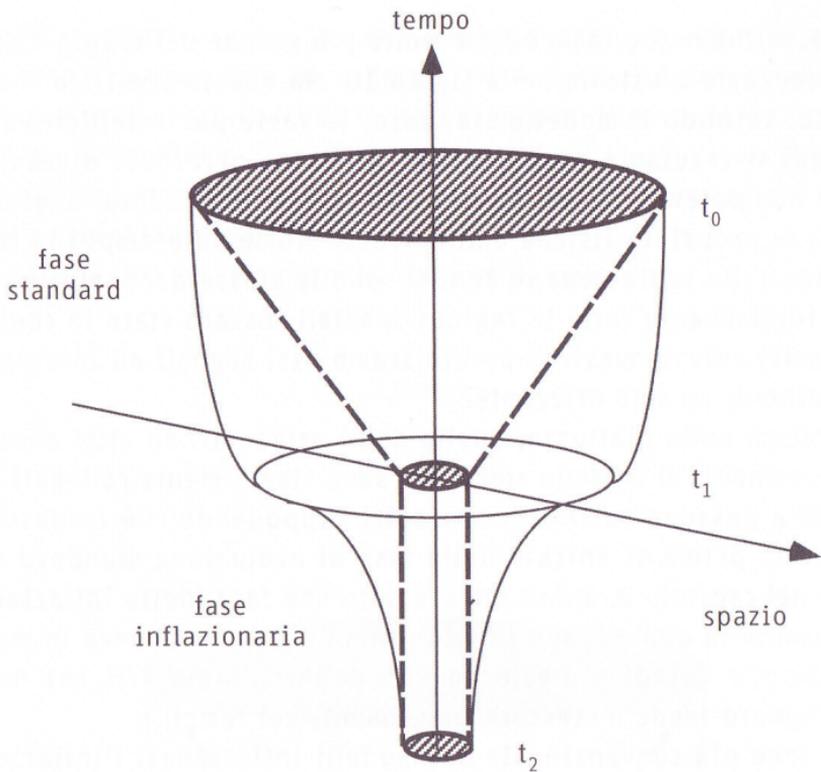


Figura 11. Evoluzione dell'universo attuale, da  $t_1$  a  $t_0$ , completata da una fase inflazionaria di de Sitter, con curvatura costante ed orizzonte degli eventi (linea tratteggiata) costante, che si estende nel tempo dall'istante  $t_2$  all'istante  $t_1$ .

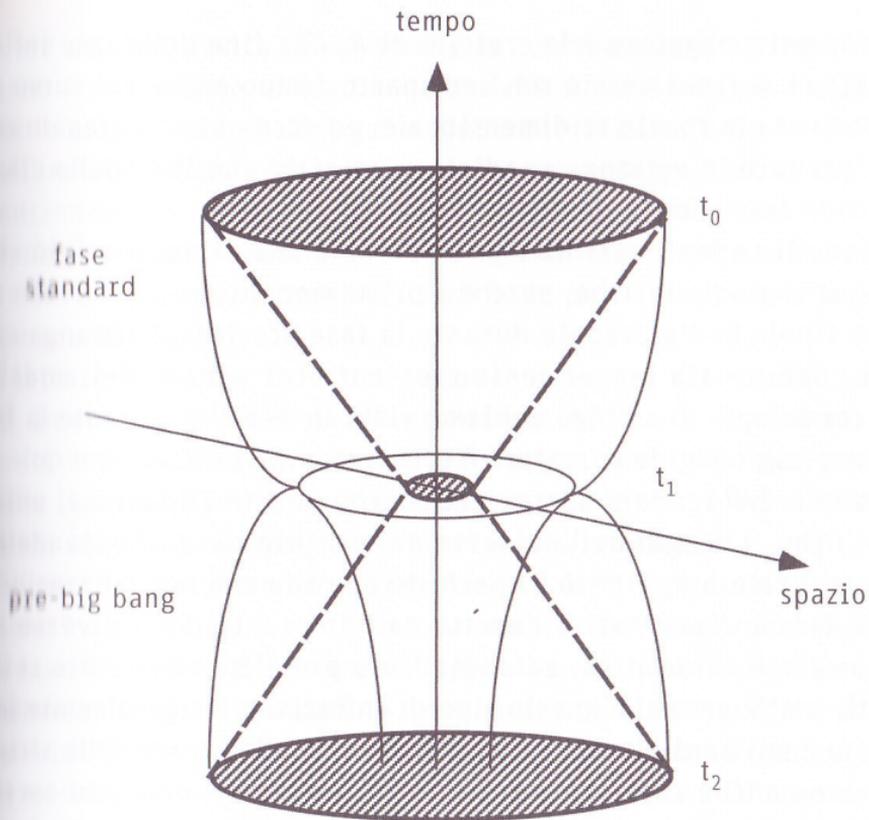


Figura 12. Evoluzione dell'universo in cosmologia di stringa. Da  $t_2$  a  $t_1$  si ha la fase superinflazionaria corrispondente al pre-big bang, con curvatura crescente ed orizzonte (linea tratteggiata) che si contrae. Da  $t_1$  a  $t_0$  c'è la fase standard, post-big bang.

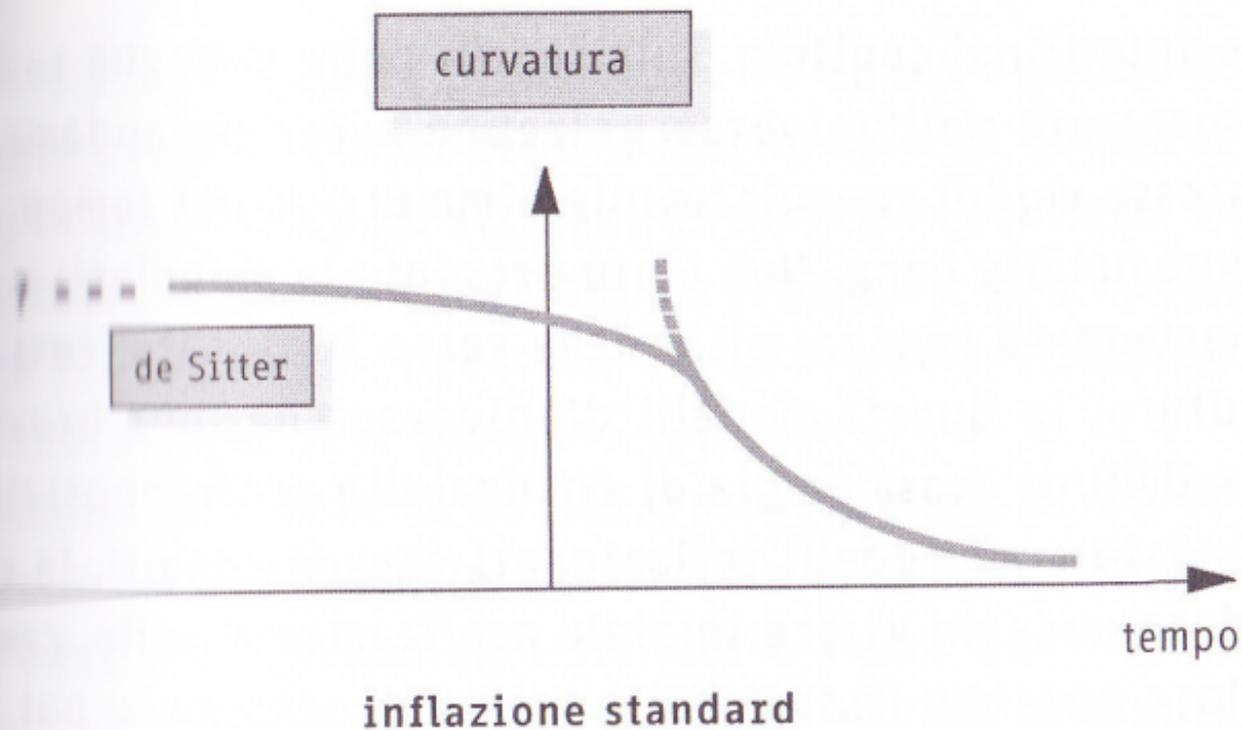


Figura 2.  
Andamento  
della curvatura  
in funzione del  
tempo secondo  
il modello  
inflazionario a  
curvatura  
costante.

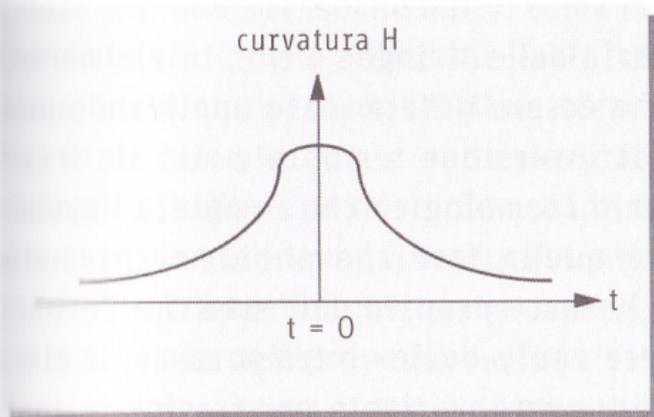
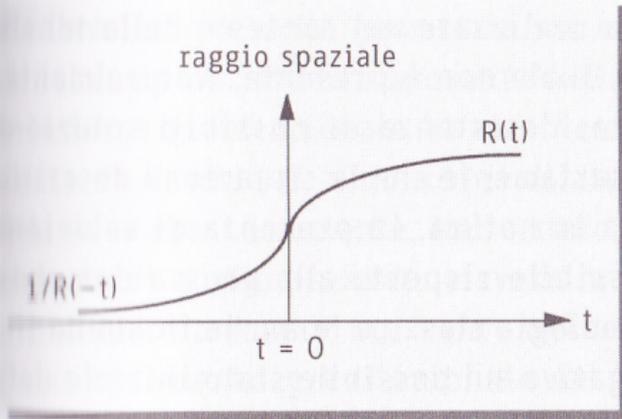
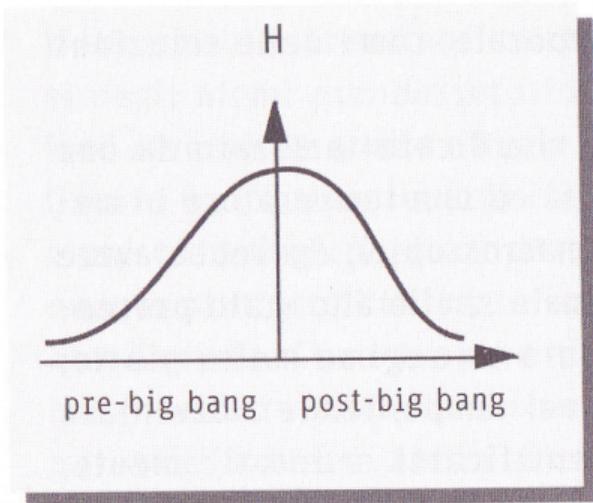
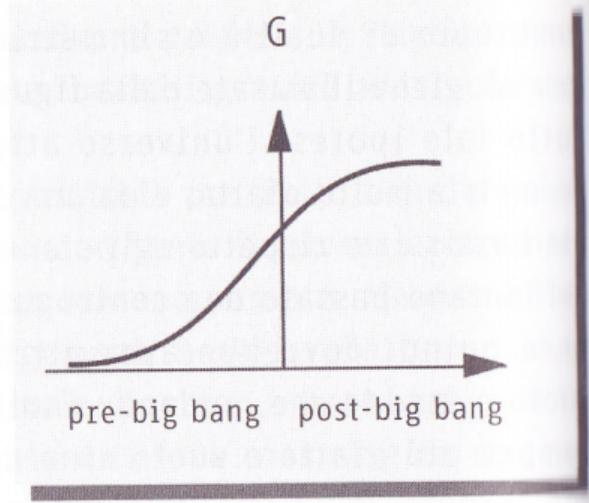


Figura 7. Evoluzione temporale del raggio e della curvatura dell'universo, in un modello cosmologico basato sulla simmetria duale della teoria di stringa.



curvatura  $H$



costante di Newton  $G$

Figura 8. Andamento in funzione del tempo della curvatura, rappresentata dal parametro di Hubble  $H$ , e della costante di Newton  $G$  (determinata dal dilatone), in una tipica soluzione auto-duale della cosmologia di stringa.

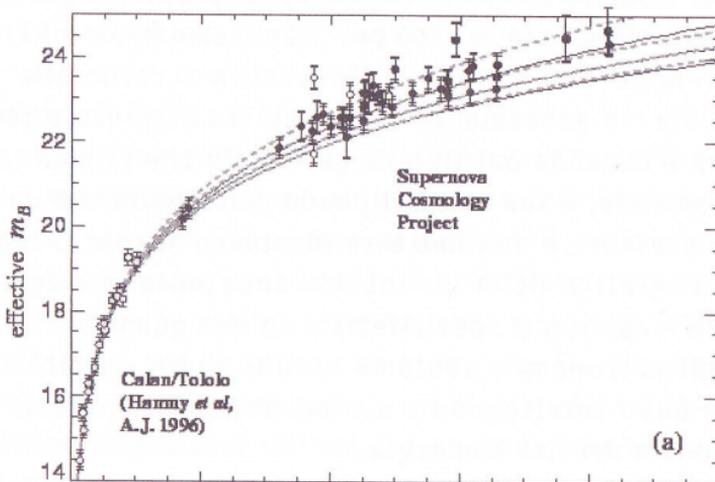


Figura 25. Il diagramma di Hubble che dà la magnitudine apparente in funzione del red-shift, per le Supernovae di Tipo Ia. Le varie curve corrispondono alle predizioni teoriche per diversi tipi di sorgenti cosmologiche. Le Supernovae tendono a disporsi lungo le curve più alte, che corrispondono a maggiori quantità di materia con pressione negativa. Un'analisi precisa di questi dati, tenendo conto degli effetti osservativi, indica come risultato più probabile che il nostro universo dovrebbe contenere il 28% di energia a pressione nulla, e il 72% di energia a pressione negativa. (Questa figura riporta i risultati ottenuti dal gruppo di ricerca denominato «SUPERNOVA COSMOLOGY PROJECT», ed è stato pubblicato in S. Perlmutter et al., *Astrophys. J.* 517, 565, 1999).

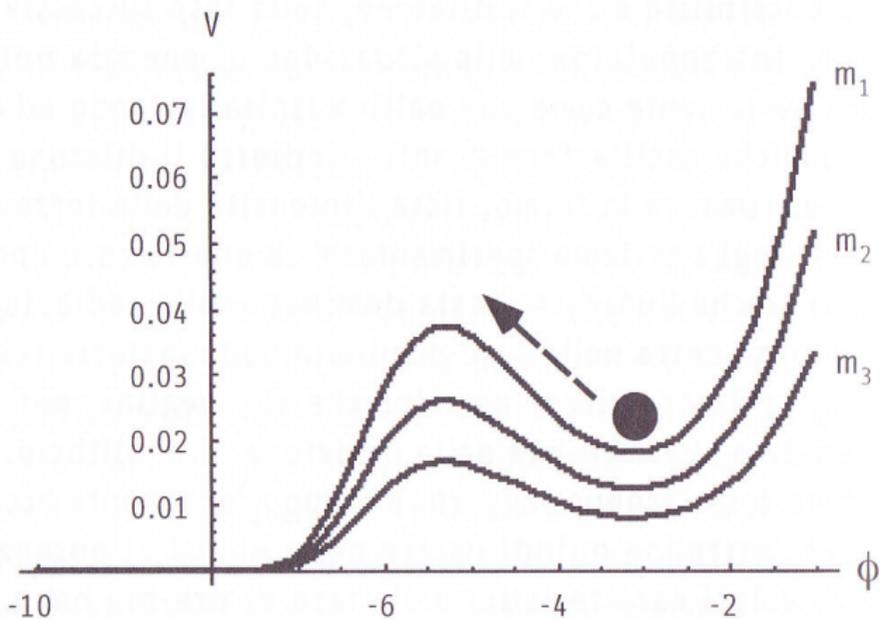


Figura 26. Possibile grafico dell'energia potenziale del dilatone, per tre diversi valori della sua massa, con  $m_1 > m_2 > m_3$ . Si noti che al diminuire della massa (curve piú basse) diminuisce anche la profondità della «buca di potenziale», e quindi risulta sempre piú facile per il dilatone sfuggire dalla posizione di equilibrio situata sul fondo della buca.

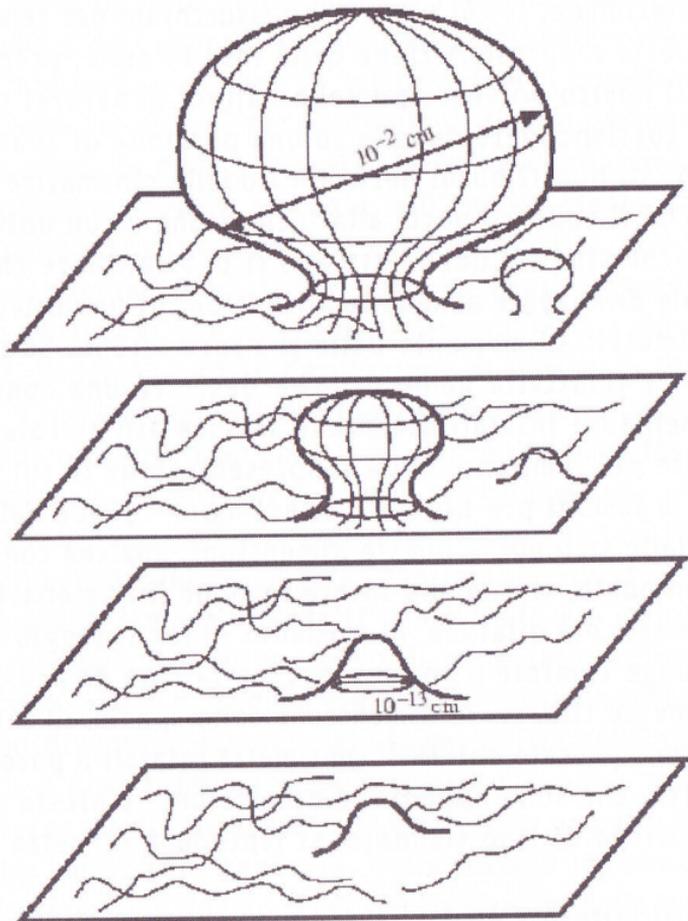


Figura 13. Inflazione come collasso in cosmologia di stringa. I vari piani sono varie sezioni dell'universo nella fase di pre-big bang, fatte a diversi istanti di tempo. Il tempo cresce andando dal basso verso l'alto. (Si ringrazia Alessandra Buonanno per aver gentilmente fornito la versione elettronica di questa figura).

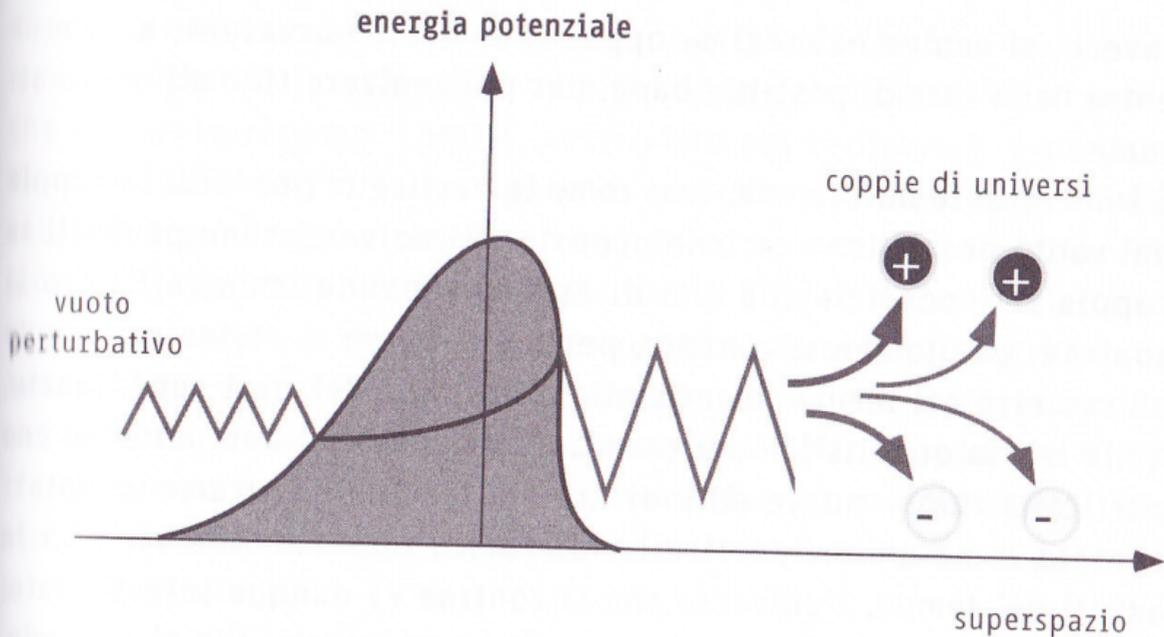


Figura 24. Transizione dal pre-big bang al post-big bang, rappresentata come un effetto di «anti-tunnel» della funzione d'onda, ovvero come una creazione di coppie di universi dal vuoto perturbativo di stringa.

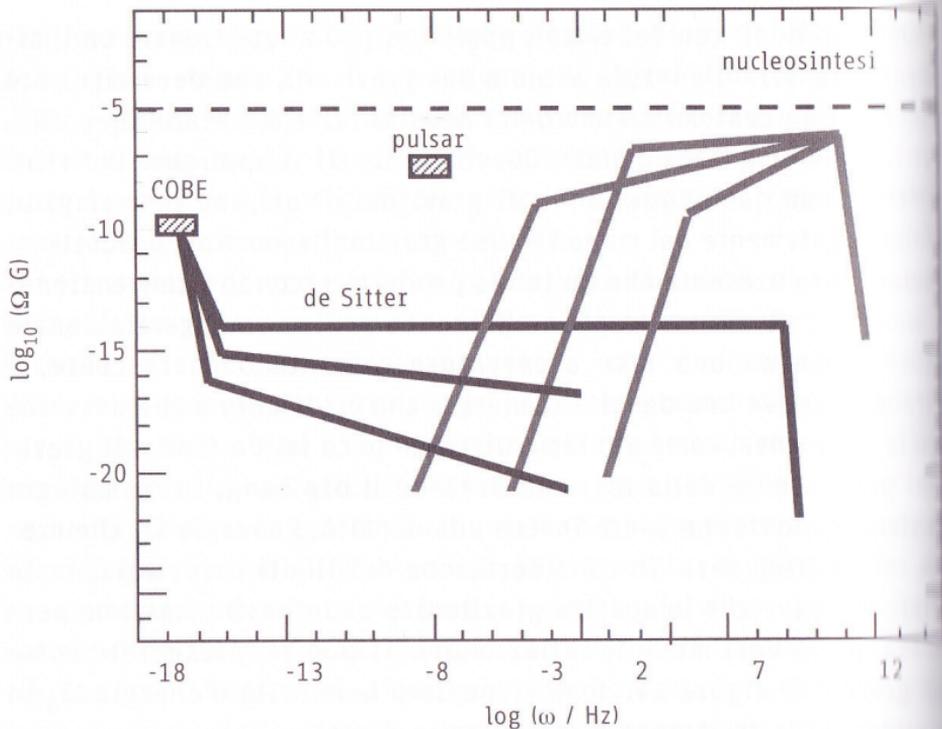


Figura 14. Possibili spettri per un fondo di gravitoni cosmici prodotti secondo diversi modelli inflazionari. Il grafico mostra il logaritmo della densità d'energia in funzione del logaritmo della frequenza. La figura mostra anche i limiti osservativi imposti da COBE, dalle pulsar e dalla nucleosintesi.

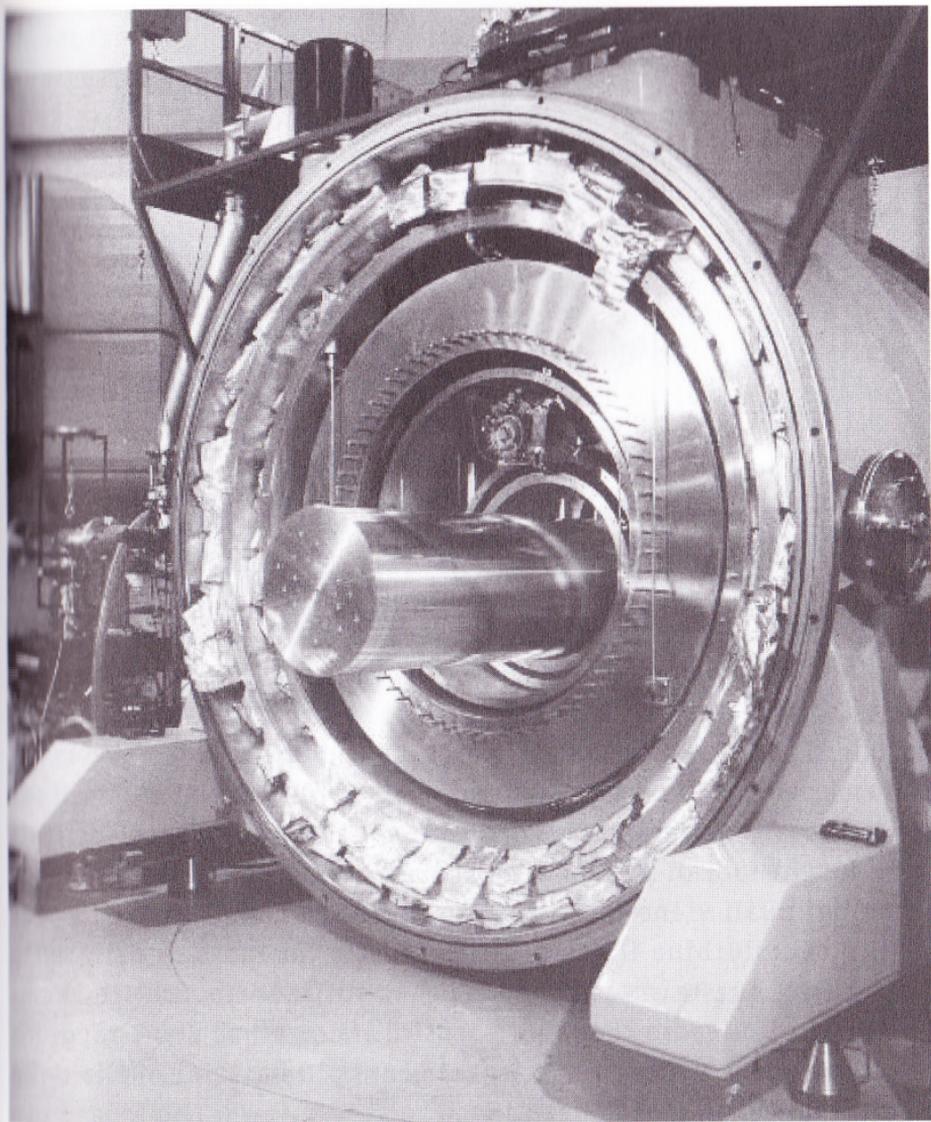


Figura 16. La barra risonante AURIGA, situata nei laboratori INFN di Legnaro, è racchiusa all'interno di un grosso contenitore a più strati (che nella foto è aperto per permettere la visione della barra vera e propria, il cilindro posto al centro della figura). Lo scopo del contenitore è quello di isolare la barra termicamente e sismicamente. (Si ringrazia la collaborazione AURIGA, e in particolare il professor Massimo Cerdonio dell'Università di Padova, per aver gentilmente autorizzato l'uso di questa immagine).

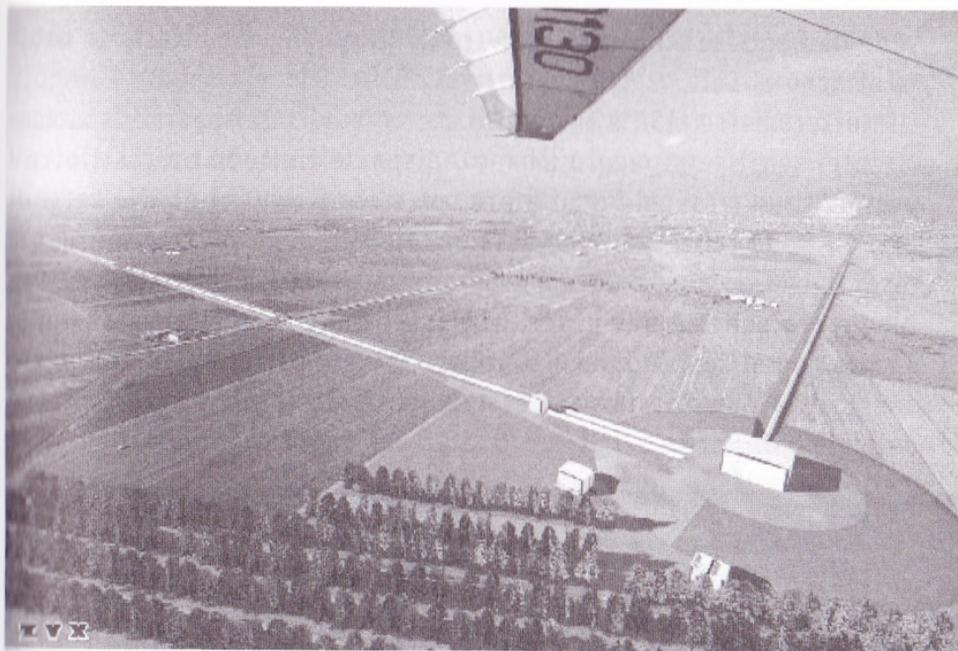


Figura 17. L'interferometro VIRGO situato presso Cascina, nella campagna pisana. La figura mostra come appare l'interferometro ripreso da un aereo. I due lunghi bracci ad angolo retto contengono i tubi a vuoto nei quali si trasmette il fascio laser. (Si ringrazia la collaborazione VIRGO, e in particolare il professor Adalberto Giazotto dell'Università di Pisa, per aver gentilmente autorizzato l'uso di questa immagine).

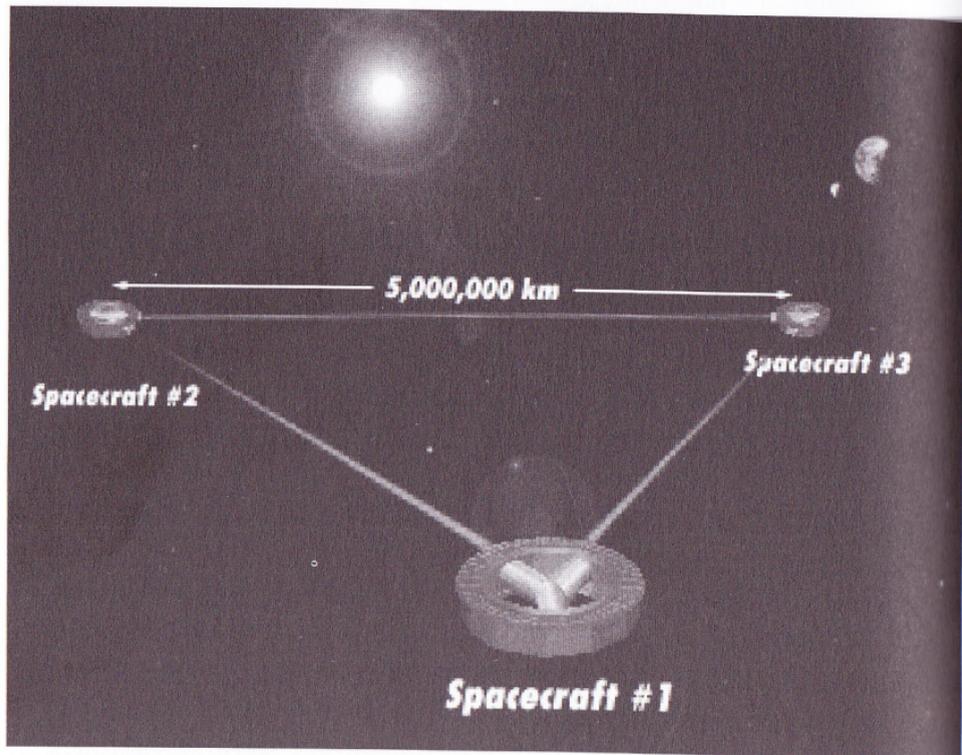
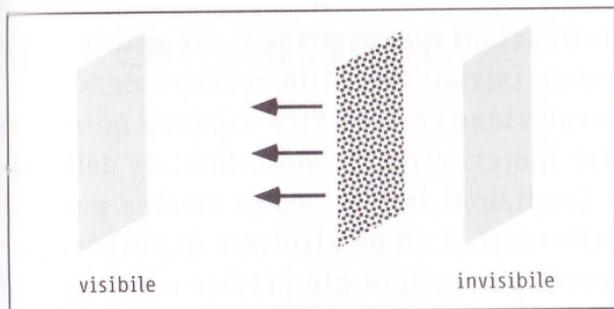
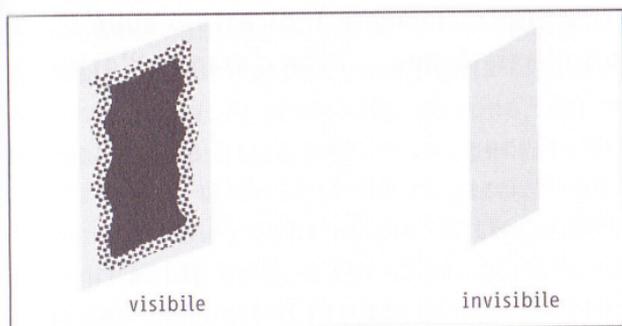


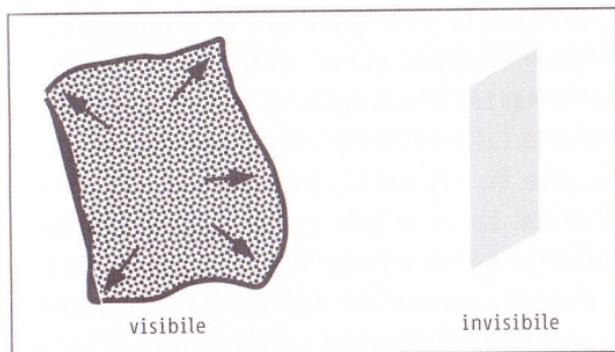
Figura 18. L'interferometro LISA è formato da tre navicelle spaziali (senza equipaggio) in orbita attorno al Sole, ognuna delle quali emette e riceve un raggio laser puntato sulle altre due. (Si ringrazia la collaborazione LISA, e in particolare il professor Peter Bender, University of Boulder, Colorado, per aver gentilmente autorizzato l'uso di questa immagine).



**pre-big bang**



**big bang**



**post-big bang**

Figura 30. Le due brane inizialmente sono piatte e vuote. Dopo l'urto (big bang) la membrana visibile si riempie di radiazione, si scalda, si espande, e si trasforma nel nostro universo attuale.