

La fisica quantistica nella scuola secondaria*

Ho letto con molto interesse l'articolo di Malgieri, Onorato, De Ambrosis [1]. Dico subito che condivido ampiamente lo spirito e la sostanza del lavoro, anche se con qualche riserva che esporrò più oltre.

Tanto più lo condivido, in quanto ricalca molto da vicino una strada che ho percorso a lungo in anni passati. L'approccio "alla Feynman" per l'introduzione della m.q. nella scuola secondaria superiore è stata l'idea portante di una ricerca didattica che si è sviluppata mediante incontri con studenti e insegnanti, corsi di aggiornamento, tesi di laurea, una scuola estiva.

Purtroppo niente è mai stato pubblicato su riviste specializzate, a parte *La Fisica nella Scuola* e atti di convegni ([2]-[11]); ma tracce di questo lavoro esistono e sono in parte reperibili anche in internet [12]. Per es. in [9] si trova, a pag. 3-13 e seguenti, un approccio agli stati stazionari sulla stessa linea di quello proposto in [1] (la ricerca dei poli della funzione di Green). Più avanti c'è anche un accenno all'effetto tunnel. L'uso di simulazioni interattive era stato anticipato nel lavoro degli anni '90, per mezzo di software autorealizzato [6]. Va detto che all'epoca Geogebra non esisteva. . .

Le differenze principali tra l'approccio descritto in [1] e quello seguito dal sottoscritto si possono così riassumere:

- Dato che il progetto era fin dall'inizio concepito per gli studenti, la presentazione era molto più elementare, quindi forzatamente semplificata.
- Non ho mai ritenuto che "fisica quantistica" debba identificarsi con "meccanica quantistica," per cui una porzione consistente del progetto (le prime due parti) era dedicata a un'esposizione e discussione dei fatti principali (certo non tutti . . .) che stanno alla base della nuova visione del mondo fisico.
- In particolare la seconda parte, intitolata *Il caso*, era dedicata ad argomenti statistici, a mio parere troppo trascurati nell'insegnamento secondario, e invece essenziali per un approccio alla f.q.
- Grande attenzione era dedicata agli aspetti quantitativi: la "fisica moderna" è incomprensibile, a mio parere, se non si padroneggiano adeguatamente ordini di grandezza e valori caratteristici di certi parametri (dimensioni, energie . . .).

Un punto in cui non mi trovo vicino alla presentazione [1] è nella visione "informazionista" che viene proposta dei fenomeni quantistici (pag. 48, 56, 67).

* Lettera al *Giornale di Fisica*; pubbl. in *GdF* **56** (2015), 1

Nutro il forte dubbio che un simile modo di descrivere i fatti finisca per incoraggiare un'interpretazione soggettivista: quella che Bell in una sua famosa battuta dichiarava richiedere che l'osservatore avesse un PhD in Fisica Teorica.

A mio parere molti equivoci sul pr. d'indeterminazione derivano da un'assunzione ingiustificata: che il concetto classico di stato, determinato dalla completa conoscenza di posizione e impulso di tutte le parti del sistema, sia l'unico concepibile. In realtà il concetto quantistico di stato è ben diverso, e non contiene quegli elementi. Viceversa, lo stato quantistico gode della proprietà di *sovrapposizione*, inconcepibile in ambito classico, e che dà senso ai fenomeni d'interferenza, senza bisogno d'invocare il misterioso "comportamento ondulatorio" ([9], pag. 3–5 e [13], pag. 23, nota 3).

Quanto a esperimenti come ZWM [14], la differenza essenziale tra i due casi — quello in cui si ha interferenza e quello in cui questa scompare — sta semplicemente nel diverso apparato sperimentale, che fa terminare l'esperimento (il viaggio dei fotoni) nel primo caso in un unico stato, nell'altro in stati diversi.

Mi spiego meglio. Con riferimento alla fig. 6 di [1], se siamo nel caso (a) ed entrambi i rivelatori D_1 , D_2 hanno registrato un fotone, ci sono due cammini che possono aver portato a questo stesso stato finale:

- 1) $B_1 - M_1 - N_1 - M_3 - B_2 - D_1$ per il fotone rivelato in D_1
 $B_1 - M_1 - N_1 - D_2$ per il fotone rivelato in D_2
- 2) $B_1 - M_2 - N_2 - B_2 - D_1$ per il fotone rivelato in D_1
 $B_1 - M_2 - N_2 - D_2$ per quello rivelato in D_2 .

(Faccio notare che i cammini che terminano in D_1 costituiscono un interferometro di Mach–Zehnder: fig. 5 di [1].)

Se invece siamo nel caso (b) solo il secondo cammino è compatibile con lo stato finale.

Quindi nel caso (a) possiamo avere interferenza, ossia un cambiamento nel numero di coincidenze tra D_1 e D_2 ; per es. cambiando la differenza fra le lunghezze dei tratti $B_1 - M_1$ e $B_1 - M_2$. Invece nel caso (b) ciò non ha effetto sulle coincidenze, perché il primo cammino è escluso.

Come si vede, in questa spiegazione il concetto di "informazione" non entra: è invece essenziale esaminare quali sono gli stati finali dell'apparato. È interessante che anche in [14] la parola "informazione" non compare mai.

Per finire: penso che non sarà facile proporre per un uso in classe l'approccio seguito in [1]. In parte per una difficoltà oggettiva: l'insieme dei concetti mi pare parecchio al disopra di ciò che uno studente medio di s.s.s. è in grado di assimilare, anche all'ultimo anno. Né credo che mettere l'accento sui temi epistemologici possa essere d'aiuto; temo anzi uno slittamento verso discorsi capaci di produrre nello studente una familiarità soltanto verbale.

A questo va aggiunta la situazione reale della nostra scuola, anche nei Licei Scientifici (i soli dove si possa pensare di toccare la "fisica moderna"). Pur-

troppo esistono documenti impegnativi: le *Indicazioni Nazionali* e il più recente *Syllabus*, che fissano in modo piuttosto stringente contenuti e impostazione che l'insegnante dovrà seguire. Ad aggravare la situazione sta la visione che appare da quei documenti: decisamente arcaica, per i contenuti prescritti e per la linea che viene data sull'interpretazione del paradigma quantistico. Non si tratta solo di "pezzi di carta," perché a quei documenti sarà improntata la seconda prova scritta, quando sarà dedicata alla fisica. Immagino che qualunque insegnante sarà costretto fare i conti coi detti vincoli, e che sarà difficile conciliarci questa sperimentazione (e a dire il vero *qualunque* seria innovazione didattica).

Bibliografia

- [1] M. Malgieri, P. Onorato, A. De Ambrosis: *Giornale di Fisica* **56**, 2015, 45.
- [2] E. Fabri: "La Fisica Quantistica nella Scuola Secondaria: proposte e problemi"; rel. al Convegno GNDF, Roma 12-11-1987; *Atti del VI Convegno del GNDF* (1988), 99.
In [12] [gndf87.pdf](#)
- [3] E. Fabri: "L'insegnamento della fisica nella Scuola Secondaria Superiore: uno sguardo d'insieme"; rel. al Convegno GNDF, Pisa 23-9-1991; *Atti del IX Convegno del GNDF* (1992) 3.
- [4] E. Fabri: "Una proposta per la fisica quantistica"; rel. al Convegno GNDF, Torino 9-12-1993.
- [5] E. Fabri: "Come introdurre la fisica quantistica nella scuola secondaria superiore"; seminario sulla fisica quantistica, Congresso AIF, Montesilvano 29-10-1993; *La Fisica nella Scuola* **29**, 1996, 63.
In [12] [fq13.pdf](#)
- [6] E. Fabri, F. Giovannetti, U. Penco: "Software di appoggio per la fisica quantistica"; comun. e presentazione del software al Congresso AIF, Scalea 7-11-1997; *La Fisica nella Scuola* **31** suppl. al n. 3 (1998), 110.
In [12] [fq-v14.zip](#)
La tesi di F. Giovannetti ha ottenuto il premio AIF "Antonella Bastai Prat" per l'anno 1998.
- [7] E. Fabri: "Introduzione alla fisica quantistica. Prima parte: i fatti"; versione 1.10, giugno 1999.
In [12] [fq21p1.pdf](#)
- [8] E. Fabri: "Introduzione alla fisica quantistica. Seconda parte: il caso"; versione 1.10, giugno 1999.
In [12] [fq21p2.pdf](#)
- [9] E. Fabri: "Introduzione alla fisica quantistica. Terza parte: l'ampiezza"; versione 1.20, giugno 1999.
In [12] [fq21p3.pdf](#)
- [10] E. Fabri: direzione della scuola estiva AIF "La Fisica Quantistica: dai fatti alla costruzione teorica"; (Assergi, AQ) dal 2 al 7-8-1999.

- [11] E. Fabri: “La fisica moderna nella scuola”; rel. al Congresso AIF, Roma 24–10–2008; *La Fisica nella Scuola* **42** suppl. al n. 3 (2009), 3.
- [12] Il sito <http://www.sagredo.eu/fq> contiene il materiale della scuola [10], inclusi [2], [5], [6], [7], [8], [9].
- [13] R.P. Feynman: *QED*. (Princeton University Press, Princeton, 1985.)
- [14] X.Y. Zhou, L.J. Wang, L. Mandel: *Phys. Rev. Lett.* **318** (1991), 67.