



OSCILLAZIONI ACUSTICHE

I cosmologi si riferiscono alle variazioni periodiche di densità del plasma primordiale proprio col termine di oscillazioni acustiche. La lunghezza d'onda di queste oscillazioni è legata alla dimensione caratteristica della perturbazione corrispondente, proprio come avviene per le onde stazionarie su di una corda o in un tubo.

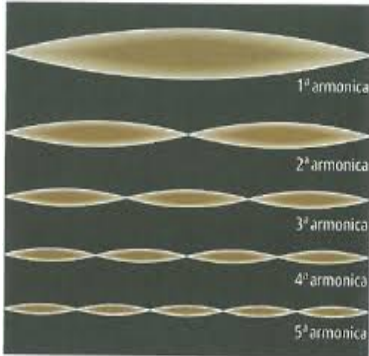


Figura 1: Onde stazionarie su di una corda

Questo significa che onde acustiche a frequenze più basse sono associate a perturbazioni di dimensioni maggiori a quelle corrispondenti a frequenze maggiori (ricordiamo che la frequenza di un'onda è inversamente proporzionale alla sua lunghezza d'onda). Si può pensare per analogia a ciò che succede quando si getta un sassolino in uno stagno: si crea una serie di onde circolari, ben definite, di lunghezza d'onda dello stesso ordine di grandezza della larghezza del stagno.

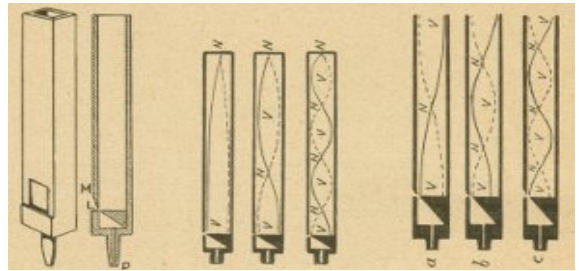


Figura 2: Onde stazionarie in un tubo

Se ora gettiamo tanti sassi nello stagno, ognuno di dimensioni diverse, come risultato avremo increspature molto più complicate, frutto della sovrapposizione delle varie onde prodotte da ciascun sasso.

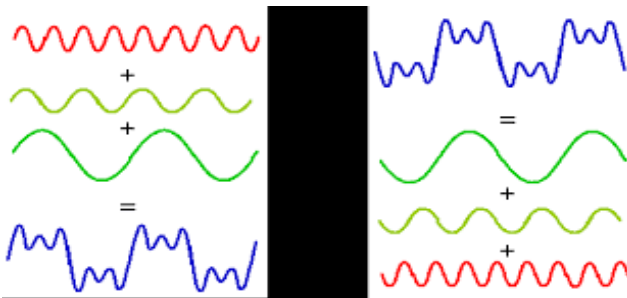


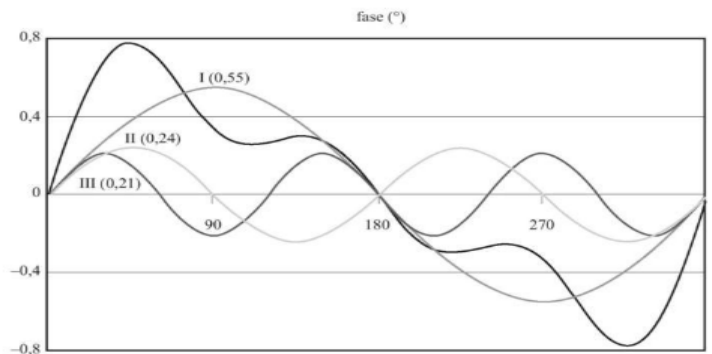
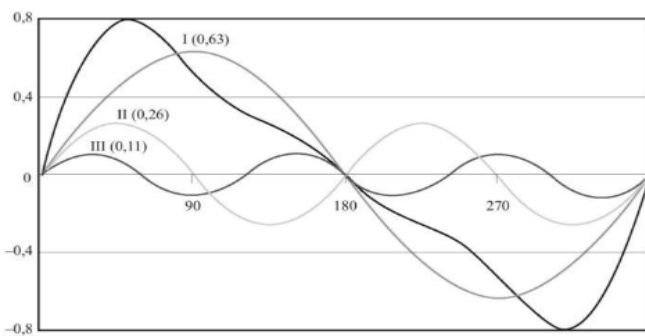
Figura 3: Teorema di Fourier

Facendo una foto delle increspature, possiamo cercare di ricostruire il contributo delle singole onde e magari da queste dedurre dimensioni e numero dei sassolini?

In linea di principio si grazie all'analisi armonica resa possibile dal Teorema di Fourier.

Esso infatti permette, data un'onda qualunque, di scriverla come sovrapposizione di onde

armoniche di opportuna ampiezza e frequenza. A pari armoniche la forma dell'onda risultante cambia in funzione dell'ampiezza delle armoniche stesse, come mostrano le figure qui sotto.



Se poi passiamo in due dimensioni avremo massimi e minimi di ampiezza dell'oscillazione distribuite spazialmente secondo schemi più o meno complessi, come mostrato qui sotto. Possiamo applicare lo stesso

Il dipolo ($l=1$) ha metà del tamburo che pulsa in fuori (rosso) e metà in dentro (blu). Ci sono tre modi di dipolo ($m = -1, 0, 1$) nelle tre direzioni perpendicolari (dentro la pagina e fuori, su e giù, e destra e sinistra).

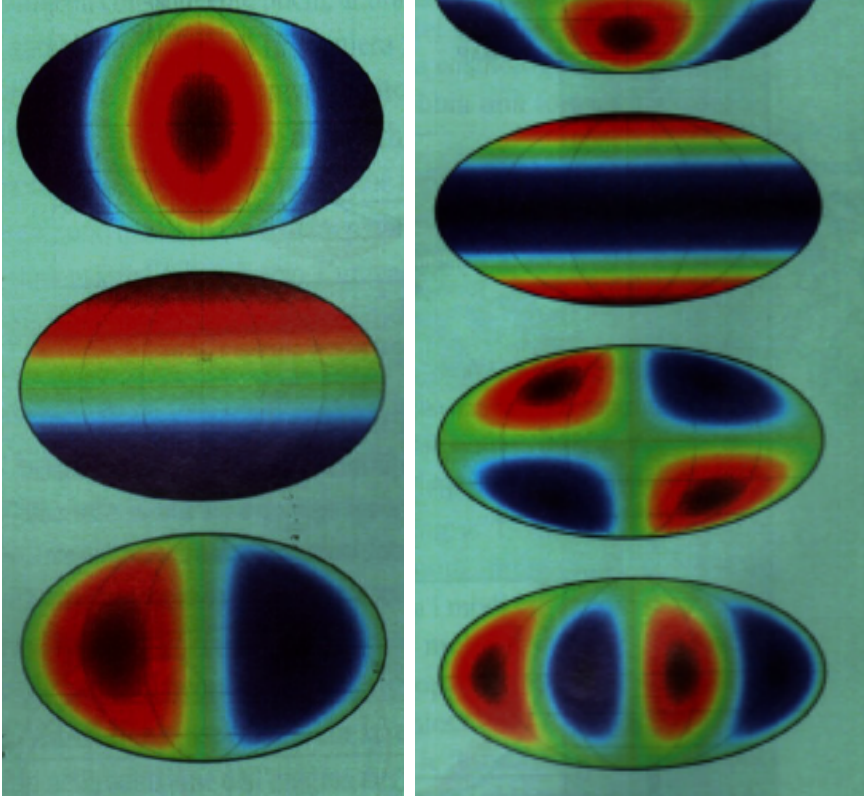


Figura 5: Onde stazionarie in una membrana. Foto da "Le scienze" Settembre 2005

tipo di idea alla radiazione cosmica di fondo. Supponiamo di aver misurato come varia la sua temperatura puntando il rivelatore in diverse posizioni del cielo. DA questi dati possiamo costruire un'immagine, ad esempio associando un diverso colore a ogni valore della temperatura. Se la radiazione è anisotropa, come ci aspettiamo, l'immagine non sarà uniforme ma mostrerà macchie di colori diversi in corrispondenza delle regioni più calde o più fredde della media.

Le macchie avranno dimensioni diverse e comporranno un mosaico di forma simile alla pelle di un leopardo. Il disegno complessivo sarà il risultato della sovrapposizione di macchie di dimensione caratteristica differente. Tutte le macchie della stessa dimensione saranno causate da perturbazioni della stessa

estensione e che quindi avranno anche la stessa frequenza.

Dunque se analizziamo l'immagine "scomponendola" in modo da isolare il contributo di fluttuazioni di dimensioni differenti e mettiamo in grafico l'intensità media delle fluttuazioni in funzione della loro dimensione avremo un'idea di quanto erano intense le onde acustiche in una certa frequenza nell'Universo primordiale: avremo cioè ricostruito lo spettro dell'Universo primordiale.

Il punto cruciale da tener presente è che quando ricostruiamo lo spettro delle fluttuazioni della radiazione cosmica di fondo stiamo di fatto stabilendo in quale fase di oscillazione si trovano perturbazioni di dimensione diversa al momento della ricombinazione.

Gli scienziati tuttavia si resero ben presto conto che per riuscire ad ottenere lo spettro in frequenza della CNB avevano bisogno di immagini molto più nitide di quelle fornite da COBE, la teoria mostrava che occorreva una mappa con risoluzione angolare di circa 1° . Questo spiega le missioni successive : WMAP e poi Planck.