

08/02/2013 – I fili pendenti: la Meccanica Quantistica 1

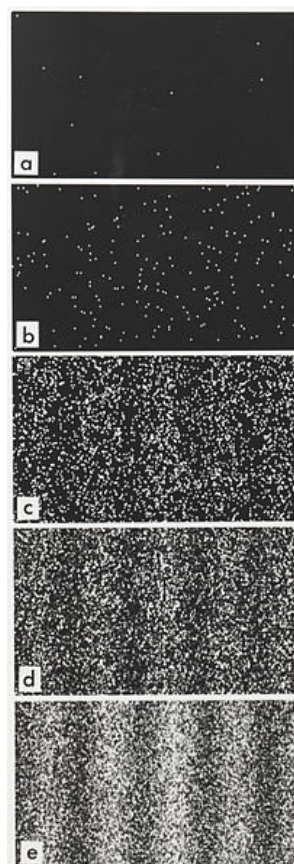
Pare strano che sia necessario riprendere in mano la MQ proprio nel Tomo IV, dopo che vi abbiamo dedicato già la prima parte del Tomo III, eppure molti sembrano convinti che questo caposaldo della fisica, sul quale è costruito l'intero MS, non possa ancora essere considerato un capitolo concluso, senza più sorprese.

Quel che infastidisce, è l'impossibilità di costruirne un modello mentale intuitivo: ne abbiamo discusso fino alla nausea, giungendo *quasi* a mandare giù la cosa, ma ora scopriamo che, in fin dei conti, perfino chi ci lavora, non ne è contento. E ogni volta che si fa circolare un questionario tra i fisici, le opinioni sulla *realtà* della MQ riservano sorprese. L'*Interpretazione di Copenaghen* è forse la più diffusa, ma non gode certo di una maggioranza schiacciante di consensi. Entriamo un po' più in dettaglio.

Come dice Feynman, già nel semplicissimo esperimento di diffrazione con due fenditure, sono nascosti tutti i misteri della MQ. Non è evidente, perché la spiegazione *ondulatoria* sembra ovvia, almeno per la luce, ma proviamo a ragionare sull'esperimento eseguito con elettroni, sparandoli uno per volta come nella figura accanto. Nel caso a) si vede lo schermo dopo che è arrivata una decina di elettroni. Il caso b) mostra lo schermo dopo un centinaio di elettroni, e così via al crescere del numero di elettroni sparati. Alla fine, le bande di diffrazione – segno evidente che abbiamo a che fare con vere e proprie *onde* – sono visibilissime. Ciò vuol dire che la “dualità onda – corpuscolo” contemplata da Bohr e altri nell'*Interpretazione di Copenaghen* va considerata un dato di fatto, e così sia. Ma è tutto così semplice? Niente affatto, se proviamo a ragionare un attimo sull'esperimento.

Sappiamo, da De Broglie, che a qualsiasi particella è associata un'onda di una data λ , tanto minore quanto maggiore è la velocità della particella stessa. Ci aspettiamo, di conseguenza, che De Broglie fosse soddisfatto dell'esito dell'esperimento, e invece non lo era proprio per nulla. Infatti, lui si chiedeva: «Ma una lunghezza d'onda di che cosa?» Supponiamo, infatti, che l'elettrone sia lui stesso una minuscola onda per cui, come succederebbe con un'onda “classica”, una parte passerebbe attraverso una delle due fenditure, una parte attraverso l'altra. E lasciamo correre tutte le complicazioni che derivano dal fatto – pur esso sperimentale – che, se cerchiamo di capire attraverso quale fenditura passa l'elettrone, o passa *tutto intero* attraverso una, o attraverso l'altra ma, dopo aver individuato quale, la figura di diffrazione sparisce, e si hanno solo le due bande corrispondenti alle due fenditure; per il momento trascuriamo questo risultato, e seguiamo il ragionamento di De Broglie.

L'elettrone – onda, di conseguenza, passa un po' da una parte e un po' dall'altra ma, se così fosse davvero, già il primo elettrone dovrebbe cominciare a disegnare una figura di diffrazione un po' sfumata, “spalmandosi” su tutto lo schermo. Cosa che, ovviamente, non può fare, perché l'elettrone è una particella elementare e, come tale, indivisibile, e perciò



deve finire su un punto preciso dello schermo come, in effetti, succede. Se, però, l'elettrone è uno e indivisibile, come fa a *sapere in precedenza* in quale punto dello schermo cadere, per creare la figura d'interferenza?

Insomma: in parole povere, l'elettrone deve per forza passare attraverso una fenditura e una sola, ma ci deve essere qualche genere di *onda* che l'elettrone si porta appresso; è questa che passa attraverso entrambe le fenditure e, poi, *ha delle conseguenze sul moto dell'elettrone*. L'onda, in qualche modo che non riusciamo a capire, deve *esercitare una forza sull'elettrone* perché, altrimenti, non potrebbe modificare la sua velocità rispetto alla sua prosecuzione in linea retta, dalla sorgente allo schermo attraverso la fenditura e farlo, invece, cadere dove dovrebbe per dare luogo, statisticamente su una gran quantità di elettroni, alla figura di diffrazione che si vede benissimo nel caso e).

Se ci ragionate un attimo, scoprite che il punto di vista di De Broglie è *realista*. Vale a dire: lui pretende che gli oggetti fisici possiedano *realtà* istante per istante, come sembra ragionevole pure a noi. Però, così facendo, per render conto dei dati sperimentali, è costretto a introdurre un nuovo tipo di entità fisica: un'onda che non è solo un'astrazione matematica, ma qualcosa di altrettanto *reale* dell'elettrone, poiché è in grado di esercitare una forza su quest'ultimo. Situazione non del tutto limpida, non pare anche a voi?

Qual era la risposta di Bohr e soci? In un certo senso, si può dire che la risposta non esistesse, o meglio: che passasse attraverso la *dualità onda – corpuscolo*. L'elettrone si comportava da onda quando serviva (e cioè per passare attraverso entrambe le fenditure), e da corpuscolo quando si trattava di rivelarlo (vale a dire: quando cadeva sulla lastra fotografica e l'impressionava). Mettendovi una mano sulla coscienza: quale delle due posizioni vi sentireste di condividere maggiormente?

In realtà, con tecnologie ancora da venire al tempo di De Broglie, sarebbe stato possibile ricavare da questo esperimento altri indizi. Immaginiamo, infatti, un sistema in grado di lanciare elettroni *lentissimi*, ai quali sarebbe stata perciò associata una lunghezza d'onda enorme. Non ci mettiamo a fare conti; diciamo solo che, in tal caso, la distanza tra le fenditure sarebbe stata molto grande e, nel caso ipotizzato da De Broglie, l'onda passante attraverso entrambe le fenditure, non potendo superare comunque la velocità della luce, avrebbe cominciato a faticare nel comunicare a tutti gli elettroni dove sarebbero dovuti andare a finire, e la figura di diffrazione ne sarebbe venuta fuori quanto meno un po' deformata. Siete d'accordo con questo punto? Un esperimento del genere, avrebbe potuto demolire il punto di vista di De Broglie.

E adesso chiediamoci: l'Interpretazione di Copenaghen, invece, ne sarebbe venuta fuori indenne? Neanche a pensarci! In ogni caso, l'onda – elettrone avrebbe dovuto espandersi su una distanza tale, che i suoi estremi non sarebbero più rimasti in *contatto causale*, e perciò, pure seguendo il punto di vista di Bohr, in un modo o nell'altro avremmo dovuto aspettarci modifiche alla figura d'interferenza. Modifiche che – guarda caso – sarebbero state identiche a quelle richieste dal ragionamento di De Broglie.

In tempi moderni, è stato possibile eseguire un esperimento che non è proprio questo, ma che ci fa sapere cosa succederebbe se ce la facessimo a realizzarlo. Prima di sapere come va, apriamo la discussione su quest'aspetto della **MQ**.