

PICCOLA BIBLIOTECA ADELPHI

748



*Terry Rudolph*

Q UANTI

*Traduzione di Matteo Polettini*



ADELPHI EDIZIONI

TITOLO ORIGINALE:

*Q Is for Quantum*

Cura editoriale  
di Maurizio Bruno e Mauro Sellitto

Il traduttore ringrazia per la preziosa  
collaborazione la comunità di ExTemporanea  
([www.scienceground.it](http://www.scienceground.it))

© 2017 TERRY RUDOLPH

All rights reserved

© 2020 ADELPHI EDIZIONI S.P.A. MILANO

Adelphi autorizza la riproduzione di brani  
o parti dell'opera a scopi esclusivamente didattici

[WWW.ADELPHI.IT](http://WWW.ADELPHI.IT)

ISBN 978-88-459-3451-3

Anno

Edizione

---

2023 2022 2021 2020

---

1 2 3 4 5 6 7 8

## INDICE

<i>Prefazione</i>	13
<i>Introduzione</i>	15

### PARTE PRIMA Q-COMPUTAZIONE

Palline bianche o palline nere?	23
Colpo di scena	28
L'unica spiegazione che conosciamo	38
Rappresentare la sovrapposizione, il nuovo stato di esistenza fisico-logica	40
La nebbia è veramente uno « stato di esistenza fisico »?	48
Le regole di calcolo	50
Logica dal movimento di materia	51
La nebbia attraversa le scatole logiche	54
La nebbia attraversa sia le scatole logiche sia le scatole PETE	58
Collisioni nella nebbia	61
Una punteggiatura corretta... è essenziale!	64
Una lezione all'ora di pranzo	65

I calcoli con scatole PETE possono essere molto redditizi	69
Il calcolo di Archimede (consideratelo un contorno)	75
Non c'è limite ai giochi di prestigio?	81
Perché questi fantastici com-PETER non sono ancora disponibili?	87
Sommario della Parte prima	88

PARTE SECONDA  
Q-ENTANGLEMENT

Un test sulla telepatia	95
Si gioca	108
Che cosa è andato storto?	114
Una questione ingarbugliata: come diavolo hanno fatto?	114
Correlazioni non locali	120
Che strane, le correlazioni causali non locali!	125
Calcolare la probabilità di osservare una particolare configurazione in una nebbia complicata	132
Osservare solo alcune palline in uno stato nebbioso con più palline	134
<i>Entanglement</i>	137
Sommario della Parte seconda	144

PARTE TERZA  
Q-REALTÀ

Fisica e realismo	149
Proprietà fisiche	151
Corrispondenza tra matematica e proprietà fisiche	153
Una descrizione più approfondita dello stato roccioso di una moneta	156
Riconsideriamo il nostro primo dilemma	165
Due variazioni sulla « realtà » dello stato nebbioso	166
Se gli stati nebbiosi sono reali, dovremmo collassare nella nebbia?	171
Collassi monetari, collassi mentali	177
Einstein si butta nella mischia	180
Mettiamo in dubbio le due assunzioni di Einstein	188
Più veloce della luce: perché no?	190
L'orsetto Pooh fa un casino pazzesco	193
Come vince Uffa	203
Ricapitoliamo, rispieghiamo	207
Considerazioni finali	211
Sommario della Parte terza	213
Epilogo	215
<i>Storia, contesto e altre letture</i>	219
<i>Ringraziamenti</i>	229





# QUANTI

*Dedicato a Xavier, Aby,  
Lydia, Jesse e Caleb*



## PREFAZIONE

Questo libro è stato scritto per un ragazzo come potevo essere io a quindici anni. Be', ci sono un sacco di suggerimenti che darei al me stesso di allora di cui non vi importa nulla, e ci sono moltissime cose che mi appassionavano a quindici anni e che non sono raccontate in questo libro. Ma una cosa che di sicuro mi interessava a quell'età era la scienza, e ricordo distintamente la mia frustrazione per la mancanza di spiegazioni concrete nelle esposizioni divulgative di fisica moderna destinate al grande pubblico. Le descrizioni eccitanti che vi trovavo, alla fine, erano parole vuote. Vaghe nei dettagli e piene di gergo specialistico, di analogie discutibili e di pretenziose e alquanto oscure affermazioni sulla natura della realtà fisica. Per giustificare implicitamente la mancanza di spiegazioni vi si raccontavano aneddoti storici di come tali scoperte avessero confuso persino i fisici illustri che le avevano fatte.

Per uno che voleva affrontare subito questi misteri la situazione era desolante. A diciassette anni, fallito il tentativo di risolverli al liceo, sono stato obbligato a iscrivermi all'università e a sprecare anni nello studio della fi-

sica. I fallimenti hanno continuato ad accumularsi e ho finito per fare il fisico di professione – ma ancora oggi rimango confuso e stupefatto dalle nostre leggi fisiche.

Una recente scoperta matematica (non mia) suggerisce un metodo molto diverso per presentare alcuni dei fenomeni più interessanti e stravaganti della fisica moderna. Conversando con i ragazzi, ho constatato che persino gli studenti che conoscono solo l'aritmetica di base possono arrivare a comprendere le caratteristiche salienti di molti degli aspetti più sconcertanti del mondo naturale. Per esempio mio nipote, di nove anni, ha capito la ragione del mistero che circonda quello che accade « realmente » dentro le enigmatiche scatole PETE (di cui parlo nella prima parte), e mi ha chiesto se l'avessi già risolto... Forse voleva battermi sul tempo, pur non avendo ancora finito le elementari.

Ho quindi deciso di descrivere nel dettaglio questo metodo. Eccolo qui. Ovviamente è molto più facile spiegare questo tipo di cose in classe attraverso il dialogo. Sarebbe fantastico se gli insegnanti di scuola superiore fossero interessati a questo approccio e si sentissero abbastanza a loro agio per spiegare questi fatti meravigliosi ai propri studenti. Il loro parere è benvenuto, in particolare per quanto riguarda altre risorse che sarei felice di mettere a loro disposizione per facilitare l'insegnamento.

## INTRODUZIONE

Questo libro si occupa di alcuni fenomeni fisici profondamente misteriosi; di come, pur senza averli davvero capiti, intendiamo impiegarli nella realizzazione di nuove meravigliose tecnologie; e di dove siamo arrivati nei nostri tentativi di raggiungere una miglior comprensione di tali fenomeni.

La matematica ci aiuta a descrivere ciò che accade nel mondo fisico che ci circonda. Questo non solo perché le affermazioni quantitative (quelle precise e tecniche, come: « Il tempo per arrivare al suolo cadendo da un albero è 1,4142... volte il tempo di caduta da un albero alto la metà, indipendentemente dall'altezza dell'albero e dalla dimensione del pianeta in cui siamo) sono spesso più utili di quelle qualitative (nella maggior parte dei casi vaghe e imprecise, tipo: « Bella scoperta, ci vuole più tempo perché l'albero è più alto. Su quale pianeta vivi? »), ma soprattutto perché, per un fisico, la matematica è inseparabile dalla nostra comprensione del mondo. È accaduto spesso che si riuscisse a predire l'esistenza di nuovi oggetti e nuovi fenomeni fisici unicamente in base alla matematica. Le equazioni matematiche della fisica – le « leggi

fisiche » – in genere ci forniscono regole precise e meravigliosamente complesse per capire in che modo gli oggetti che osserviamo direttamente – o che crediamo esistano – si connettono gli uni agli altri. Tuttavia permane un'incertezza riguardo al rapporto tra le astrazioni della matematica, senza dubbio utili, e il mondo fisico.

La fisica moderna si trova in una strana situazione. Alcune delle nostre leggi più importanti conducono a una visione del mondo fisico a dir poco singolare (alcuni direbbero del tutto insensata) quando consideriamo gli oggetti matematici della teoria come corrispondenti a qualcosa di fisicamente reale.

Più in dettaglio, allora, questo libro si occupa della tensione tra l'astrattezza della matematica, le osservazioni fisiche, e la descrizione che se ne trae. Strada facendo mi propongo di chiarire le potenzialità e le limitazioni di alcune delle tecnologie più affascinanti che stiamo oggi costruendo, e che si basano su leggi che comprendiamo solo in maniera incompleta.

Sfortunatamente non tutti sono bravi in matematica, e la maggior parte delle persone possiede solo nozioni elementari di fisica. Per raccontare la storia straordinaria di quest'avventura intellettuale tuttora in corso e le controversie che la circondano, io e tanti altri di solito siamo ricorsi a esposizioni qualitative, che purtroppo sono molto, molto limita-

te. Affidarsi solo a queste descrizioni non permette di dare un contributo significativo alla discussione, nonostante le numerose mail che ricevo da vari squinternati suggeriscano il contrario. È come se *La notte stellata* di van Gogh vi venisse descritta a parole da qualcuno che ne ha visto solo una foto in bianco e nero. Magari morsicata da un cagnolino.

Mi sono reso conto di recente che si può fare di meglio. Credo di potervi aiutare a capire molti dei misteri che circondano il nostro umiliante fallimento nel tentativo di ricondurre alcune equazioni matematiche – che senza dubbio di sorta descrivono con precisione gli esperimenti – a una descrizione fisica universalmente accettata.

In linea di massima la sola matematica richiesta in questo libro è l'aritmetica elementare. Di fatto anche i disegni che vedrete nelle pagine seguenti sono matematica. Sono simboli sulla carta che manipoliamo secondo certe regole fissate, e hanno relazioni sottili gli uni con gli altri; fungono da scorciatoie per descrizioni che altrimenti sarebbero molto più lunghe e verbose. Tutta la matematica è nient'altro che questo. Ciò che proverò a fare con questi disegni è quello che noi fisici teorici facciamo per guadagnarci da vivere – giochiamo con numeri, equazioni e diagrammi, tentando di descrivere certi fatti che osserviamo, o che sospettiamo succedano. Quando scopriamo delle leggi che sembrano spiegare

una data situazione con regolarità, ne siamo felici e le usiamo per calcoli ancora più complicati relativi a situazioni analoghe, anche se permane qualche perplessità. Finché i risultati calzano con le osservazioni, siamo soddisfatti delle nostre equazioni, ma in fondo non ne siamo del tutto appagati: alla fine vorremmo capire cosa significa la nostra matematica in termini di quel che accade realmente nel mondo fisico.

Nella prima parte presenterò degli esperimenti sorprendenti, ma semplici e facili da effettuare, e al tempo stesso costruirò la matematica necessaria per descriverli. Partendo di qui sarò in grado di mostrarvi come presto potremo costruire nuovi tipi di computer che usano una logica molto diversa dalla nostra. Ne potremo comprendere il funzionamento anche senza avere una conoscenza approfondita di ciò che vi accade internamente a livello microscopico. Nella seconda parte affronteremo gli strani fenomeni della non-località e dell'*entanglement*, che sono stati le mie «droghe di passaggio» verso la fisica. Nella terza parte faremo un viaggio psichedelico in cui esploreremo la forte incompatibilità tra il «realismo fisico», che molti danno per scontato, e ogni descrizione esatta di ciò che realmente accade... e vi verrà il sospetto che forse i fisici assumono per davvero certe sostanze.

A questo punto dovrei dedicare qualche altra



pagina a chiacchiere apparentemente profonde sia per imbastire la storia di questo libro sia per indurvi a comprarlo. Ma finché avete ancora la mente fresca preferirei che vi concentrate su alcuni aspetti tecnici.