

Silvio Bergia¹

**ALICE NEL PAESE DELLE MERAVIGLIE: IL DIFFICILE PROCESSO DI
ADATTAMENTO DELLA MENTE UMANA AL MONDO DEI FENOMENI
QUANTISTICI**

<<The question of the physical reality, in fact, can be shelved, but not dismissed altogether. I, a former experimenter not quite familiar with theoretical and philosophical subtleties, would side with those who think decidedly reductive Heisenberg's * statement that "physics has to confine itself to the formal description of relations among perceptions." Taken to the letter, these words express an impossibility or a renunciation of the true knowledge of the microscopic world. This is a big limitation of the objective and motivation of the study of nature.>>

* W. Heisenberg, *Z. Phys.*, **43**, 172, 1927.

<<If things are so, the situation in which the modern physicist finds himself is oddly fictitious: his world is inhabited only by the scientists engaged in fundamental physics research. I do not believe, however, that there are many physicists who imagine they are living in a world with no sub-stratum of reality. In my younger years I have spent most of my time in research laboratories, and I never met anyone who asserted that he did not consider external reality the crucial factor activating the human capacity to know; and knowledge, so the philosophers tell us, is much more than a matter of mere perceptions. After all, this attitude of many research workers (even if unspoken) is the traditional realist position in epistemology, and also one that best justifies the commitment and devotion of those who choose the challenge of investigating nature. More prosaically, I think that physicists would not be very successful when asking for substantial public funds to build and run their big machines, were they to present as a primary objective that of rendering their own perceptions mutually coherent.>>

G. Tagliaferri, "The Mysteries of Quantum Theory: an Introductory Talk", in: *The Foundations of Quantum Mechanics - Historical Analysis and Open Questions*, edited by C. Garola and A. Rossi, Kluwer, 1995.

1. Il mondo dei fenomeni quantistici e i tentativi di leggerlo in chiave realista.

E' probabilmente consueto che, nell'occasione di un omaggio alla carriera di un collega, si faccia riferimento ad aspetti della sua opera che si intersecano con nostri interessi specifici o a punti di vista da lui espressi con i quali ci si senta in consonanza, per proporre, nell'uno come nell'altro caso, possibili estensioni o, più spesso, variazioni sul tema. Non farò eccezione, e, nel dedicare questo scritto a Guido Tagliaferri, prenderò lo spunto dalle sue considerazioni riportate sopra come epigrafe al mio scritto. Condivido infatti con lui la convinzione che la rinuncia alla "vera conoscenza" del mondo microscopico limiti grandemente gli scopi dello studio della natura e, come lui, non credo che viviamo in un mondo privo di un substrato di realtà.

Penso che a chi si è occupato seriamente di questi argomenti quanto segue debba apparire di una irritante superficialità. Non provo neppure ad accennare a una difesa preliminare: concedo che si dovrebbe andare ben oltre il livello che propongo qui. Ma il mio scritto ha uno scopo limitato: quello di comunicare la mia sensazione che i tempi sono maturi per una ridiscussione globale dell'annosa questione se sia possibile assumere un atteggiamento realista nei confronti del mondo dei fenomeni quantistici; e che, nonostante le apparenze, esiste uno spiraglio aperto in tal senso. E non ambisce ad altro che a contribuire ad aprire quella ridiscussione.

Vorrei intanto sgombrare il campo da un contenzioso che a mio avviso rischia di paralizzare ogni tentativo di muovere i passi essenziali nella direzione giusta. Sono consapevole della circostanza che diversi studi recenti (1) gettano seri dubbi

¹ Dip. di Fisica dell'Università di Bologna e INFN, sezione di Bologna

sull'opinione, largamente maggioritaria fra i fisici, che gli esperimenti hanno confutato il realismo locale.

Io tendo però a condividere atteggiamenti come quelli che riporto, formulati da autori di diversa formazione, ma certamente da non annoverare immediatamente fra coloro che hanno aprioristicamente e acriticamente giurato sulla correttezza definitiva del punto di vista di Copenhagen.

"Aspect's experiments have been criticized by some physicists. The main criticism is that Bell's inequalities could have been absolutely proved to have been violated only if the photon detector had an efficiency close to unity. With the actual rather low efficiencies of these detectors, there seems to be room for assumptions concerning the hidden variables of the apparatus which could still preserve locality in spite of the experimental results."

"However, these assumptions seem rather arbitrary and artificial and, in fact, they give the impression of being contrived just to "save the appearances". The least we can say is that there is a strong *prima facie* case for non locality." (2)

"Although one can, in principle, attempt to undermine the empiric (*sic*) leg of the triad upon which the arguments rests, each successive experiment forecloses more such loopholes and makes such a line of attack ever less plausible. So the arrow of *modus tollens* appears more reasonably directed at the assumptions of locality and/or determinism." (3)

Io credo che dovremmo far nostro l'atteggiamento di Bohm e Hiley e di Cushing.

Si dirà: ma vieni a riproporci una prospettiva di interpretazione in qualche modo realista della meccanica quantistica dopo aver accettato quello che comunemente si ritiene essere un colpo mortale inferto a tale possibilità?

Vorrei intanto ricordare qualcosa che, dopo che la discussione si è focalizzata sul realismo locale, si è come messo fra parentesi, e che ripropongo come interrogativo:

Sono forse mai venute meno le difficoltà interpretative connesse, per non ricordare che alcuni fatti, con la dualità onda-corpuscolo, con l'impossibilità di formulare un modello vettoriale autoconsistente per i momenti angolari, con l'impossibilità di descrivere lo spin in modo sia pur vagamente classico, con la acausalità della meccanica quantistica come esplicitata nell'impossibilità di assegnare una causa ai singoli eventi di decadimento o al passaggio o meno di un fotone attraverso un polarizzatore, con i paradossi dell'indistinguibilità, e via discorrendo?

Non è soltanto il realismo locale che è in gioco. Anche prima che gli esperimenti lo ponessero in discussione, c'erano più cose nel mondo quantomeccanico di quante potesse capacitarsi il nostro intelletto. E dunque, se anche volessimo lasciare aperta la discussione sul realismo locale, non avremmo per questo migliorato di molto la situazione.

Si deve poi considerare che, dopo Aspect (4), si sono continuati ad accumulare esperimenti inquietanti. Si tratta soprattutto di esperimenti ottici. Fra questi, mi limiterò a ricordare gli esperimenti condotti con una cella di Pockels che realizzano le condizioni per la cosiddetta scelta ritardata di Wheeler. Gli sperimentatori che si inoltrano su questi terreni si sentono appunto come Alice nel paese delle meraviglie.

Questa sensazione si coglie piuttosto bene leggendo, per esempio, una rassegna divulgativa recente di John Horgan (5).

I riferimenti al mondo di Lewis Carroll vi sono espliciti. Horgan ricorda che, già sessant'anni fa, A. Eddington lamentava che la teoria fosse insensata quanto la poesia "Jabberwocky" di Carroll, in cui "i tospi agiliti facean girelli nella civa" (*slithy toves did gyre and gimble in the wabe*). E menziona anche Humpty Dumpty, l'omino di *Attraverso lo specchio*, a proposito del collasso della funzione d'onda; sottolineando, peraltro, che a differenza di Humpty Dumpty, che, dopo una caduta non si poteva ricomporre, una funzione d'onda può essere ripristinata dopo il collasso.

Però, da parte di quegli stessi fisici sperimentali che stanno esplorando le frontiere del mondo dei fenomeni quantistici, viene un segnale importante. Nello scritto di Horgan c'è, una frase rivelatrice: il loro scopo è quello di "svelare la curiosa realtà del mondo quantistico" (... *their goal is to lay bare the curious reality*

of the quantum realm.) Dove la parola realtà dovrebbe forse essere scritta in corsivo, per evidenziare che questi autori non sentono di stare semplicemente raccogliendo dati su qualcosa di indescrivibile e indecifrabile, ma piuttosto di stare incontrando aspetti di un mondo reale, seppure sconcertante. (Questo è uno dei sintomi del fatto che il problema è giunto a maturità)

Credo che sia da qui che si debba ripartire. Ma non - come cercherò di inferire - per concluderne che ogni tentativo di penetrare col nostro intelletto questo mondo ci sarà per sempre proibito. Si è condotti *necessariamente* a questa conclusione *solo* se si cerca di leggere il mondo dei fenomeni quantistici in termini di rappresentazioni mentali mutuata dalla nostra osservazione diretta del mondo macroscopico (o, come si dovrebbe probabilmente dire più opportunamente, mesoscopico). Rebaglia ritiene, a questo proposito, che si debba respingere l'“impegno...di imporre la tesi realista quale irrinunciabile quadro concettuale cui subordinare la spiegazione degli insoliti eventi del microcosmo” (6). Condivido, con una specificazione rilevante: il tentativo, o i tentativi che sono stati condotti sono stati tentativi di imporre una tesi realista *ingenua*. I fenomeni sembrano dirci che questa via non è praticabile. Quello a cui bisogna rinunciare è il tentativo di forzare nei fenomeni un'interpretazione improntata a forme ingenua di realismo. Ma - questo è il punto che vorrei sostenere - non ci obbligano a rinunciare al realismo *tout court*. Sono dunque concepibili vari tipi, o modalità, di realismo? Sembrerebbe proprio di sì, e la letteratura epistemologica si è intrattenuta a lungo su questa questione. Una sia pur breve discussione di questo aspetto richiede un excursus in campo filosofico, che faccio, pur consapevole dei rischi che corro, ritenendolo necessario. Ma, prima ancora di affrontarlo specificamente, sembra necessario fissare, più in generale, - e addentrandoci, purtroppo, ancor più sul terreno minato della gnoseologia - alcune discriminanti generali. Oso affrontare, nel prossimo paragrafo, questa digressione basandomi su quanto nel recente passato ha cercato di farmi capire Vincenzo Fano (che, beninteso, non può essere ritenuto responsabile per quanto ivi contenuto).

2. Opzione realista e ontologie possibili.

Come è noto, Kant ha negato la possibilità della conoscenza della cosa in sé. Il fisico che voglia affrontare la questione del realismo deve arretrare e attestarsi su una posizione più difendibile. L'obiettivo che può proporsi un' *interpretazione realista* di una teoria è quello di *descrivere* una realtà sottostante come se esistesse indipendentemente dall'osservazione. Dunque con *descrizioni* della realtà. Queste derivano sempre dall'incontro delle nostre categorie interpretative con il mondo fenomenico. La prospettiva del realista deve essere quella di descrivere il mondo come se esistesse indipendentemente dal fatto che sia o meno osservato.

Se questa operazione riesce, diremo che si è dato corpo a un'ontologia. In quanto essa può porsi l'obiettivo di cogliere nei fenomeni l'essenza o i modi dell'essere, una simile nozione di ontologia appare omogenea a quella proposta nell'ambito della scuola fenomenologica di Brentano, Meinong e Husserl, come abbiamo cercato di argomentare in un altro scritto (7).

Non è allora necessariamente che la meccanica quantistica ci obblighi ad abbandonare ogni e qualsivoglia ontologia. Piuttosto, diremo che non è più permessa (in toto) un'ontologia meccanicistica, ossia un'ontologia basata su questi asserti (8):

- a) il mondo è fatto di entità che possiedono le loro proprietà che siano o no osservate;
- b) le possiedono in modo innato (cioè non le acquisiscono all'atto della misura);
- c) l'interazione fra entità è preassegnata e locale;
- d) le proprietà del tutto sono inferibili da quelle delle parti

La rinuncia a un'ontologia meccanicistica non significa necessariamente la rinuncia a una qualsiasi ontologia. Una ontologia non meccanicistica dovrebbe essere, in un certo senso, più debole, in quanto dovrebbe rinunciare a requisiti forti come quelli su espressi. Ci si può porre questo obiettivo. Non mi sembra molto distante l'atteggiamento di Rebaglia, quando afferma di essersi proposta di affrontare “il compito centrale di costruire una struttura ontologica *positiva* (dopo aver ottenuto una vasta tipologia di indicazioni *negative*), compatibile con le esigenze implicite nel formalismo quantistico e capace di proporre una

descrizione ontologica completa e coerente". (9) Osservo, parenteticamente, che si vanno moltiplicando istanze del tipo delle due qui ricordate. Segno, forse, anche questo, della maturità del problema. Qualche autore si è chiesto quali elementi dovrebbero servirci di guida nella ricerca di un'ontologia quantistica adeguata. Per esempio, C. Comte si è posto il problema di "costruire una (ri)formulazione realistica della meccanica quantistica" su quelli che chiama principi qualitativi. "Gli asseriti qualitativi selezionati dovrebbero essere fatti osservabili di validità generale...che inoltre si dovrebbero poter esprimere non nella forma di formule matematiche ma con le parole del linguaggio naturale...Le proprietà caratteristiche mantenute diverrebbero in questo modo *ipso facto* qualità vere del mondo quantistico sottostante." (10)

3. La chiave di Lorenz e Delbrück

Il punto sembra essere che non riusciamo proprio ad esprimere un'ontologia, che, a un tempo, sia aderente ai fenomeni a accettabile dalla nostra mente. E questo proprio perché il mondo dei fenomeni quantistici ci appare folle. Ma - e questo è l'altro punto centrale - è il mondo che è folle o è la nostra mente che è inadeguata ad afferrarlo? *Forse il problema non è quello di adattare la realtà alle nostre categorie mentali, ma quello di adattare le nostre categorie mentali alla realtà.*

Questa è la tesi che è stata espressa da Max Delbrück nel suo libro *La materia e la mente.* (11) Delbrück ricorda (p. 117) come Kant abbia fatto rivelare che "le impressioni sensoriali possono diventare esperienza, cioè assumere significato, soltanto dopo che esse siano state interpretate in termini di categorie a priori - quali quelle di tempo, spazio ed oggetto - che noi adduciamo a sostegno dell'esperienza piuttosto che derivarle da questa". "Ma se, come sostiene Kant, tali categorie ... sono a priori da ogni sensazione, non è strano che esse risultino così ben adeguate al mondo reale?" La risposta di principio ci è fornita nel quadro di una concezione evolutiva. Ma fu soltanto Konrad Lorenz, come ricorda Delbrück, a richiamare l'attenzione, negli anni quaranta (12), su questa possibilità: "Lorenz fece notare che l'argomentazione empirista secondo la quale la conoscenza del mondo può penetrare nella mente soltanto attraverso l'esperienza è valida soltanto considerando lo sviluppo *ontogenetico* dell'uomo, dalla cellula uovo fecondata fino all'individuo adulto. Ma una volta che si prenda in considerazione lo sviluppo filogenetico del cervello umano attraverso la teoria evolutiva, diviene evidente che un individuo può avere qualche conoscenza innata del mondo, precedente e indipendente dalla sua propria esperienza." Per dirla con una frase compatta di Delbrück, "quel che è a priori per l'individuo è a posteriori per la specie." (p. 119).

A scanso di facili equivoci, Delbrück precisa: "L'interpretazione in chiave evolutiva della concezione kantiana ... non significa necessariamente che l'apparato percettivo e cognitivo di cui sono frutto questi strumenti epistemologici sia già presente nella mente, completamente sviluppato, fin dalla nascita" (p. 120): "... ci possono essere ben pochi dubbi che i nostri concetti spaziali si sviluppino durante l'infanzia attraverso un processo di adattamento al mondo nel quale viviamo. Appare ... chiaro che i concetti di geometria proiettiva sono un adattamento a un ambiente visivo circostante nel quale la luce si propaga in linea retta e che i concetti di geometria metrica (euclidea) sono un adattamento a un ambiente nel quale vi sono molti corpi rigidi." (p. 156).

Ritornando al filo principale del discorso: "... le categorie cognitive della mente - scrive Delbrück - costituiscono un insieme di adattamenti al mondo reale, il quale è il mondo delle 'medie dimensioni', composto da oggetti più o meno direttamente accessibili ai nostri sensi. Non deve quindi stupire se ... molte di queste nozioni si devono scartare o modificare nel momento in cui la conoscenza scientifica si spinge oltre i limiti di queste medie dimensioni fino ad arrivare a spazi e tempi estremamente piccoli come succede nello studio della struttura dell'atomo e del suo nucleo, o estremamente grandi, come in quello della struttura dell'universo e la sua evoluzione." (p. 128).

Se tutto ciò ha un senso, non dobbiamo peraltro necessariamente concludere che i tempi necessari affinché la mente dell'uomo si adegui al mondo dei fenomeni quantistici sono quelli caratteristici dell'evoluzione (e di fronte a quali esperienze tipicamente quantistiche sarebbe posta nel corso della sua evoluzione futura?). Delbrück ci invita a considerare che "... gli esseri umani sono organismi capaci di

compiere operazioni concrete sulle loro rappresentazioni interne del mondo, oltrepassando i limiti percettivi a cui sono biologicamente vincolati. In tal modo sono liberi di costruire una concezione della realtà che è in conflitto con l'intuizione e, cionondimeno, fornisce una visione più vera ed esauriente.”(p. 322). Dunque, “non è forse ... del tutto irragionevole ritenere che la mente si possa sbarazzare del suo patrimonio biologico ereditario, o quanto meno non continuare a esserne vincolata, un patrimonio che si è evoluto per fronteggiare soltanto il mondo di medie dimensioni di cui abbiamo esperienza diretta.”(p. 324).

REFERENZE

- 1) T.W. Marshall, E. Santos, F. Selleri, *Phys. Lett.* **98** A, 5 (1983); T. W. Marshall, *Phys. Lett.* **99** A, 163 (1983), *Phys. Lett.* **100** A, 225 (1984); T.W. Marshall, E. Santos, *Phys. Lett.* **107** A, 164 (1985); M. Ferrero, E. Santos, *Phys. Lett.* **108** A, 373 (1985); A. Garuccio, “On the validity of Clauser and Horne factorizability”, in M. Ferrero, A. van der Merwe (eds.), *Fundamental Problems in Quantum Physics*, Kluwer (1995).
- 2) D. Bohm and B.J. Hiley, *The Undivided Universe*, Routledge, 1993, pp. 144/145.
- 3) J.T. Cushing, “A background essay”, in J.T. Cushing and E. McMullin, *Philosophical Consequences of Quantum Theory. Reflections of Bell's Theorem*, University of Notre Dame Press, 1989.
- 4) A. Aspect, J. Dalibard, G. Rogers, *Phys. Rev. Lett.* **49**, 1804 (1982); A. Aspect, P. Grangier, “Experimental tests of Bell's inequalities”, in *Advances in Quantum Phenomena*, Plenum Press, 201 (1995).
- 5) J. Horgan, “Quantum Philosophy”, *Scientific American* **267**, 72 (1992).
- 6) Alberta Rebaglia, *Logos, interpretazione e microfisica*, Franco Angeli, 1992.
- 1) S. Bergia, V. Fano, “The Search for a Quantum Reality”, in *The Foundations of Quantum Mechanics - Historical Analysis and Open Questions*, edited by C. Garola, A. Rossi, Kluwer (1995).
- 8) Cfr. N. Herbert, *Quantum Reality. Beyond the New Physics*, Rider, 1985; D. Bohm, B.J. Hiley, *op. cit.*
- 9) A. Rebaglia, *op. cit.*
- 12) C. Comte, *Symmetry, Relativity and Quantum Mechanics*, REHSEIS, Université de Paris VII, 1994.
- 11) M. Delbrück, *Mind from Matter? An essay on evolutionary epistemology*, Blackwell, 1986; *La materia e la mente. Lezioni di epistemologia evolutiva*, Einaudi, 1993.
- 12) K. Lorenz, “Kants Lehre vom Apriorischen im Lichte gegenwärtiger Biologie”, *Blätter für Deutsche Philosophie*, 15, (1941), 94-125; “La dottrina kantiana dell'a priori e la biologia contemporanea”, in K. Lorenz, *Natura e destino*, Mondadori, 1990.