

PICCOLA BIBLIOTECA ADELPHI

756

DELLO STESSO AUTORE:

L'ordine del tempo
Sette brevi lezioni di fisica

CARLO ROVELLI

Helgoland



ADELPHI EDIZIONI

In copertina: L'isola di Helgoland fotografata
da Hermann Spurzem (1929-1930 ca)

© ARCHIVIO SPURZEM (CC BY-SA 2.0 DE)

© 2020 ADELPHI EDIZIONI S.P.A. MILANO

WWW.ADELPHI.IT

ISBN 978-88-459-3505-3

Anno

2023 2022 2021 2020

Edizione

1 2 3 4 5 6

INDICE

Tuffare lo sguardo nell'abisso	11
--------------------------------	----

PARTE PRIMA

I	19
1. L'assurda idea del giovanissimo Werner Heisenberg: <i>gli osservabili</i>	21
2. La fuorviante ψ di Erwin Schrödinger: <i>la probabilità</i>	34
3. La granularità del mondo: <i>i quanti</i>	42

PARTE SECONDA

II	53
1. Sovrapposizioni	55
2. Prendere ψ sul serio: mondi multipli, variabili nascoste e collassi fisici	65
3. Accettare l'indeterminatezza	74

III		79
	1. C'è stato un tempo in cui il mondo sembrava semplice	81
	2. Relazioni	83
	3. Il rarefatto e lieve mondo dei quanti	90
IV		97
	1. <i>Entanglement</i>	99
	2. La danza a tre che tesse le relazioni del mondo	106
	3. Informazione	109

PARTE TERZA

V		123
	1. Aleksandr Bogdanov e Vladimir Lenin	125
	2. Naturalismo senza sostanza	138
	3. Senza fondamento? Nāgārjuna	144
VI		157
	1. Semplice materia?	159
	2. Cosa significa « significato »?	164
	3. Il mondo visto dall'interno	175
VII		187
	Ma è davvero possibile?	189
	<i>Note</i>	201
	<i>Indice analitico</i>	221

HELGOLAND

*a Ted Newman, che mi ha fatto capire
che non capivo la meccanica quantistica*

Časlav e io siamo seduti sulla sabbia a pochi passi dal mare. Abbiamo parlato fitto per ore. Siamo venuti sull'isola di Lamma, davanti a Hong Kong, nel pomeriggio di pausa della conferenza. Časlav è fra i più rinomati esperti di meccanica quantistica. Alla conferenza ha presentato un'analisi di un complesso esperimento ideale. L'abbiamo discusso e ridiscusso sul sentiero che costeggia la giungla fino alla spiaggia, poi qui, in riva al mare. Arriviamo a essere praticamente d'accordo. Sulla spiaggia c'è un lungo momento di silenzio fra noi. Guardiamo il mare. È davvero incredibile, sussurra Časlav, come si può crederci? È come se non esistesse... la realtà...

Siamo a questo punto con i quanti. Dopo un secolo di strepitosi risultati, dopo averci regalato la tecnologia contemporanea e la base per tutta la

fisica del Novecento, a guardarla bene la teoria di maggior successo della scienza ci riempie di stupore, confusione, incredulità.

C'è stato un momento in cui la grammatica del mondo sembrava chiarita: alla radice di tutte le variegate forme della realtà sembravano esserci solo particelle di materia guidate da poche forze. L'umanità poteva pensare di aver sollevato il velo di Maya: aver visto il fondo della realtà. Ma non è durato a lungo: molti fatti non tornavano.

Fino a che nell'estate del 1925 un ragazzo tedesco di 23 anni è andato a trascorrere giorni di agitata solitudine in una ventosa isola del Mare del Nord: Helgoland, l'Isola Sacra. Lì, sull'isola, ha trovato un'idea che ha permesso di rendere conto di tutti i fatti recalcitranti e di costruire la struttura matematica della meccanica quantistica, la « teoria dei quanti ». Forse la più grande rivoluzione scientifica di tutti i tempi. Il nome del ragazzo era Werner Heisenberg. Il racconto di questo libro si apre con lui.

La teoria dei quanti ha chiarito le basi della chimica, il funzionamento degli atomi, dei solidi, dei plasmi, il colore del cielo, i neuroni del nostro cervello, la dinamica delle stelle, l'origine delle galassie... mille aspetti del mondo. È alla base delle tecnologie più recenti: dai computer alle centrali nucleari. Ingegneri, astrofisici, cosmologi, chimici e biologi la usano quotidianamente. Rudimenti della teoria sono nei programmi delle scuole superiori. Non ha mai sbagliato. È il cuore pulsante della scienza odierna. Eppure resta profondamente misteriosa. Sottilmente inquietante.

Ha distrutto l'immagine della realtà fatta di particelle che si muovono lungo traiettorie definite, senza chiarire come dobbiamo invece pensare il mondo. La sua matematica non descrive la realtà, non ci dice « cosa c'è ». Oggetti lontani sembrano connessi fra loro magicamente. La materia è rimpiazzata da fantasmatiche onde di probabilità.

Chiunque si fermi a chiedersi cosa ci dica la teoria dei quanti sul mondo reale resta perplesso. Einstein, che pure ne aveva anticipato le idee mettendo Heisenberg sulla strada, non l'ha mai digerita; Richard Feynman, il grande fisico teorico della seconda metà del XX secolo, ha scritto che nessuno capisce i quanti.

Ma questo è la scienza: un'esplorazione di nuovi modi per pensare il mondo. È la capacità che abbiamo di rimettere costantemente in discussione i nostri concetti. È la forza visionaria di un pensiero ribelle e critico capace di modificare le sue stesse basi concettuali, capace di ridisegnare il mondo da zero.

Se la stranezza della teoria ci confonde, ci apre anche prospettive nuove per capire la realtà. Una realtà più sottile di quella del materialismo semplicistico delle particelle nello spazio. Una realtà fatta di relazioni, prima che di oggetti.

La teoria suggerisce strade nuove per ripensare grandi questioni, dalla struttura della realtà fino alla natura dell'esperienza, dalla metafisica fino, forse, alla natura della coscienza. Tutto questo è oggi materia di dibattito vivacissimo fra scienziati

e fra filosofi, e di tutto questo parlo nelle pagine che seguono.

Sull'isola di Helgoland, spoglia, estrema, battuta dal vento del Nord, Werner Heisenberg ha sollevato un velo fra noi e la verità; oltre quel velo è apparso un abisso. Il racconto di questo libro parte dall'isola dove Heisenberg ha concepito il germe della sua idea, e si allarga progressivamente alle questioni via via più ampie aperte dalla scoperta della struttura quantistica della realtà.

tit

Ho scritto queste pagine in primo luogo per chi non conosce la fisica quantistica ed è curioso di comprendere, per quanto riusciamo, cosa sia e cosa implichi. Ho cercato di essere più conciso possibile, trascurando ogni dettaglio che non sia essenziale per cogliere il cuore della questione. Ho cercato di essere più chiaro possibile, su una teoria che è al centro dell'oscurità della scienza. Più che spiegare come capire la meccanica quantistica, forse spiego solo perché è così difficile capirla.

Ma il libro è pensato anche per i colleghi, scienziati e filosofi, che più approfondiscono la teoria più ne restano perplessi; per proseguire il dialogo in corso sul significato di questa fisica stupefacente, e andare verso una prospettiva generale. Il libro ha numerose note destinate a chi conosca già bene la meccanica quantistica. Dicono con più precisione quanto cerco di dire nel testo in forma più leggibile.

L'obiettivo principale della mia ricerca in fisica

teorica è stato comprendere la natura quantistica dello spazio e del tempo. Rendere la teoria dei quanti coerente con le scoperte di Einstein su spazio e tempo. Mi sono trovato a riflettere continuamente sui quanti. Questo testo è il punto a cui sono arrivato oggi. Non ignora opinioni diverse, ma è risolutamente di parte: è centrato sulla prospettiva che considero efficace e ritengo apra le strade più interessanti, l'interpretazione «relazionale» della teoria.

Un avvertimento prima di iniziare. L'abisso di quello che non sappiamo è sempre magnetico e vertiginoso. Ma prendere sul serio la meccanica quantistica, riflettere sulle sue implicazioni, è un'esperienza quasi psichedelica: ci chiede di rinunciare, in un modo o nell'altro, a qualcosa di quanto ci sembrava solido e inattaccabile nella nostra comprensione del mondo. Ci chiede di accettare che la realtà sia profondamente diversa da quanto immaginavamo. Di tuffare lo sguardo in quell'abisso, senza temere di sprofondare nell'insondabile.

Lisbona, Marsiglia, Verona, London Ontario,
2019-2020