

ASSOCIAZIONE PER L'INSEGNAMENTO DELLA FISICA

Scuola di Storia della Fisica

Corso di Formazione

Progetto Lauree Scientifiche

PER L'UNITA' DELLA SCIENZA: FISICA E BIOLOGIA

UNIVERSITA' CATTOLICA DEL SACRO CUORE
SEDE DI BRESCIA

1-6 Dicembre 2008

“Delbrück, il cervello umano e la meccanica quantistica”

Silvio Bergia

Dip. di Fisica e INFN, Bologna

Che c'entra con il tema di questa Scuola?

Un autore che e' stato fisico e biologo

E, come biologo, studioso del cervello umano, ci ha lasciato qualcosa di importante per affrontare questioni interpretative in fisica (quantistica)

Struttura

- L'uomo e l'opera
- I problemi interpretativi della meccanica quantistica
- È possibile mantenere una posizione di realismo filosofico?
- La risposta di Delbrück

La risposta di Delbrück. Già discussa in:

S. Bergia: Alice nel paese delle meraviglie: il difficile processo di adattamento della mente umana al mondo dei fenomeni quantistici, in Atti del XVII Congresso Nazionale di Storia della Fisica e dell'Astronomia, ed. Università degli Studi di Milano, Istituto di Fisica Generale Applicata, Sez. di Storia della Fisica, 1997, 17/22.

Il Congresso era dedicato a Guido Tagliaferri, fisico e storico della fisica, che lasciava l'insegnamento universitario (ma non la ricerca!). Il mio contributo prendeva lo spunto da un saggio di Tagliaferri che rivendicava con forza il diritto ad una posizione realista riguardo al mondo fisico e alla sua lettura anche quando si abbia a che fare con i problemi interpretativi posti dalla meccanica quantistica.

“I do not believe [...] that there are many physicists who imagine they are living in a world with no substratum 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”*.

***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.

Delbrück: l'uomo e l'opera

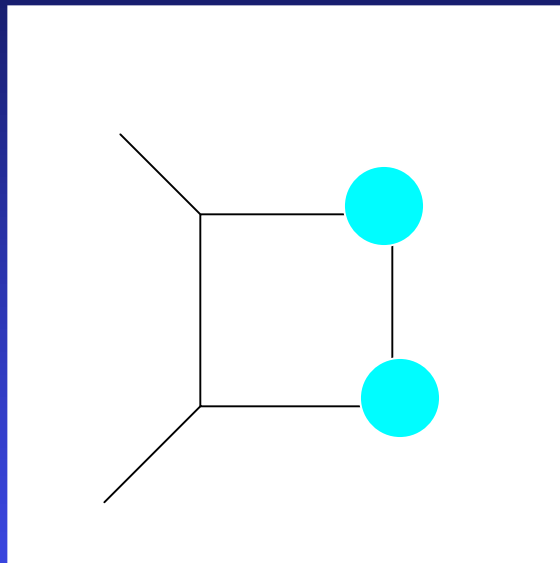
- Vita e opere
- *La materia e la mente* (storia e contenuto)

Vita e opere

- Berlino 4.9.1906 – Pasadena 10.3.1981
- Studi di astronomia fra Berlino, Tubinga, Bonn e Gottinga
- Formatosi sotto la guida di Bohr e Pauli, si dedica allo studio dell'elettrodinamica quantistica
- 1933: è il primo a suggerire che potrebbe essere soggetta a rilevamento sperimentale la diffusione di luce da parte di un campo elettrostatico (*scattering Delbrück*)

Il diagramma rappresentativo*:

I trattini in diagonale indicano linee fotoniche



I dischetti indicano l'interazione statica con nuclei pesanti di carica Z . L'interazione è retta da Ze^2 .

Con uno Z dell'ordine di 100, la sezione d'urto passa da circa 3 microbarn dello scattering di luce da luce (fotone-fotone) a 15 millibarn.

*Schweber, Bethe de Hoffmann, *Mesons and Fields*, Vol. 1, Fields, Row, Peterson and Co., 1956, pp. 324-26.

Lo “scattering Delbrück” è stato osservato come diffusione di raggi gamma da 1,33 MeV dai campi elettrici di nuclei di piombo nel 1953 da Robert Wilson.

- 1934: forma, a Berlino, un gruppo di fisici e biologi che cominciò a riunirsi nella sua casa per discutere i temi fondamentali della biologia dell'epoca da un punto di vista fisico-chimico-matematico
- 1935: sotto l'influenza di Bohr rivolge definitivamente i suoi interessi alla biologia

- 1935. Lavoro di Delbrück, Timofeev-Resowskij, Zimmer sulla stabilità e mutabilità dei geni
- Nel lavoro (studio condotto con raggi X) inferivano un'informazione sulle dimensioni del gene
- ¶ Infuenza su *What is Life*, di Schrödinger (1944)

- 1937. Evolversi della situazione politica in Germania: accetta una borsa della Fondazione Rockefeller a CalTech
- 1940-1947: professore associato alla Vanderbilt University (Nashville, Texas)
- 1945: ottiene la cittadinanza americana
- Fondamentale memoria con S. E. Luria e A. D. Hershey: una volta infette da un batteriofago, le cellule batteriche erano soggette a mutazioni spontanee che le rendevano immuni al virus

- 1947-1977: cattedra alla Biology Division di CalTech
- 1949: “A physicist looks at biology”; prima esposizione sistematica delle sue idee filosofiche
- 1969: Premio Nobel (con Luria e Hershey)
- Discorso di accettazione: “A physicist’s renewed look at biology; twenty years later”

La materia e la mente (storia)

- Nel primo semestre dell'a. a. 1974-75 tiene un corso di venti lezioni (CalTech) sul tema “Epistemologia evolutiva”
- Lo ripresenta due anni dopo. Al manoscritto, trascritto dalla registrazione, dà il titolo *Mind from Matter*
- Dopo la morte, d'accordo con la vedova, un gruppo di amici, colleghi e studenti rivede il testo per la pubblicazione postuma

La materia e la mente (storia)

- 1986: *Mind from Matter? – An essay on evolutionary epistemology*, Blackwell Scientific Publications*
- 1953: *La materia e la mente*, Einaudi

*A cura di Gunther S. Stent (Berkeley), Ernst Peter Fischer (Konstanz), Solomon W. Golomb (Un. of Southern California), David E. Presti (Un. of Oregon), Hansjacob Seiler (Un. of Köln). Introduzione di Stent.

La materia e la mente (contenuto)

- La domanda centrale: la mente può essersi generata dalla materia?
- L'opzione filosofica di partenza (realismo ingenuo: esiste un mondo reale, tale com'è percepito dai sensi) dovrà essere articolata in conseguenza delle analisi condotte
- Come l'altra: che i processi mentali non siano che prodotti diretti (epifenomeni) del cervello umano

I problemi interpretativi della meccanica quantistica

Si sono accentuati dopo l'*entanglement* (intreccio) e gli esperimenti di Aspect e collaboratori.

Ma non sono 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 e con i paradossi dell'indistinguibilità.

È possibile mantenere una posizione di realismo filosofico?

- Oltre un realismo ingenuo, in ogni caso
- Un'ontologia come isomorfismo con la realtà del mondo
- E un'ontologia meccanicista?
- La meccanica quantistica ci obbliga a rinunciarvi, ma ciò non comporta la rinuncia ad una qualsiasi ontologia
- Le difficoltà che rimangono

Oltre un realismo ingenuo; un'ontologia come isomorfismo con la realtà del mondo *

Un' *opzione minimale*:

quali che siano gli strumenti in senso lato per mezzo dei quali si studia la natura, c'è qualcosa da descrivere. Che sembra dire poco, se non fosse che generazioni di filosofi idealisti hanno cercato di convincerci del contrario. E che, come ricorda l'autore*, ci sono fra i fisici “correnti di pensiero ben radicate sulla necessità di limitarsi a descrivere correlazioni tra risultati sperimentali”.

Un *realismo temperato*, nel senso che le nostre rappresentazioni del mondo della natura possono ambire a fornirci al più degli *isomorfismi* con la realtà del mondo.

*Italo Mazzitelli, *E se Dio esistesse?*, Gremese, Roma, 2008.

Un'ontologia meccanicista?

- 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***

*N. Herbert, *Quantum Reality. Beyond the New Physics*, Rider, 1985; p. 51: "...reality consists of ordinary objects which possess their attributes innately". **D. Bohm and B. J. Hiley, *The Undivided Universe*, Routledge, 1993; p. 58: "... it is the essence of mechanism to say that basic reality consists of the parts of a system which are in a pre-assigned interaction"; ****ibidem*: "... the interaction of parts is determined by something that can be described solely in terms of these parts".

La meccanica quantistica ci obbliga a rinunciare ad una tale ontologia.

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 appena espressi.

Ma rimane una difficoltà di fondo: non riusciamo a farci un'immagine delle entità del microcosmo.

Per limitarci ad un esempio: onda e corpuscolo;
il principio di complementarità appare salvare la logica
- le circostanze nelle quali si manifesta l'una
o l'altra natura sono mutuamente escludentisi -
ma non ci aiuta certo a formarcene una.

Il mondo dei fenomeni quantistici ci appare folle. Ma 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.

La risposta di Delbrück

- Come le impressioni sensoriali acquisiscono significato (Kant)
- Le categorie interpretative sono a priori ; come mai risultano adeguate?
- L'evoluzione: quello che è a priori nell'individuo è a posteriori nella specie

Kant

- “La mente conscia non ha accesso ai dati bruti; riceve soltanto una porzione dell’input che ha subito un lungo processo di elaborazione”
- “Kant fece rilevare 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, di spazio e di oggetto – che noi adduciamo a sostegno dell’esperienza, piuttosto che derivarle da questa”.

L'evoluzione a sostegno di Kant?

- “Ma se, come sostiene Kant, tali categorie, come quelle di spazio, tempo e di oggetto, nonché la nozione di causa, sono a priori da ogni sensazione, non è strano che esse risultino così bene adeguate al mondo reale?”

Per Konrad Lorenz: “ ... una volta che si prenda in considerazione lo sviluppo filogenetico del cervello umano attraverso la storia evolutiva, diviene evidente che un individuo può avere qualche conoscenza innata del mondo, precedente e indipendente dalla sua propria esperienza”.

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.

Le leggi del pensiero dell’uomo sono “innate in ogni individuo attraverso l’esperienza della specie”.

Un'anticipazione si trova in Boltzmann*, come ricordato da Carlo Cercignani**

*L. Boltzmann, *Populäre Schriften*, Lipsia, 1905.

**C. Cercignani, *Ludwig Boltzmann – The Man Who Trusted Atoms*, Oxford University Press, 1998,

Nel commento: “he anticipated many contemporary ideas, including Kuhn's theory of scientific revolutions and recent theories of knowledge based on Darwinian principles”.

Apprendimento ontogenetico e filogenetico

- “ ... l’asserzione di Kant che categorie come quelle di tempo, spazio e di oggetto, nonché la nozione di causalità abbiano carattere a priori, in quanto componenti trascendentali della cognizione, colpisce quasi esattamente nel segno. Queste idee sono infatti a priori per l’individuo, però non piovono dal cielo: sono il frutto di un adattamento evolutivo, il cui fine è la sopravvivenza nel mondo reale [...] mentre sulla base delle moderne conoscenze dei processi evolutivi possiamo asserire che l’approccio dell’individuo alla percezione è a priori, ciò non è assolutamente vero se consideriamo la storia dell’umanità nel suo complesso.

**“Quello che è a priori per l'individuo
è a posteriori per la specie”.**

La materia e la mente, *op. cit.*, p. 119

Qualche necessaria precisazione

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).

Non siamo mai entrati dentro un atomo ...

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).

Ma forse non necessario che ci entriamo ...

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).