



*Direttore*

**Silvano TAGLIAGAMBE**  
Università degli Studi di Sassari

*Comitato scientifico*

**Jesús Timoteo ÁLVAREZ**  
Universidad Complutense de Madrid

**Dario ANTISERI**  
Libera Università Internazionale degli Studi Sociali “Guido Carli” (LUISS) di Roma

**Roberto CORDESCHI**  
Sapienza Università di Roma

**Roberto GIUNTINI**  
Università degli Studi di Cagliari

**Amit HAGAR**  
Indiana University

## FILOSOFIA DELLA SCIENZA

Alla base di questa collana vi sono due idee guida. La prima è che i confini tra le discipline sussistano soprattutto per il piacere (e l'esigenza) di varcarli e che questa istanza sia più forte di qualsiasi implacabile "polizia di frontiera", tesa a impedire la libera interazione e lo scambio dialogico tra i diversi campi del sapere. Valeva ieri per la teoria di Copernico e per quella di Darwin, vale, a maggior ragione, oggi per le frontiere della cosmologia o per quelle della biologia e della fisica, per non parlare dell'informatica o dell'alta tecnologia.

La seconda idea è che la filosofia più interessante, come amava ripetere Ludovico Geymonat, è quella che si annida nelle pieghe della scienza, per cui è a quest'ultima, nelle sue diverse articolazioni e nei suoi svariati indirizzi, che vanno al di là di ogni artificiosa barriera tra "scienze della natura" e "scienze umane", che bisogna guardare per dare una risposta seria e credibile ad alcune delle grandi domande che la filosofia si è posta nel corso del suo sviluppo storico.

In questo quadro generale i singoli contributi che vengono proposti sono tutti contrassegnati da frequenti segni d'interpunzione metaforici, per stimolare quel tipo di lettura di cui parla Wittgenstein nei suoi Pensieri diversi: «Con i miei numerosi segni d'interpunzione io vorrei rallentare il ritmo della lettura. Perché vorrei essere letto lentamente». Non sono libri "usa e getta", da affrontare in maniera fugace e sbrigativa. Sono opere che esigono di essere lette seguendo e facendo propria la bellissima (e sempre attuale) massima attribuita a Svetonio, che è un richiamo all'importanza della meditazione: «*Festina lente*».



Maria Luisa Dalla Chiara  
Roberto Giuntini  
Antonino Riccardo Luciani  
Eleonora Negri

## **Dall'informazione quantistica alla musica**

*Illustrazioni di*  
Cristina Seravalli



Copyright © MMXIII  
ARACNE editrice S.r.l.

[www.aracneeditrice.it](http://www.aracneeditrice.it)  
[info@aracneeditrice.it](mailto:info@aracneeditrice.it)

via Raffaele Garofalo, 133/A-B  
00173 Roma  
(06) 93781065

ISBN 978-88-548-6788-8

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,  
di riproduzione e di adattamento anche parziale,  
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie  
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: dicembre 2013

*Dedicato alla memoria di Giuliano Toraldo di Francia,  
che ha ispirato molte idee discusse in questo libro*





# Indice

- 11 *Introduzione*
- 13 *Capitolo I*  
*Enigmi quantistici*
- 23 *Capitolo II*  
*Il paradosso di Einstein–Podolsky–Rosen e la “vera storia” di Susanna*
- 2.1. Azioni a distanza, 23 – 2.2. L'intreccio fra realtà e possibilità, 31 – 2.3. L'esperimento delle due fenditure, 35.
- 41 *Capitolo III*  
*Computer quantistici, psicologia della Gestalt e semantica*
- 3.1. L'uovo di Colombo di Feynman, 41 – 3.2. Bit e qubit, 46 – 3.3. La semantica olistica suggerita dalla computazione quantistica, 48.
- 57 *Capitolo IV*  
*Calcolare e pensare. Il cervello umano si comporta come un oggetto quantistico?*
- 4.1. Calcolare con una macchina di Turing, 57 – 4.2. Un “ballo in maschera” nei teoremi di Gödel, 62 – 4.3. Quanti e cervello, 67.
- 71 *Capitolo V*  
*La monade musicale e il suo contesto*
- 79 *Capitolo VI*  
*Le partiture musicali: un esempio di sintassi bidimensionale*

- 87     Capitolo VII  
      *La relazione parti–tutto nella semantica della musica*  
      7.1. La scelta delle frasi, 87 – 7.2. La scelta dei tempi, 88 – 7.3. La scelta  
      dei significati musicali, 89 – 7.4. La relazione frasi–significati, 94 – 7.5. La  
      scelta dei significati extramusicali, 96.
- 99     Capitolo VIII  
      *La forma “Lied” e l’enigma di Mignon*
- 105    Capitolo IX  
      *Sovrapposizioni di tipo quantistico nella musica*  
      9.1. Ambiguità e sovrapposizioni, 105 – 9.2. Florestan e Eusebius, 108.
- 113    Capitolo X  
      *Una sovrapposizione di Forma–sonata e di Fuga nella Sinfonia  
      Jupiter*
- 123    Capitolo XI  
      *Ambiguità tonali*  
      11.1. Il canto di ringraziamento di Beethoven in modo lidio, 123 – 11.2. Mo-  
      dulazioni e instabilità tonale, 125 – 11.3. Modulazioni in “Kennst du das  
      Land” di Schubert, 127 – 11.4. Indeterminatezza e infinito in *Tristan und  
      Isolde*, 129.
- 135    Capitolo XII  
      *Ambiguità psicologiche e narrative*  
      12.1. Ambiguità e contraddizioni nel *Flauto magico*, 137 – 12.2. Ambiguità  
      e indefinitezza nel *Pelléas et Mélisande*, 141.
- 151    Appendice
- 159    Bibliografia

## Introduzione

Secondo Albert Einstein la meccanica quantistica è una teoria fisica che ha in sé qualcosa di “profondamente musicale”. Che cosa intendeva precisamente con questa osservazione un po’ misteriosa il grande fisico, a cui piaceva suonare il violino?

La posizione di Einstein verso la meccanica quantistica ci appare oggi in un certo senso paradossale, in quanto Einstein è stato nello stesso tempo uno dei padri fondatori, ma anche uno dei principali critici della teoria. Mentre è poco nota la sua idea relativa alla “musicalità” della teoria quantistica, viene invece citata molto frequentemente una sua celebre frase con cui affermava di non poter credere che « Dio giochi a dadi ». In una lettera inviata a Karl Popper, Einstein concludeva così: « non credo che dovremo accontentarci per sempre di una descrizione della natura così esile (*fadenscheinig*) ».

In che senso la meccanica quantistica gli appariva una teoria *fadenscheinig*? Gli argomenti critici più rigorosi sono stati proposti in un articolo pubblicato nel 1935 insieme con Podolsky e Rosen, il cui titolo programmatico era “Can quantum–mechanical description of reality be considered complete?” (“La descrizione quantistica della realtà può essere considerata completa?”). È in questo articolo che è stato esposto per la prima volta un celebre paradosso della teoria quantistica che, in gergo, viene di solito chiamato “paradosso EPR”. C’è una sorta di paradosso nella storia di questo paradosso: molte delle conseguenze che gli autori dell’articolo presentavano come aspetti negativi e potenzialmente contraddittori della teoria quantistica si sono, nel corso del tempo, trasformati in effetti positivi, anche dal punto di vista delle applicazioni tecnologiche. Oggi le “situazioni EPR” costituiscono infatti il fondamento di molti risultati importanti per il *teletrasporto*, la *crittografia* e la *computazione quantistica*.

Al di là delle intenzioni dei loro autori, l’articolo EPR ha stimolato una vera “rivoluzione epistemologica”, in quanto ha costretto a ripensare secondo modalità completamente nuove alcuni nuclei pro-

blematici fondamentali per ogni teoria della conoscenza: il rapporto soggetto osservatore–oggetto osservato, il concetto di oggetto e di proprietà fisica, la relazione parti–tutto per gli oggetti fisici, lo spazio–tempo e il ruolo della probabilità. Oggi si comincia a capire come il misterioso *entanglement* quantistico, che rappresenta la caratteristica più intrigante delle situazioni EPR, possa avere anche delle applicazioni logiche interessanti per descrivere fenomeni di *olismo* e di *contestualità semantica*. Le teorie semantiche tradizionali, fondate sulla logica classica, sono *anti-olistiche e analitiche*. Infatti, in queste teorie, vale un principio generale di *composizionalità* secondo cui il significato di una *espressione composta* deve essere determinato dai significati delle sue *parti*. E i significati vengono descritti sempre come *precisi* e *non ambigui*. Tutto questo fa sì che la semantica classica sia difficilmente applicabile a un'analisi adeguata delle lingue naturali o dei linguaggi dell'arte, dove aspetti olistici, contestuali e ambigui hanno un ruolo fondamentale. Nell'ambito del formalismo quantistico, invece, si possono creare *stati di conoscenza entangled*, dove l'informazione intorno al *tutto* determina le informazioni contestuali intorno alle *parti*. E, in generale, risulta impossibile invertire il procedimento, ricostruendo l'informazione globale come *combinazione* di informazioni parziali sugli elementi componenti. E come se, una volta rotto nei suoi pezzi, il *puzzle* non potesse più ricomporsi ricreando l'immagine originaria.

Può essere ragionevole e interessante applicare queste idee generali, che vengono dal lontano mondo dei quanti, per trattare con strumenti formali astratti alcuni aspetti della musica, dove l'olismo e la contestualità semantica hanno un ruolo essenziale? In questo libro cercheremo di dare qualche risposta a questa domanda.

## Enigmi quantistici

La meccanica quantistica è la teoria fisica che studia il comportamento degli oggetti materiali “molto piccoli” (fotoni, elettroni, protoni, quarks, ...). Che senso può avere trasferire i concetti di questa teoria al di fuori dei suoi confini naturali e applicarli addirittura a un mondo così lontano com'è quello della musica? Il rischio è quello di violare un canone fondamentale del metodo scientifico, secondo cui ogni teoria ha un suo *dominio di validità* caratteristico: pertanto tutte le *estrapolazioni* da un dominio a un altro possono essere pericolose e fuorvianti. In realtà, le cose non sono così semplici. Il comportamento “strano” dei microoggetti (apparentemente così diverso da quello dei macrooggetti con cui siamo abituati a convivere) ha rappresentato, per la comunità scientifica e filosofica, una sorta di campanello di allarme, costringendo a discutere in modo nuovo alcuni concetti fondamentali della teoria della conoscenza. Dopo la “rivoluzione” quantistica è inevitabile ripensare sotto una luce diversa alcune questioni che tradizionalmente hanno impegnato scienziati e filosofi:

- che cosa sono esattamente gli *oggetti*, le loro *proprietà* e le loro *relazioni*?
- Qual è il ruolo degli *osservatori* rispetto agli *oggetti osservati*?
- Qual è il ruolo del concetto di *probabilità*?
- Il concetto di *causa* ha ancora una legittimità scientifica?
- Che cosa significa esattamente *evoluzione nel tempo* e *storia di un individuo*?

Le risposte (parziali) che la teoria quantistica ha dato a queste domande hanno sicuramente un peso anche al di fuori del mondo dei microoggetti. Basti pensare al fatto che forme di *indeterminatezza* e di *ambiguità* sono caratteristiche essenziali non solo dei fenomeni