

# Capitolo 7

## Conclusioni

Le misure svolte a ITEP (Capitolo 6) verificano la produzione di un segnale acustico rivelabile a seguito dell'interazione in acqua di particelle. I risultati costituiscono un punto di partenza per lo sviluppo di una tecnica di rivelazione acustica, all'interno di un progetto di telescopio sottomarino per neutrini astrofisici. Sono necessari, tuttavia, ulteriori studi per completare la conoscenza del segnale acustico prodotto ed elaborare un'efficace tecnica di ricostruzione dell'evento. In particolare, considerando esperimenti con fasci di particelle (Test Beam), si tratta di integrare il lavoro svolto fino ad ora sia attraverso simulazioni numeriche, sia completando e raffinando l'analisi dei dati acquisiti, eventualmente prevedendo lo svolgimento di nuove misure. Elenchiamo, a questo proposito, alcuni possibili argomenti che riteniamo utile affrontare per completare la caratterizzazione del segnale acustico.

- È necessario descrivere le riflessioni acustiche sulle pareti interne della vasca in modo da svolgere un'analisi più dettagliata dei segnali acquisiti dagli idrofoni (Figura 6.24), con particolare riferimento all'idrofono ITEP, per cui l'impulso bipolare appare sovrapposto ad altri segnali (Figura 6.27).

- L'analisi svolta fino a questo punto verifica la linearità tra l'ampiezza del segnale di tensione misurato dall'idrofono e l'intensità del fascio di protoni (risultati di Figura 6.29 – 6.34). Il passo successivo è verificare la natura della dipendenza funzionale che lega l'ampiezza del segnale acustico (segnale di pressione) all'energia depositata in acqua. Per fare questo, è necessario:
  - SIMULAZIONE: stimare il meccanismo di deposizione di energia in acqua per un fascio di protoni. Si tratta di considerare una simulazione analoga a quella proposta nella Figura 6.37, tenendo conto delle condizioni di misura dell'esperimento di ITEP. In questo modo, noto il numero di protoni interagenti in acqua, si può sostituire a questa informazione il valore di energia rilasciata in corrispondenza del picco di Bragg, tenendo conto dei risultati della simulazione<sup>1</sup>.
  - ANALISI DEI DATI: completare l'analisi in frequenza dei segnali e la ricostruzione del segnale acustico, tenendo conto della funzione di trasferimento degli idrofoni, così da stimare l'ampiezza del segnale di pressione [Pa].

---

<sup>1</sup> In prima approssimazione, si fa l'ipotesi che il picco di Bragg identifichi una sorgente "puntiforme", la cui distribuzione di energia è descritta dalla Formula (3.19). Il risultato della simulazione permette di calcolare il parametro  $Q_0$  (energia totale depositata in acqua in corrispondenza della sorgente).

- Si può procedere a una simulazione più raffinata della densità di energia depositata in acqua dai protoni, tenendo conto di un modello del fascio che descriva in modo più accurato la situazione sperimentale. Si può introdurre anche l'effetto di Multiple Coulomb Scattering (Figura 6.4) per verificare la dipendenza del segnale acustico dalla densità di distribuzione di energia nel volume di interazione. La stima della deposizione di energia in acqua permette di simulare il fenomeno di produzione del segnale acustico (Capitolo 3). Il confronto tra la simulazione numerica e i risultati sperimentali potrebbe fornire spiegazioni a proposito delle differenze osservate tra protoni a 100 MeV e protoni a 200 MeV (Capitolo 6, Tabella 6.1).
  
- Disponendo di volumi d'acqua di dimensioni maggiori, è possibile studiare la propagazione del segnale acustico in acqua. Dalla teoria (Capitolo 2) si trova che lo spettro del segnale varia con la distanza percorsa: allontanandosi dalla sorgente, il contributo delle alte frequenze si riduce e il segnale si modifica. Posizionando idrofoni a distanze diverse dalla sorgente è possibile studiare gli effetti della propagazione sullo spettro del segnale.

- Per una migliore comprensione del fenomeno oggetto di studio, può essere utile ripetere l'esperimento modificando alcuni parametri:
  - osservare la dipendenza dei risultati dalla salinità e dalla temperatura dell'acqua<sup>2</sup>;
  - ripetere le misure in una vasca di dimensioni maggiori, per controllare più efficacemente l'effetto delle riflessioni;
  - considerare l'interazione in acqua di particelle diverse da protoni (ad esempio, ioni pesanti).

Contemporaneamente a questi argomenti, l'attenzione è rivolta verso la ricerca di una tecnica che permetta di simulare, in acqua, una sorgente acustica lineare o cilindrica, in modo da approssimare sempre più efficacemente il segnale di pressione prodotto dall'interazione di un neutrino e definire le condizioni di rivelazione per un apparato acustico sottomarino.

---

<sup>2</sup> In questo modo è possibile verificare l'efficienza del meccanismo termo-acustico di produzione del segnale (Capitolo 3). Inoltre, la variazione delle proprietà del mezzo ha effetto sulla propagazione (Capitolo 2).