



Scuola di  
Scienze Matematiche  
Fisiche e Naturali  
Corso di Laurea Triennale Fisica e  
Astrofisica

**Relatore:**  
Prof.ssa Paola Verrucchi  
verrucchi@fi.infn.it

**Candidato:**  
Salvatore Romano  
salvatore.romano@stud.unifi.it

## Ancora sulla doppia fenditura

### On the double-slit again

L'esperimento della doppia fenditura è uno degli esperimenti che ha segnato la storia della fisica moderna e della discussione sulla Meccanica Quantistica (MQ). Con il termine "esperimento della doppia fenditura" si intende una classe generale di esperimenti con architettura comune in cui è presente una sorgente di un qualche sistema fisico, che punta verso un pannello in cui sono praticate due aperture, dette fenditure. Dietro al pannello è posto un rivelatore esteso in grado di rilevare la presenza del sistema fisico generato dalla sorgente. A seconda della natura del sistema fisico prodotto dalla sorgente, la distribuzione spaziale del segnale raccolto dal rivelatore può essere qualitativamente diversa. In particolare era già chiaro alla fine del '700 che se ad incidere sul pannello era un'onda piana si sarebbe osservato un profilo oscillante dell'intensità del segnale, detto "profilo d'interferenza", assente nel caso in cui la sorgente producesse oggetti assimilabili a proiettili. Nel 1801 lo scienziato britannico Thomas Young concepì un esperimento di doppia fenditura proprio per indagare circa la natura della luce, ondulatoria o corpuscolare, sfruttando la differenza fra i due diversi casi di cui sopra. Analogamente, nel tentativo di comprendere se il comportamento dei sistemi quantistici dovesse essere considerato ondulatorio o particellare, nella prima metà del secolo scorso, sono stati realizzati esperimenti di doppia fenditura con diversi tipi di sorgenti. Un momento fondamentale nella storia dell'interpretazione della Meccanica Quantistica è rappresentato dall'esperimento della doppia fenditura con elettroni, che fu eseguito da Claus Jönsson nel 1961 e ripetuto nel 1974 a Bologna da P.G.Merli, G.F.Missiroli e G.Pozzi che riuscirono a inviare un solo elettrone alla volta verso il pannello. L'importanza del loro risultato risiede nell'aver mostrato che il profilo di interferenza si forma sul rivelatore per accumulo di segnali puntiformi, ognuno corrispondente ad una precisa emissione della sorgente. La discussione sull'interpretazione di tali risultati è ancora accesa ai giorni nostri, essendo strettamente legata a quella della MQ stessa.

Scopo di questo lavoro di tesi è quello di fornire una descrizione teorica dell'esperimento di Merli et Al. e dei suoi risultati, utilizzando esclusivamente i primi tre postulati della MQ, evitando ogni analogia con la trattazione classica, nonché il riferimento al "dualismo onda-corpuscolo", a favore del concetto più generale di "sistema fisico" che sta al centro dei postulati stessi. In particolare, nel primo capitolo introduciamo i primi tre postulati della MQ, che definiscono lo stato e l'evoluzione di un sistema fisico, nonché lo strumento attraverso il quale possiamo ottenere informazione su di esso mediante misura. Nel secondo capitolo descriviamo l'esperimento nel caso in cui la sorgente produca proiettili e onde descritti secondo la teoria classica, incluso l'esperimento di Young. Il capitolo termina con la descrizione dell'esperimento di Merli ed una breve discussione dei suoi risultati. Sottolineiamo che l'analisi delle problematiche relative all'effettiva realizzazione dell'esperimento esula dallo scopo di questa tesi e non è perciò sviluppata. Nel terzo capitolo riportiamo brevemente una recente proposta di descrizione dei risultati avanzata da Y.Aharonov e coautori, pubblicato nel 2017 sulla rivista PNAS. In tale proposta gli autori mettono in evidenza che la funzione d'onda emerge esclusivamente come proprietà di un insieme di sistemi quantistici, mentre quello che caratterizza il singolo sistema è l'insieme degli "operatori deterministici" dagli autori definiti come gli operatori associati alle misure degli osservabili che hanno esito certo. Nella proposta l'evoluzione del sistema è descritta in rappresentazione di Heisenberg, dalla quale emerge il concetto di dinamica non locale che gli autori usano per interpretare l'esperimento.

Sebbene la proposta di Aharonov e coautori contenga una discussione sull'interpretazione della MQ che esula dall'argomento di questa tesi, oltre a risultare piuttosto ostica formalmente, a partire da essa abbiamo sviluppato l'idea di una analoga descrizione teorica dei risultati dell'esperimento di Merli che si basasse solo sui postulati della teoria. Nell'ultimo capitolo presentiamo dunque tale descrizione, mantenendoci in rappresentazione di Schrödinger e formalizzando il risultato delle misure in successione mediante l'interpretazione minimale del postulato di misura, che è quella adottata già nel primo capitolo. La descrizione ottenuta ci permette di riconoscere nella linearità della MQ e nel ruolo che in essa assume il campo dei numeri complessi, su cui è definito lo spazio vettoriale degli stati fisici, gli ingredienti fondamentali affinché un profilo d'interferenza emerga, nella forma osservata.