

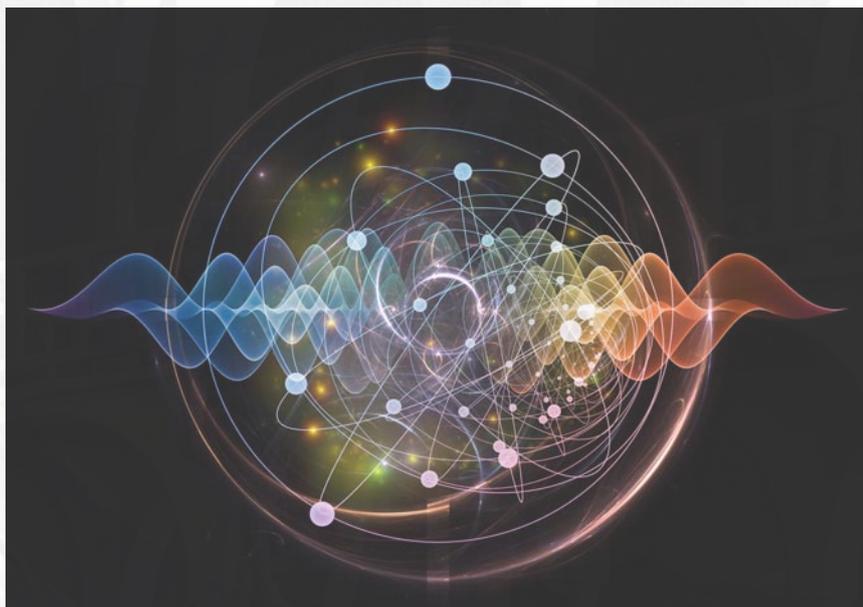


SCIENZA, ULTIMA FRONTIERA

2022 • OTTAVA EDIZIONE

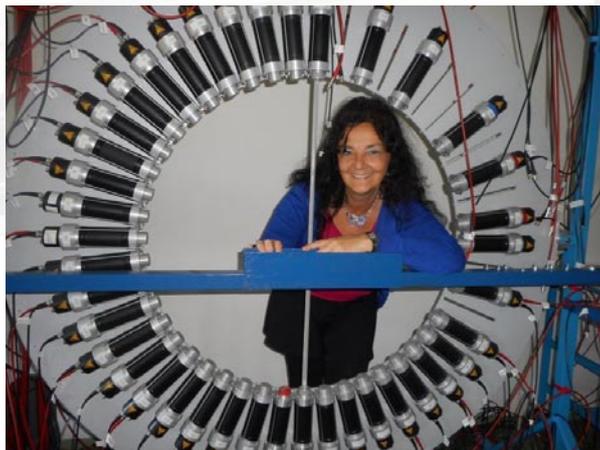
NON È COME HYBRAS

1



Quanti *quanti* ci sono nell'atomo?

L'incredibile mondo della **fisica quantistica**



INFOBIBLIOGRAFIA



**CATALINA
CURCEANU**

Comincia una nuova rassegna e questa volta il filo rosso è quello delle verità controintuitive della scienza. L'intuizione, il senso comune, l'apparente ovvietà di quel che appare ai nostri sensi sono importanti strategie di risparmio per il nostro cervello. Funzionano in moltissime circostanze, ci hanno salvato la vita lungo la nostra storia evolutiva.

Ma hanno un limite: a volte ci ingannano, ci sviano, ci tengono bloccati su convinzioni in realtà fallaci.

La scienza ha imparato, nella sua lunga avventura, a saper diffidare del senso comune, a ricercare ipotesi anche quando sembrano impossibili, per poi verificarle con attenzione e rigore alla prova dei fatti.

Facendo così abbiamo abbandonato il geocentrismo ma anche la convinzione radicata che le orbite dei pianeti dovessero essere per forza circolari...

Pensavamo dunque di essere diventati grandi, capaci di riadeguare le nostre visioni del mondo ogni qual volta una nuova scoperta le rimetteva in discussione.

Abbiamo digerito la grande rivoluzione della relatività, abituandoci gradualmente a pensare il mondo in modo diverso...

Ma di fronte alla meccanica quantistica anche le più grandi menti avvezze a rivoluzionare i propri modi di vedere hanno mostrato chiare difficoltà a conciliare i risultati evidenti dei

calcoli con una nuova immagine di mondo, in cui valgono cose impensabili quale la sovrapposizione di stati (essere contemporaneamente due cose opposte), i misteriosi legami a distanza tra particelle, la probabilità irriducibile con cui "funziona" la materia nel mondo subatomico, il valore della misura che sembra non scoprire ma "far esistere" le cose e via dicendo...

La meccanica quantistica è uno dei capisaldi della conoscenza umana, ed è indubbio che funzioni, tant'è che gran parte del nostro mondo tecnologico si basa proprio su quelle leggi che dei giovani fisici spregiudicati portarono alla luce giusto un secolo fa...

Ma, allora, dobbiamo chiederci, come è fatto davvero il mondo? È il problema delle interpretazioni della quantistica, ne sono state

proposte molte in questi decenni: alcune ingegnose, altre fantasiose, ma non c'è ancora una risposta definitiva.

Nel frattempo il fascino di questa disciplina viene sempre più utilizzato per dare credito alle teorie più strampalate, assurde e anche truffaldine: una ricerca in rete basta a dimostrarlo, troverete milioni di risultati

con le cose più esoteriche quali la sedicente "teoria quantistica dell'anima". Ecco perché è necessario che tutti e tutte, anche se profani di fisica, ci facciamo un'idea di base, chiara e affidabile, su cosa sia davvero la meccanica quantistica.

Buon viaggio nel mondo subatomico!



BIBLIOTECA CIVICA DI BRUGHERIO



via Italia, 27 • tel. 039.2893.401
biblioteca@comune.brugherio.mb.it
www.comune.brugherio.mb.it
catalogo online: www.biblioclick.it
pagina FB • canale Youtube

Aperta al pubblico:

lunedì	9 - 12.30
martedì	9 - 19
mercoledì	9 - 19
giovedì	14 - 19
venerdì	9 - 19
sabato	9 - 12.30 e 14 - 18



Si occupa di quark strani, kaoni, modelli di riduzione dinamica, collasso gravitazionale della funzione d'onda e violazione del principio di Pauli.

Chiaro, no?

Forse è meglio partire dall'inizio...

Catalina Curceanu nasce a Bled, in Romania, «in Transilvania - specifica, a poca distanza dal castello di Dracula...». Ben presto si indirizza verso gli studi scientifici per coltivare la sua incontenibile passione per la conoscenza:

«Il mondo è bellissimo e capirlo è immensamente appagante. La scienza ha un fascino incredibile: la scienza è curiosità manifesta, è passione, logica e anche amore. Fare scienza, fare ricerca ha un valore intrinseco, profondamente umano. L'arte e la scienza sono due volti della stessa faccia, la creatività. Fare scienza, investire nella ricerca, è anche una necessità: se vogliamo progredire come società, non possiamo fare altro che ricercare. Le soluzioni ai tanti, tantissimi problemi che dobbiamo affrontare, dall'energia all'inquinamento, dalla salute al benessere, passano necessariamente attraverso la ricerca».



Il suo territorio è la fisica, attualmente è primo ricercatore dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Laboratori Nazionali di Frascati. Dal castello di Dracula ai Castelli Romani («quando sono arrivata ero astemia» confessa in un'intervista, ma il buon vino di quelle parti deve averle fatto cambiare idea...). Divide il suo tempo e le sue ricerche con un altro luogo simbolo della fisica in Italia, i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, il centro di ricerca sotterraneo più grande e importante del mondo, ma anche in Giappone, presso un altro acceleratore...

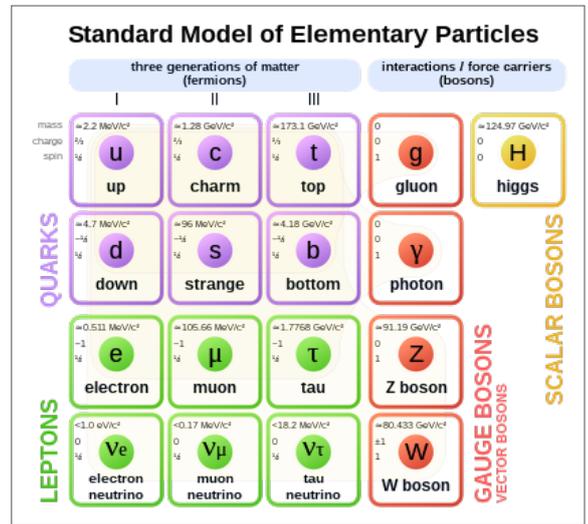
Più che scrivania e computer, dunque, il suo vero ambiente sono i luoghi dove si fanno esperimenti dai nomi esotici e misteriosi, dove si scruta la materia nelle sue componenti fondamentali, nelle sue interazioni e persino in stati e condizioni estreme, rare e molto particolari. Si cerca di capire come è fatto questo mondo e le sorprese sono costantemente dietro l'angolo. Vediamo allora i progetti di ricerca internazionali che la nostra ospite coordina.

SIDDHARTA-2

Fin dal suo arrivo in Italia, Catalina Curceanu si occupa di fisica sperimentale e in particolare di fisica "strana". Noi profani saremmo propensi a definire strana un po' tutta la fisica, o almeno quella che si occupa del mondo subatomico; per i tecnici strane sono quelle particelle che in natura non esistono in modo stabile, ma possono crearsi per qualche brevissimo istante in particolari condizioni. Per "crearle" ci vuole anzitutto un acceleratore e a Frascati ce n'è uno, si chiama Daphne, come la ninfa amata da Apollo.



Due anelli lunghi circa cento metri, in cui circolano fasci ad alta intensità di elettroni e positroni che si incrociano in due possibili punti d'interazione. Qui servono dei rivelatori molto sensibili, capaci di accorgersi delle particelle che vengono a formarsi. Lo scopo è dare la caccia al “quark strano”, una delle particelle elementari previste dal *Modello standard*. L'esperimento vede una collaborazione di istituzioni scientifiche da Italia, Austria, Romania, Germania, Canada, Croazia, Polonia e Giappone. «È un modo di indagare la stranezza e la sua interazione con la materia nucleare. È qualcosa di estremamente affascinante. Mi ricorda un detto di Edgar Allan Poe: “Non esiste una bellezza squisita senza qualche stranezza in mezzo”».



VIP

La sigla del progetto, che si svolge nei laboratori del Gran Sasso, sta per **VI**olation of the **PA**uli **EX**clusion **PR**inciple. Cioè? «*Studiamo la possibile violazione del principio di esclusione di Pauli, uno dei capisaldi della fisica moderna e della nostra comprensione dell'Universo, verificando se possono esistere due elettroni in un atomo con esattamente gli stessi numeri quantici*». Atomi

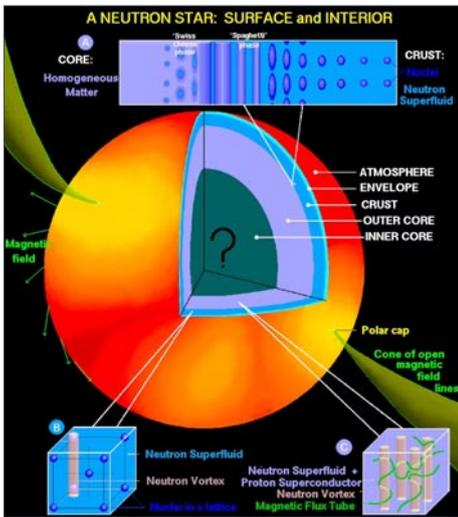


impossibili, che forse esistono anche se... non dovrebbero. Elettroni che vanno a riempire gli orbitali andando, per così dire, in *overbooking* ... Qui si mescolano teoria e sperimentazione, nuove ipotesi oltre il Modello Standard e innovativi rivelatori, in un progetto di ricerca che potrebbe rivoluzionare per sempre quello che pensiamo di sapere, oppure anche fallire. Un bivio da non dormirci la notte, ma gli scienziati sono abituati a questo. Catalina sa scherzarci sopra: «*Con questa ricerca potremmo arrivare al Nobel oppure all'Ignobel*». Quest'ultimo è il premio satirico che viene

attribuito ogni anno alle ricerche più strambe, assurde e sconclusionate della scienza, ma pur sempre divertenti e non inutili.

VIP si propone un altro obiettivo, altrettanto potenzialmente rivoluzionario, che ha a che fare con il collasso della funzione d'onda, frase in codice che serve a distinguere chi si occupa di quantistica e chi invece fa il bibliotecario... Si sa che c'entrano un premio Nobel (Roberto Penrose), uno dei più famosi gatti della storia della scienza (quello pensato da Schrödinger, naturalmente) e il noto problema della “misura”, che nella quantistica indica il momento in cui la particella, disturbata dall'osservatore, assume delle caratteristiche precise, rinunciando alla bellezza di possederle tutte, come essere da nessuna parte e dappertutto nello stesso istante... La gravità potrebbe armonizzare il mondo macroscopico e quello subatomico, nel quale sembrano valere leggi molto diverse... Chissà come andrà a finire, di sicuro non mancheranno sorprese. Il progetto si è aggiudicato uno dei venti *grant* (finanziamenti europei), selezionato fra 240 provenienti da tutto il mondo. «*La notizia della vittoria del mio progetto mi rende orgogliosa e felice. Ora non ci resta che impegnarci per ottenere risultati importanti, verso una comprensione più profonda del meraviglioso universo di cui facciamo parte, persino al di là dell'attuale teoria quantistica*».





VIP ha un esperimento gemello in Giappone, presso l'**acceleratore J-PARC**, la nostra ospite rimbalza da un lato all'altro del mondo alla ricerca degli atomi strani, in questo caso un atomo di elio-3, una scoperta che *«potrebbe essere rilevante nelle meravigliose stelle di neutroni, delle quali non conosciamo ancora la struttura interna. Le stelle di neutroni potrebbero avere un “cuore strano”, e noi lo possiamo studiare in laboratorio! Non è meraviglioso? Studiare in laboratorio le stelle di neutroni è affascinante e noi abbiamo dimostrato, anche se la strada è ancora lunga, che è possibile»*.

Nel settembre 2019, Catalina Curceanu è stata protagonista di una puntata della **trasmissione RAI** dedicata al mondo della ricerca, condotta da Davide Coero Borga. La puntata è disponibile sul sito di RaiPlay, si può vedere la nostra ospite aggirarsi tra i curiosi macchinari dove si svolgono i suoi progetti di ricerca, a Frascati e al Gran Sasso, circondata da équipe di ricercatori da tutto il mondo, precisi, pazienti e contagiati dalla passione strabordante della loro coordinatrice. Chissà se proprio in questi locali verrà aperta la porta a una nuova stagione della nostra conoscenza del mondo. Forse sì, forse no, una cosa è certa: la passione per la conoscenza è una lezione che non potrà più essere dimenticata.



Non elenchiamo i numerosi premi che la scienziata ha ricevuto nella sua carriera di studio e ricerca, con l'eccezione di uno particolarmente significativo per il suo valore insieme scientifico e sociale. Si tratta del **premio Emmy Noether** per donne che si distinguono in fisica, ottenuto nel 2016; la motivazione del premio cita anche l'impegno della Curceanu sul fronte della divulgazione ed educazione scientifica: *«Mi è sempre piaciuto spiegare a tutti quanto sia bella la fisica e quanto sia importante per il nostro futuro - ha spiegato la ricercatrice, che ha poi proseguito con una dedica davvero toccante. «Questo premio è un po' come se mi mettesse ali per continuare, da una parte, ad esplorare le meraviglie dell'Universo attraverso i miei studi nel campo della fisica nucleare e fondamentale, per promuovere il ruolo della scienza e del desiderio di conoscere, spinti dalla pura curiosità. Vorrei dedicare questo risultato non soltanto alla mia*



famiglia, ai miei colleghi e agli amici, ma anche a tutti quelli che sognano, che guardano le stelle e si meravigliano di quello che vedono, di qualunque religione, colore della pelle, orientamento sessuale o politico siano. Se c'è qualcosa che davvero ci unisce tutti quanti è, infatti, proprio il desiderio di conoscere ed esplorare».

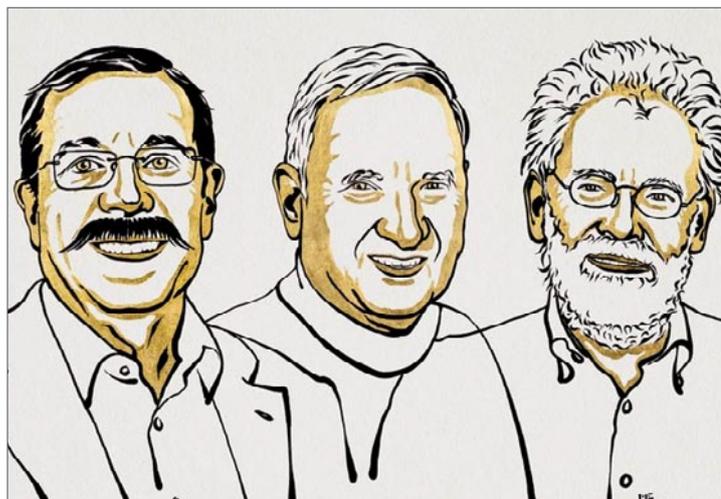


NON È COME
SEMERA
NON

ALLA SCOPERTA DELLA QUANTISTICA

È una materia che sconcerta e destabilizza, parlarne da non specialisti è davvero molto difficile. Ci si rifugia volentieri nell'aneddoto, nelle curiosità secondarie o nelle frasi a effetto, le quali sono ormai onnipresenti, dal «Penso di poter affermare tranquillamente che nessuno capisce la meccanica quantistica» di Richard Feynman, al «Chiunque non resti scioccato dalla teoria dei quanti non la capisce» di Niels Bohr, fino all'iconico onnipresente motto «Zitto e calcola» di dubbia attribuzione.

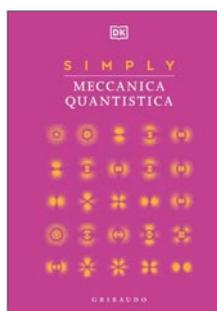
Ogni tanto la quantistica torna alla ribalta della cronaca, in occasione di qualche evento particolare, come ad esempio la recente attribuzione del premio Nobel 2022 per la fisica. A vincerlo sono stati tre scienziati, **il francese Alain Aspect**, **l'americano John F. Clauser** e **l'austriaco Anton Zeilinger** che hanno lavorato separa-



tamente a un obiettivo comune. Recita la motivazione degli accademici di Svezia: «Per i loro esperimenti con l'entanglement dei fotoni, che hanno permesso di stabilire la violazione delle disuguaglianze di Bell e i lavori pionieristici nella scienza dell'informazione legata alla quantistica». Parole che hanno messo a dura prova tutti i divulgatori e i giornalisti, che hanno provato a dare un'immagine concreta di queste astruse cose, usando monete, giochi di carte e altre analogie più o meno efficaci. Ciò non significa che la quantistica sia *off li-*

mits ai non addetti ai lavori, si può entrare a scrutarla nelle sue linee generali anche da profani, a patto di avere un buon accompagnatore o una buona accompagnatrice che ci faccia da guida esperta e attenta.

Vediamo allora qualche buon esempio, adatto a chi voglia provare a farsi un'idea, da neofita.

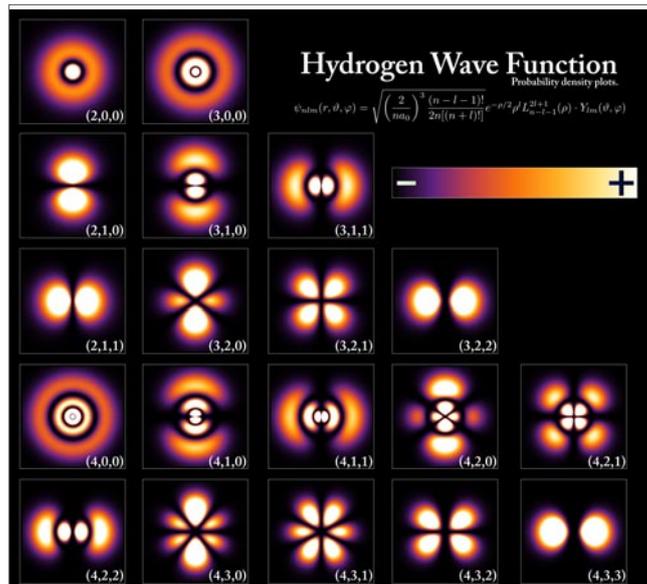


Simply. Meccanica quantistica, Gribaudo, 2022

Per chi ama l'infografica, ecco un testo ideale per familiarizzare con l'universo della quantistica: tante immagini, brevi descrizioni.

Joanne Baker, 50 grandi idee: fisica quantistica, Dedalo 2014

Cinquanta brevi capitoli, da leggere anche in ordine sparso, per un viaggio che segue contemporaneamente l'andamento storico delle varie scoperte e le idee-chiave che hanno punteggiato questa affascinante avventura della conoscenza umana.

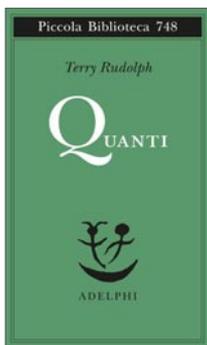
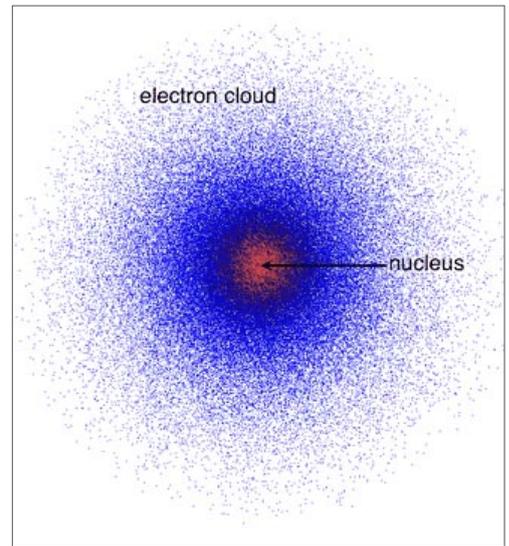


Pietro Greco, **Quanti. La straordinaria storia della fisica quantistica**,

Carocci 2020

Si tratta dell'ultima opera di uno dei più grandi divulgatori scientifici del nostro tempo, il compianto Pietro Greco, ospite della nostra seconda rassegna, scomparso nel 2020. Divulgare non vuol dire banalizzare, così come parlare un linguaggio comune non vuol dire essere imprecisi o pressapochisti... Quest'opera ne dà piena dimostrazione, accompagnando il lettore profano attraverso la storia, tutt'altro che lineare, lunga poco più di un secolo. Il fisico Gianni Battimelli, recensendo il libro sul sito di *Scienza in rete*, ha messo in luce come «*alla fine, di un racconto si tratta; questo libro non è né un manuale di meccanica quantistica né un saggio accademico di storia della scienza, e si rivolge a un pubblico molto più vasto di quello degli addetti ai lavori*».

Ci vogliono competenza, passione ed empatia coi lettori per scrivere bene di scienza, e Pietro Greco ne è stato maestro. Significative le righe con cui chiude il libro: «Quello che abbiamo cercato di raccontare è la storia del più ricco e profondo dibattito scientifico e filosofico sulla natura dell'universo. Cioè sul tutto. [...] Occorre cercare di unificare l'intera fisica. Ne consegue che o la relatività generale o la meccanica quantistica in tutte le sue interpretazioni o entrambe sono incomplete. Chi, dunque, completerà il "cantico sei quanti". Ammesso, s'intende, che ci sia una fine nella ricerca».

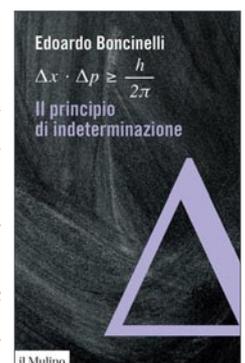


Terry Rudolph, **Quanti**, Adelphi 2020

Suo nonno, Erwin Schrödinger, aveva immaginato il gatto. Il nipote, Terry, docente di fisica all'Imperial College di Londra, preferisce di gran lunga scatole con palline bianche e nere, ingredienti semplici con cui tenta l'impresa complicata di spiegare la quantistica. Il meccanismo funziona, il lettore rimane coinvolto e nemmeno si accorge di essere del tutto concentrato su questioni complesse e controintuitive. La lettura è aiutata non poco dallo stile scanzonato dell'autore, di cui l'incipit è un esempio formidabile: «*Questo libro è stato scritto per un ragazzo come potevo essere io a quindici anni. [...] Ricordo distintamente la mia frustrazione per la mancanza di spiegazioni concrete nelle esposizioni di fisica 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 oscure affermazioni sulla natura della realtà fisica. Per giustificare la mancanza di spiegazioni si raccontavano aneddoti storici... Per uno che voleva affrontare subito questi misteri la situazione era desolante*». Insomma, per ovviare a questo ha dovuto laurearsi in fisica e inventare un modo nuovo di spiegare e raccontare... con palline bianche o nere e semplici "scatole PETE".

Edoardo Boncinelli, **Il principio di indeterminazione**, Il Mulino 2020

La collana "Formule per leggere il mondo" prova a raccontare scoperte scientifiche determinanti a partire proprio dalla formula matematica che esprime una legge, per poi spiegarne con pazienza significati e implicazioni. Qui è uno dei più grandi divulgatori italiani, Edoardo Boncinelli, a cimentarsi con la formula che Werner Heisenberg pubblicò, nel 1927, con l'effetto di «*un fulmine a ciel sereno*», coinvolgendo sì la comunità scientifica in primis, ma poi a cascata l'intero pensiero dell'epoca, persino nell'arte. Non poter conoscere tutto, allo stesso tempo, di una particella, cozza contro il senso comune e la convinzione profonda che la conoscenza non può e non deve avere limiti. In realtà «*il vincolo non è aggirabile, ma nemmeno paralizzante*», spiega l'autore.



Fabio Chiarello, **L'officina del meccanico quantistico**, Maggioli 2014

Per quanto astruse e spiazzanti, le scoperte della fisica quantistica stanno alla base di grandissima parte dello sviluppo tecnologico attuale e probabilmente del prossimo futuro. Ma cosa vuol dire esattamente? Ecco un testo che ci porta fin da subito nei laboratori, per poi aprirci i mondi sperimentali che le teorie quantistiche hanno reso possibili. «*Posiamo il gessetto per afferrare un saldatore, un paio di forbici e un rotolo di scotch*» per vivere «*esperienze di quantistica superconduttiva*».



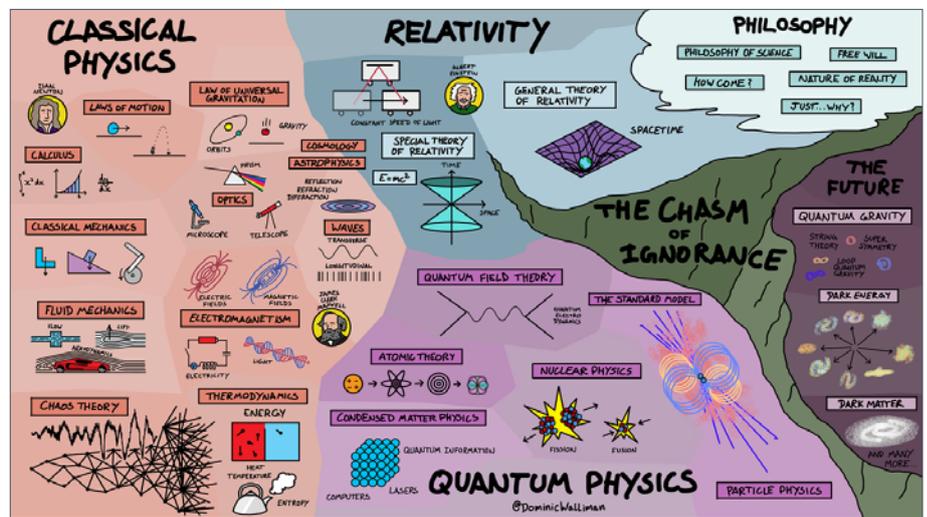
Leon M. Lederman e Christopher T. Hill, Fisica quantistica per poeti, Bollati Boringhieri 2016

Il titolo, bizzarro quanto la materia di cui si parla, affascina ma può trarre in inganno: il libro non ha come obiettivo quello di spiegare il mondo dei quanti ai poeti; al contrario, desidera mostrare agli scienziati che ci sono delle componenti della loro disciplina che il linguaggio della poesia può in qualche modo riuscire a raccontare. Gli autori sono due fisici molto solidi, uno dei quali può vantare un premio Nobel. In qualche modo ci sentiamo dire che la quantistica è accessibile solo se si accoglie in qualche modo lo spirito dei poeti. Come accade con la poesia, qualsiasi interpretazione diamo ai suoi risultati essa sembra non corrispondere mai alle nostre idee intuitive sulla realtà. «*La natura parla in una lingua diversa che dobbiamo imparare – concludono Lederman e Hill – così come sarebbe bene leggere Camus nell'originale francese e non in una traduzione piena di slang americano. Se qualche passo ci dà filo da torcere, prendiamoci una bella vacanza in Provenza e respiriamo l'aria della Francia, piuttosto che rimanere nella nostra casa in periferia e cercare di adattare a quel mondo così diverso la lingua che usiamo ogni giorno.*».

Brian Cox, Jeff Forshaw, L'universo quantistico svelato (e perché non cadiamo attraverso il pavimento),

Hoepli 2021

«*La teoria quantistica è l'esempio principe dell'infinitamente esotico che diventa profondamente utile*» così affermano i due autori del saggio, fisici appassionati di divulgazione. L'intento dichiarato è sì di introdurre il lettore non esperto nei meandri di una branca del sapere che gode reputazione di grande stranezza, ma allo stesso tempo di «*demistificarla*», cioè di mantenerla saldamente nell'ambito della scienza e sottraendola con decisioni alle suggestioni esoteriche di cui è oggetto, operazione mistificante che deriva: «*dalla mancanza di lucidità di pensiero, da malintesi in buona o cattiva fede*». La quantistica «*offre una descrizione della natura di una potenza predittiva incredibile e con un'impressionante capacità di spiegazione su un intervallo molto ampio di fenomeni, dai chip di silicio alle stelle*».



alle suggestioni esoteriche di cui è oggetto, operazione mistificante che deriva: «*dalla mancanza di lucidità di pensiero, da malintesi in buona o cattiva fede*». La quantistica «*offre una descrizione della natura di una potenza predittiva incredibile e con un'impressionante capacità di spiegazione su un intervallo molto ampio di fenomeni, dai chip di silicio alle stelle*».



Gabriella Greison, Guida quantistica per anticonformisti. Viaggio nella fisica che Newton non approverebbe, Mondadori 2021

Gabriella Greison, Guida quantistica per anticonformisti. Viaggio nella fisica che Newton non approverebbe, Mondadori 2021

«*Mi piace definirmi "coach della quantistica", perché sento la necessità e l'urgenza di raccontare una materia, una branca del sapere che la maggior parte delle persone ignora, e io non riesco a capire perché la ignorano*» ha dichiarato l'autrice, in un dialogo con Lucia Votano, una delle più importanti fisiche viventi. Il libro è un vero viaggio condotto da una guida brillante e arguta, che si propone il compito di spiegare nientemeno che a Newton le conquiste della quantistica, proprio perché il fisico inglese è il rappresentante della fisica classica, quella con cui tutti noi ci siamo fatti l'immagine di come funziona il mondo. Ecco perché anche lettori e lettrici devono restare scioccati da questa rivoluzione. Non a caso la stessa Greison definisce il suo saggio «*una pratica guida all'autolesionismo di gruppo*».

L'autrice, oltre che fisica, giornalista e scrittrice, è anche un'attrice, ha portato in scena questo libro, in uno spettacolo teatrale che ha ottenuto un grande successo.

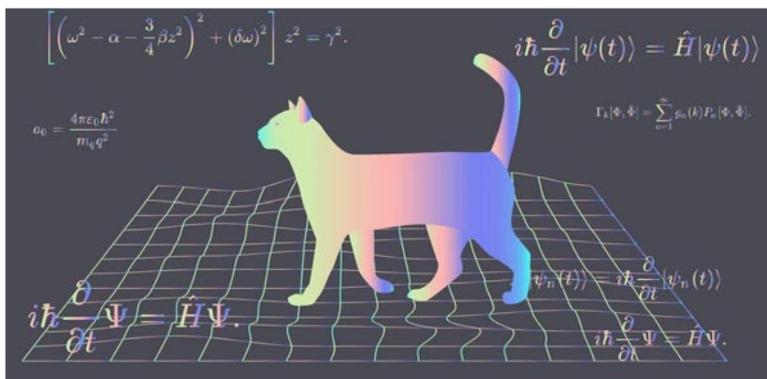


ROMANZI QUANTISTICI

La Greison ci indica la strada; per parlare di quantistica sono possibili - e necessari - linguaggi diversi. Lei stessa, oltre al saggio divulgativo e allo spettacolo teatrale, tenta la strada del racconto narrativo, con veri e propri romanzi “a tema quantistico”. Ne segnaliamo due:

Ucciderò il gatto di Schroedinger, Mondadori 2020

Il povero animale, vivo e morto allo stesso tempo finché non apriamo la scatola, è una delle icone di maggior successo della quantistica. Per fortuna l'esperimento proposto è solo immaginato, così come la figura di Schroedinger che in questa storia appare - è proprio il caso di dirlo - ad Alice, giovane alle prese con le proprie crisi esistenziali...



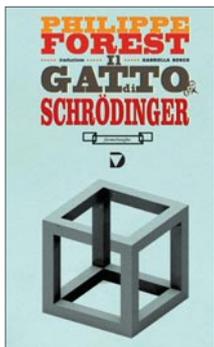
L'incredibile cena dei fisici quantistici Salani 2016

Lo spunto è la famosa fotografia scattata al Congresso Solvay del 1927, il più alto “concentrato” di premi Nobel della storia, ben diciassette! Possiamo supporre che dopo lo scatto siano andati tutti a mangiare ed è proprio lì che si accendono i dialoghi, le discussioni e anche le divergenze che sfociano in litigi. L'autrice ci invita a quel tavolo, ad ascoltare tutto quanto con attenzione, perché «la fisica quantistica se raccontata da fisici, e non da cartomanti, veggenti, erboristi, è la cosa più importante che esista al mondo».

Altri titoli nel genere narrativa “a tema quantistico”:

Piergiorgio Paterlini, Fisica quantistica della vita quotidiana: 101 microromanzi, Einaudi 2013

Sono davvero “micro” i centouno romanzi che compongono il libro, poche righe ciascuno, minuscoli universi che si offrono al lettore con la loro forza cruda e non di rado disperata. Studiosi di letteratura ne tracciano i riferimenti in Calvino, Carver, Marziale..., ma che c'entra la quantistica? È tutta nell'effetto straniante che le mini-narrazioni vogliono suscitare, allorché ogni finale smentisce le aspettative, ribalta del tutto l'idea che ci eravamo fatti e la restituisce sotto un punto di vista del tutto diverso. Eh già, proprio come la quantistica...



Philippe Forest, Il gatto di Schroedinger, Del Vecchio, 2014

Un bell'esempio di come l'esperimento mentale che il fisico austriaco ideò ad uso del dibattito scientifico, di cui fu uno dei massimi protagonisti, possa aver influenzato altri e ben più diversi campi, tra i quali la scrittura. Il racconto copre la durata di tre giorni, in cui, fondamentalmente, non succede proprio niente. Niente, se non il dipanarsi dei pensieri più intimi, riflessioni su senso della vita e della morte. «Eppure la vita, in sé, non ha né capo né coda. A volte le cose finiscono dall'inizio. E allora non c'è poi da stupirsi se cominciano dalla fine. O dal centro. Qualunque momento può prendere il posto di qualunque altro. Intorno a un certo fatto, si può far iniziare e far finire quando si vuole un racconto, attribuendogli l'estensione che si preferisce, riducendolo per fargli assumere le proporzioni di una sola scena (un gatto in un giardino una sera) o estendendolo in modo che venga a contenere tutto ciò che da sempre si recita e rappresenta sul palcoscenico del tempo. E se si vuole ancora di più: dal momento impensabile in cui il mondo uscì dal nulla fino al momento non meno impensabile in cui, forse, ci ritornerà».

C'è persino un giallo!

Alain Connes, Danyè Chereau, Jacques Dixmier, La punta dell'ago, Carocci 2015

Il matematico Alain Connes, con la collaborazione di sua moglie e dal suo mentore, sceglie di dare alla meccanica quantistica la forma di un romanzo che potremmo definire “scientifico-poliziesco”, ambientato tra Venezia e, naturalmente, il CERN di Ginevra, dove il ritrovamento di un cadavere dà il via alla trama. Durante l'indagine verranno messi in discussione concetti che ci sembravano assodati e indiscutibili, quali lo scorrere lineare del tempo e l'immutabilità del passato, come richiesto dagli assunti della quantistica...



BIOLOGIA QUANTISTICA

Cosa c'entrano le leggi che governano il mondo subatomico con lo studio dei meccanismi della vita? Che ci fosse un legame era stata un'intuizione suggestiva dello stesso Erwin Schrödinger, che nel 1944 pubblicò il saggio "Che cos'è la vita?", che raccoglie le conferenze tenute a partire dalla seguente, intrigante, questione: «come possono gli eventi nello spazio e nel tempo che si svolgono all'interno dei confini spaziali di un organismo vivente essere spiegati dalla fisica e dalla chimica?».

Al tempo non c'erano evidenze sperimentali e a molti sembrò una strada senza futuro. Invece, si trattava di un'intuizione promettente, ad oggi diversi fenomeni e meccanismi dei viventi hanno trovato una spiegazione proprio a partire dalle leggi quantistiche!



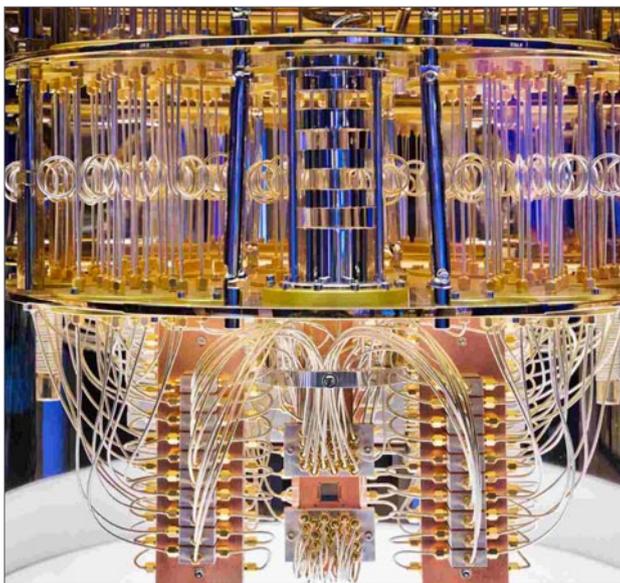
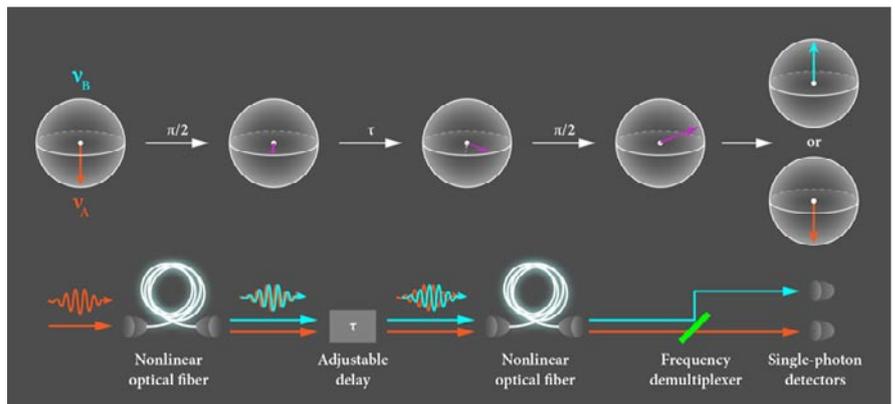
Jim Al-Khalili e John Joe McFadden, La fisica della vita. La nuova scienza della biologia quantistica, Bollati Boringhieri 2015

Gli autori, un genetista e un fisico, illustrano lo stato dell'arte della ricerca sul tema, mostrandoci come alcuni fenomeni, come per esempio la capacità di orientamento degli uccelli (la cosiddetta bussola aviaria) o i meccanismi dell'olfatto e finanche la fotosintesi, appaiano più comprensibili se si prendono in considerazione aspetti tipici del mondo quantistico come l'effetto tunnel, l'entanglement e la sovrapposizione degli stati. Ci ricorderemo della quantistica ogni volta che annuseremo un fiore o vedremo gli uccelli nei loro voli migratori...

COMPUTER QUANTISTICI

Uno degli sviluppi tecnologici più promettenti e ambiti della fisica quantistica è proprio la realizzazione di una nuova generazione di computer basati sulla quantistica. Facciamocelo spiegare dalle parole di Catalina Curceanu: «Al posto

del bit del computer attuale, che ha valore 0 oppure 1 (la corrente passa o non passa), il computer quantistico utilizza il qubit, sfruttando una proprietà squisitamente quantistica, la sovrapposizione di stati. Cioè sistemi quantistici che si trovano in uno stato che è simultaneamente 0 e 1. Come tale, la potenza di calcolo, che dipende dal numero di qubit disponibili, è, almeno in alcuni casi, esponenzialmente più elevata rispetto a un computer normale. Come ogni tecnologia che è agli albori, è difficile immaginare le applicazioni che saranno utilizzate di più. La mia idea è che ci saranno applicazioni che nemmeno immaginiamo. E che daranno un contributo rilevante in tanti campi, a partire dalla medicina e allo studio del cervello, passando dall'analisi dei Big Data allo studio della stessa meccanica quantistica» (intervista del 202 su datamanager.it)



Sarah Kaiser, Christopher Granade, Quantum computing :

guida alla programmazione con Python e Q#, Apogeo, 2021

Una guida pratica per imparare a utilizzare le tecniche di programmazione quantistica in diverse applicazioni e lavorare su casi reali come la soluzione di problemi di chimica e aritmetica e la ricerca in database non strutturati.

NON SOLO LIBRI: ALTRI STRUMENTI PER CONOSCERE LA QUANTISTICA

Abbiamo già citato il **TEATRO**, dove è possibile assistere agli spettacoli di Gabriella Greison, potete tenervi aggiornati seguendo il suo sito, che non poteva chiamarsi se non... greisonanatomy.com!

Molti sono abituati a cercare **VIDEO IN RETE**, ad esempio Youtube risulta assai ricco di contenuti che vengono proposti se nella stringa di ricerca si inserisce “quantistica”. Bisogna però stare attenti, perché il fascino misterioso della parola l’ha portata a essere utilizzata quale richiamo per molti contenuti che di scientifico hanno poco o nulla. Occorre verificare sempre i relatori (studi fatti, ruolo attuale nella ricerca, libri pubblicati, collaborazioni con istituzioni affidabili, etc). Possiamo sicuramente suggerire un nome, quello di **Jim Al-Khalili**, fisico britannico di origine irachena, che ha dedicato



tempo, passione e competenza anche alla divulgazione, con risultati davvero apprezzabili. Segnaliamo ad esempio un documentario realizzato con la BBC, in due puntate, doppiato in italiano, intitolato “I segreti della fisica quantistica”, in cui mette in scena davvero una serie di trovate geniali per spiegare anche le cose più difficili. Disponibile su RaiPlay.

Un altro canale utile è quello dei **PODCAST**: gli audio possono essere ascoltati in varie situazioni, fanno compagnia e rappresentato un modo efficace per capire, pur in assenza di immagini. Anche qui occorre fare verifiche sui relatori e poi scegliere, ci sono contenuti disponibili su tutte le piattaforme, gratuite o su abbonamento. Segnaliamo ad esempio i bei contenuti di *Fisicast*, con audio di 15-25 minuti in formato di intervista, dialogo o monologo; gli altrettanto validi e invitanti brani di *Scientificast*, il primo podcast indipendente a tema scientifico in Italia. Ci sono anche le divulgazioni brillanti in podcast della già citata Gabriella Greison.



Dal 2022, inoltre, esiste un **World Quantum Day**, che cade il giorno 14 aprile. La scelta della data è tipica del mondo quantistico, non celebra una ricorrenza di qualche scoperta, bensì... la costante di Planck, anche detta “quanto d’azione” e indicata col simbolo h . Il sito ufficiale è worldquantumday.org, in cui sono raccolte le iniziative da tutto il mondo; per l’Italia segnaliamo le **ITALIAN QUANTUM WEEKS**, la cui prima edizione si è

svolta proprio la scorsa primavera (www.quantumweeks.it). In quella occasione è stata realizzata una **mostra** intitolata *Dire l’indicibile - la sovrapposizione quantistica*, ideata e realizzata da giovani ricercatrici e ricercatori in fisica, artisti e grafici professionisti, che assieme hanno provato a proporre un dialogo su fenomeni per cui la nostra intuizione non funziona più e le leggi della fisica classica non bastano. La mostra ha girato diverse città, ci sono in rete dei video che ne parlano, speriamo venga riproposta di nuovo...



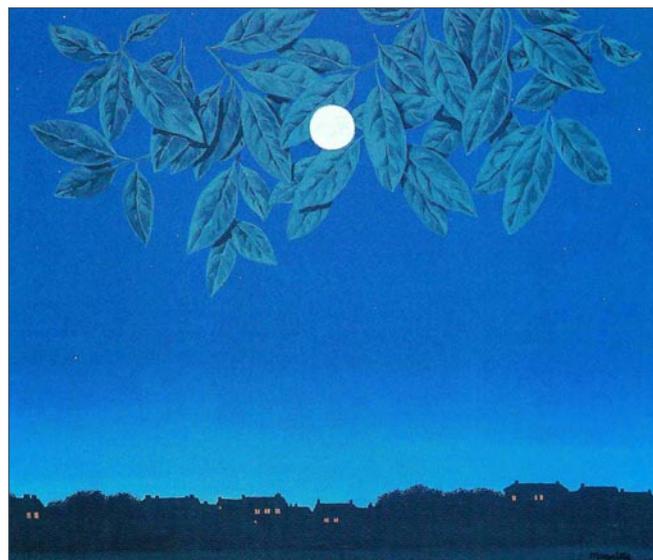
Infine, segnaliamo la possibilità di frequentare online corsi universitari senza muoversi da casa. Si tratta dei cosiddetti **MOOC, corsi online aperti e di massa**, gratuiti o a pagamento. *Massive*: può partecipare un numero elevato di persone contemporaneamente. *Open*: tutti possono iscriversi e frequentare, non è richiesto alcun requisito, i materiali didattici forniti non

hanno copyright e possono essere condivisi. *Online*: i corsi si svolgono solo su piattaforme virtuali attraverso la rete e non in aule fisiche. *Course*: ogni percorso formativo si articola in un corso, eventualmente suddiviso in più sessioni. Ci sono diverse piattaforme in Italia con insegnamenti in lingua italiana gestiti ad esempio da varie università: BOOK, EduOpen, Federica, POK... In lingua inglese le offerte si moltiplicano... Siete pronti, allora, a frequentare il vostro primo corso di fisica? È proprio vero che... non è mai troppo tardi!



Quando dipinse *The black page*, nel 1967, René Magritte dichiarò: «Anche a me piace vedere le foglie che nascondono la luna, ma se dietro di esse si riuscisse a vedere la luna, sarebbe inaudito! La vita avrebbe finalmente un senso».

L'arte ha il potere di farci vedere le cose da un altro punto di vista e rivelarcene così il significato più vero... Lo stesso potremmo dire della quantistica, che ci ha aperto gli occhi su aspetti del mondo che immaginavamo completamente diversi. Parlando di luna, viene in mente ciò che Einstein disse un giorno a Bohr: «Non posso pensare che la luna non continui ad essere lì anche quando non la guardo».



I due protagonisti della nuova fisica lo furono anche dell'intenso dibattito che queste scoperte suscitarono e che, in buona sintesi, ha a che fare con la domanda delle domande: **com'è fatto il mondo e che leggi lo regolano?**



La quantistica ha segnato un successo al di là di ogni dubbio, perché le sue equazioni sono valide, funzionano, hanno permesso lo sviluppo di tutta la tecnologia che caratterizza il nostro tempo. Non possiamo dire altrettanto della sua cosiddetta "interpretazione". Che mondo è il nostro, se vale la quantistica?

Il dibattito dura da allora, Bohr e Einstein rappresentano, in qualche modo, i due estremi delle possibili posizioni: Bohr asseriva che non c'è altro da spiegare, la probabilità è davvero l'ultima parola nel mondo subatomico. Questa posizione è tradizionalmente chiamata "interpretazione di Copenaghen". Al contrario, Einstein non si rassegnava a rinunciare al suo realismo, che lo portava a pensare che ci fossero delle "variabili nascoste" da portare alla luce e così vedere riapparire una realtà coerente con le leggi del mondo macroscopico. Per esemplificare, se la posizione di una particella è "dappertutto e da nessuna parte" prima che la misuriamo, con un risultato che segue solo leggi probabilistiche, o le cose stanno effettivamente così, oppure questa è un'approssimazione necessaria per i calcoli ma non è l'ultima parola su come il nostro mondo è fatto.

Vediamo alcuni testi **a cavallo tra scienza e filosofia**.

Sarà un viaggio spiazzante, metterà in crisi convinzioni profonde e obbligherà a pensare nuove ipotesi, a volte astruse. Per noi, che siamo cresciuti col gioco del *Bau settete*, è ovvio e scontato che, dietro le mani che lo nascondono, c'è e ci sarà sempre il volto sorridente della mamma o del papà. Non è così con le particelle subatomiche...





Carlo ROVELLI

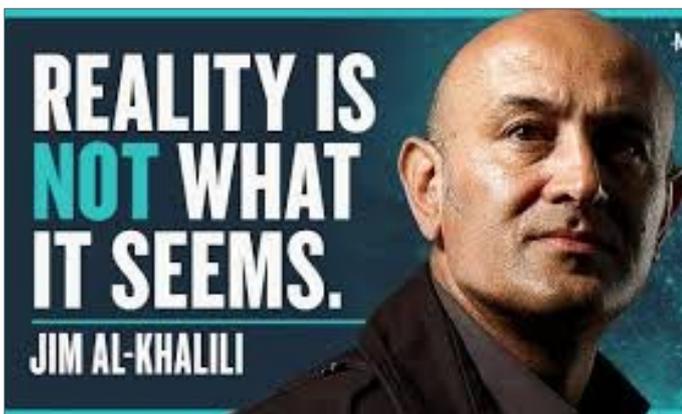
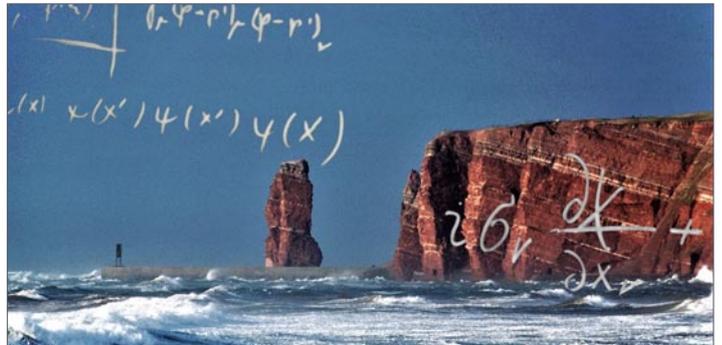
La realtà non è come ci appare. La struttura elementare delle cose, Dedalo 2014

La ricerca scientifica su come è fatto tutto questo nostro mondo ha radici lontane, fin dagli esordi della filosofia nell'antica Grecia, ventisei secoli fa: «*Alcuni problemi posti allora sono tuttora centrali per la comprensione del mondo*». L'autore ci conduce nei passaggi fondamentali della

fisica, prima quella classica per arrivare alle due grandi rivoluzioni del Novecento, la relatività e la quantistica, due gioielli che hanno forse un solo vero difetto, non vanno d'accordo tra di loro... Ma se l'approdo di una così lunga ricerca è l'incertezza, perché dovremmo aver fiducia nella scienza? «*Le risposte della scienza non sono affidabili perché sono definitive. Sono affidabili perché sono le migliori disponibili al momento. E sono le migliori che abbiamo proprio perché non le consideriamo definitive, per cui siamo sempre aperti a migliorare. È la consapevolezza della nostra ignoranza che dà alla scienza la sua straordinaria affidabilità*». Rovelli, dai suoi studi sulla gravità quantistica, pensa al nostro come a «*un mondo che non esiste nello spazio e non evolve nel tempo. Un mondo fatto solamente di campi quantistici in interazione il cui pullulare di quanti genera, attraverso una fitta rete di interazioni reciproche, spazio, tempo, particelle, onde e luce. Un vasto mondo ancora tutto da chiarire, da esplorare*».

Helgoland, Adelphi 2020

Il titolo richiama una ventosa isola del Mare del Nord in cui un ventitreenne tedesco, Heisemberg, ricorda di aver avuto l'intuizione originaria che ha dato luogo alla rivoluzione dei quanti. Dal "luogo natale" della nuova fisica si dipana la nuova opera di Rovelli, che indugia a lungo sul problema dell'interpretazione della quantistica, cioè di come possiamo pensare il mondo in base alle nuove scoperte. Non si limita a descrivere i vari tentativi fatti, ci espone la sua personale posizione, che si inserisce nel cosiddetto filone della "interpretazione relazionale della quantistica": «*Gli oggetti sono caratterizzati dal modo in cui interagiscono. Questo implica che le proprietà degli oggetti esistono solo nel momento delle interazioni e possono essere reali rispetto a un oggetto ma non rispetto a un altro*». Non esistono le cose in sé, le cose esistono nel momento in cui nasce una relazione tra loro, tra l'osservatore e la particella, tra... la luna e Einstein quando la guarda. «*La lettura relazionale del mondo non nasce dalla fisica teorica. Basta pensare all'antropologia, alla linguistica, o proprio ai grandi pensatori politici, per esempio Alexander Bogdanov. Anzi: la fisica è rimasta a lungo ancorata a un'idea non-relazionale del mondo, vedendolo come fatto di sostanza con proprietà definite*». Entrare in relazione è esistere!



JIM AL-KHALILI

La fisica del diavolo. Maxwell, Schrodinger, Einstein e i paradossi del mondo, Bollati Boringhieri 2012

Marx definiva la teoria eliocentrica come un "paradosso", perché contraria a ciò che appare al senso comune. Verità controintuitiva, appunto. Ed è proprio sui paradossi che si concentra questo curioso saggio del bravissimo scienziato e divulgatore inglese. Per ragionare e non dare nulla per scontato, non c'è niente di

meglio che un problema apparentemente non risolvibile se non contraddicendosi o affermando cose impossibili. Si legge come un libro di rompicapi da risolvere, scatenando nel lettore la sua indole da enigmista e investigatore, ma si esce al termine della lettura con moltissime domande aperte, sulla realtà, su noi stessi, sulla libertà personale: «*L'universo è pieno di misteri ed è questo che lo rende affascinante*».



La fisica dei perplessi. L'incredibile mondo dei quanti, Bollati Boringhieri 2020

La conoscenza, quando procede con nuove scoperte, riduce perplessità e incertezza, ci restituisce la sensazione quasi fisica di aver sollevato un altro velo del mondo. La quantistica, al contrario, più funziona e più lascia perplessi. L'autore vuole affrontare questa spinosa questione, col la consueta solidissima base scientifica unita a una brillante esposizione. *«Non sono un tifoso di nessuna interpretazione particolare della meccanica quantistica, ma ho un'opinione precisa sulla materia. Naturalmente potete non essere d'accordo con me, ma sono sicuro che vi convincerò, a meno che non siate dei tipi da "taci e calcola", nel qual caso non dovrete perdere tempo a leggere questo libro, andate invece a fare qualcosa di utile! Per ora voglio solo dire che la mia interpretazione preferita è "taci mentre calcoli". In questo modo mi sento libero di rimuginare sulla meccanica quantistica quando non sono impegnato a usarla».*

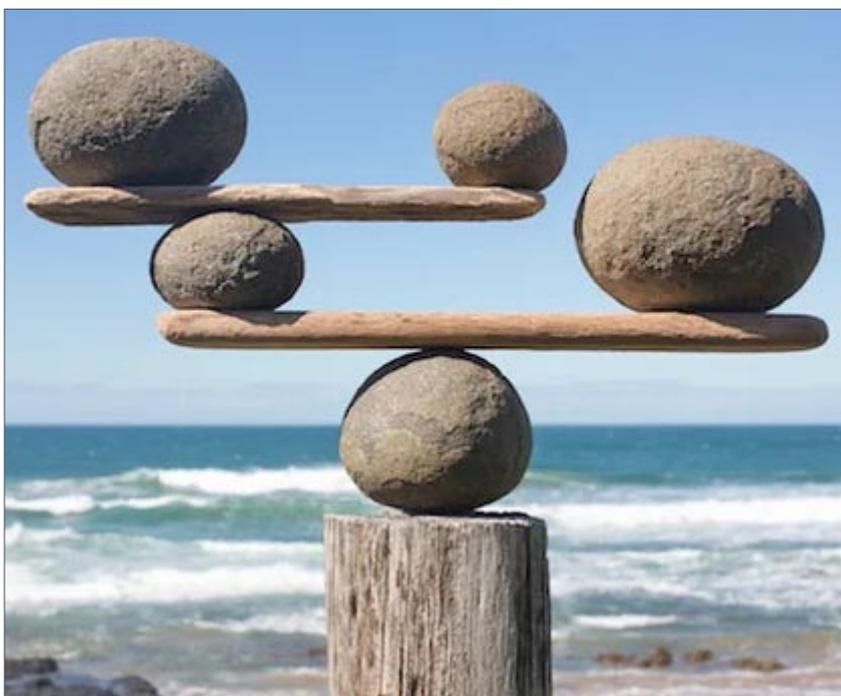
Il mondo secondo la fisica, Adelphi 2020

Il dibattito scatenato dalla quantistica ha minato la fiducia nelle capacità della scienza di comprendere e descrivere il mondo. In questo libro Al-Khalili vuole invece tracciare *«un'ode alla fisica»*. Spiega: *«Ritengo che la fisica ci dia gli strumenti per comprendere l'intero universo. Lo studio della fisica è una ricerca di spiegazioni, ma per imbarcarci in questa impresa dobbiamo prima porci le domande giuste, e questo è il mestiere dei filosofi»*. Non solo si imparano tante cose, ma si rimane contagiati da questa passione di fondo che traspare da ogni capitolo, che si parli di spazio e tempo o di quanti o di stringhe o di energia e materia o di futuro della fisica.



Lee Smolin, La rivoluzione incompiuta di Einstein. La ricerca di ciò che c'è al di là dei quanti, Einaudi 2020

Nella vita tutti noi siamo realisti, ci sembra così ovvio che le cose siano proprio lì dove le vediamo, abbiano caratteristiche osservabili e misurabili. Non potremmo vivere senza questa ovvia fiducia di fondo. Per i fisici non è così: nel mondo degli atomi, delle radiazioni e delle particelle elementari c'è poco da essere realisti... Einstein non si rassegnò mai all'antirealismo e Smolin, fisico teorico newyorkese, si inserisce in questa traccia per continuarne il lavoro, *«tracciando a grandi linee il modo in cui potremmo procedere verso una visione realistica della natura che comprenda il dominio quantistico»*. In chiusura del saggio, ribadisce la sua convinzione di fondo: *«Continuo ad avere fiducia nella comprensibilità della natura. Sono ottimista riguardo al fatto che la capacità universale di ragionare di ciascuno di noi, insieme al nostro grande potere di immaginazione e alla nostra abilità di inventare nuove idee, saranno sufficienti per comprendere l'universo»*.



«Continuo ad avere fiducia nella comprensibilità della natura. Sono ottimista riguardo al fatto che la capacità universale di ragionare di ciascuno di noi, insieme al nostro grande potere di immaginazione e alla nostra abilità di inventare nuove idee, saranno sufficienti per comprendere l'universo».

Giorgio Chinnici, Guarda caso. I meccanismi segreti del mondo quantistico, Hoepli 2017

Hoepli 2017

Un breve saggio, della collana "Microscopi", che conduce il lettore nel mondo di una delle discipline più complicate da divulgare: *«La meccanica quantistica ispira profonda curiosità, voglia di conoscere e di capire. E tuttavia è avvolta da una sorta di*

aura di mistero, quasi di sapienza iniziatica, quando non addirittura di falso misticismo. Si tratta di un argomento affascinante ma certamente non banale, anche se il significato della meccanica quantistica può essere compreso da chiunque». L'autore, fisico e ingegnere, spazia tra i principali punti fermi della materia, per chiarirne il più possibile significato e interpretazione: casualità, quantizzazione, sovrapposizione, evoluzione, indeterminazione, indistinguibilità, entanglement e misura.

Interpretazione	Deterministica	Forma d'onda reale	Storia singola	Variabili nascoste	Collasso	Ruolo dell'osservatore
Interpretazione di Copenaghen (Forma d'onda non reale)	No	No	Si	No	NA	NA
Interpretazione statistica (Forma d'onda non reale)	No	No	Si	Agnostica	No	Nessuno
Interpretazione di Copenaghen (Forma d'onda reale) Teoria oggettiva del collasso	No	Si	Si	No	Si	Nessuno
Storie consistenti (Approccio decoerente)	Agnostica ¹	Agnostica ¹	No	No	No	Interpretazionale ²
Logica quantistica	Agnostica	Agnostica	Si ³	No	No	Interpretazionale ²
Molti mondi (Approccio decoerente)	Si	Si	No	No	No	Nessuno
Interpretazione a molte menti	Si	Si	No	No	No	Interpretazionale ⁴
Interpretazione di de Broglie-Bohm (Approccio onda-pilota)	Si	Si ⁵	Si ⁶	Si	No	Nessuno
Interpretazione transazionale	No	Si	Si	No	Si ⁷	Nessuno
Interpretazione stocastica	No	No	Si	Si	No	Nessuno
Meccanica quantistica relazionale	No	Si	Agnostica ⁸	No	Si ⁹	Nessuno
Misure incomplete	No	No ¹⁰	Si	No	Si ¹⁰	Interpretazionale ²

Federico Laudisa, La realtà al tempo dei quanti. Einstein, Bohr e la nuova immagine di mondo,

Bollati Boringhieri 2019

Questo saggio affronta il problema delle implicazioni filosofiche della quantistica, con lo sguardo tipico di un filosofo della scienza qual è l'autore. Il dibattito culturale aperto dalla quantistica ha avuto per protagonisti gli stessi fisici che vestirono giocosamente anche i panni di filosofi. I temi sono complessi ma il libro parla a un lettore profano: «Una ri-

costruzione equilibrata del dibattito, che impegnò le migliori menti della comunità dei fisici e dei filosofi nella costruzione di un'immagine del mondo nel senso della fisica fondamentale, può allora certamente svolgere un ruolo essenziale anche dal punto di vista della divulgazione». Non sempre fisica e filosofia sono andate d'amore e d'accordo, ma una loro convergenza sul problema di come è costituito questo nostro mondo è più che mai necessaria.

Francesco De Stefano, Dialogo sopra i massimi sistemi quantistici. Il dibattito sull'epistemologia della meccanica quantistica, Mimesis 2022

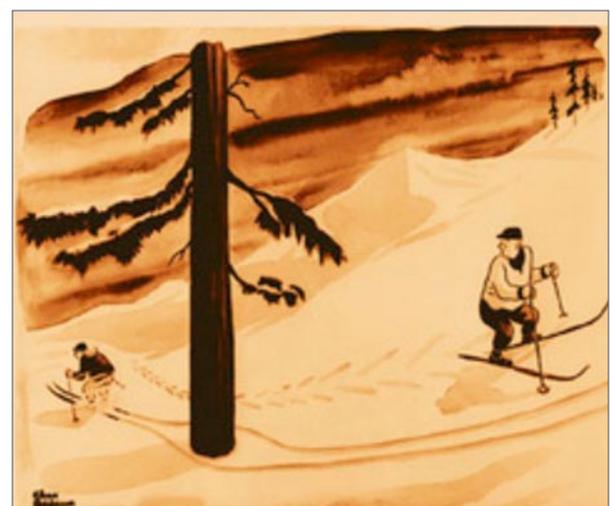
L'originalità di questo saggio divulgativo è l'ambizione di scriverlo in forma di dialogo, con un chiaro omaggio al "Dialogo sopra i massimi sistemi del mondo" di Galileo (1632) e ancor più indietro nel tempo, ai dialoghi di Platone con Socrate quale protagonista. Far parlare direttamente dei personaggi, farli discutere e anche bisticciare tra loro è un buon modo per far conoscere le principali posizioni in merito all'interpretazione del mondo che sia coerente con le scoperte della quantistica. Ma, come nell'opera di Galileo, anche qui l'autore parteggia per uno dei protagonisti, che naturalmente impersona Salviati. Si tratta della teoria cosiddetta GRW, dalle iniziali dei loro fautori, Ghirardi, Rimini e Weber, che cerca di armonizzare il mondo microscopico e quello macroscopico, apparentemente sottomessi a leggi diverse e contraddittorie tra loro.

Carlo Cosmelli, Fisica per filosofi, Carocci 2021

L'autore è un fisico sperimentale, che ama confrontarsi con i filosofi, convinto della necessità del dialogo tra questi due saperi. Ma il dibattito rischia di inaridirsi nel momento in cui chi si occupa di filosofia rischia di non aver alcuna idea delle principali conquiste della fisica. Lo scopo del libro è provare a colmare questa lacuna, di conseguenza il livello dell'esposizione non è semplice, il libro, insomma, è destinato a chi voglia parlare di fisica con cognizione di causa e non per sentito dire.

Giuseppe Cagliotti con Tatiana Tchouvilleva e Luigi Cocchiarella, Odi et amo. Ambiguità percettive e pensiero quantistico, Mimesis 2022

Un curioso trio di autori, un fisico, una filosofa e un architetto, si cimenta in un saggio che è «un invito a riflettere sull'ambiguità». Ricco di illustrazioni e con un'intera parte finale dedicata alla schede grafiche, il libro offre una prospettiva interessante con cui pensare alla quantistica e comprenderla alla luce della fondamentale ambiguità che caratterizza l'esperienza umana. Rai Cultura ha dedicato al libro una trasmissione in cui si possono ascoltare le voci degli autori, nonché di Vittorino Andreoli che ne ha curato la prefazione.



Edoardo Boncinelli, Antonio Ereditato, Il cosmo della mente. Breve storia di come l'uomo ha creato l'Universo, Il Saggiatore 2018



Due autori, un genetista e un fisico, che abbracciano l'antica convinzione della piena corrispondenza tra realtà e pensiero, ma non su basi speculative o metafisiche, bensì scientifiche. A conoscere qualsiasi aspetto della realtà è il nostro cervello, frutto della sua storia evolutiva: col nostro complesso cervello e i suoi neuroni, l'Universo si è destato dalla propria incoscienza e, almeno qui sul pianeta Terra, ha cominciato a riflettere su se stesso e a farsi raccontare dagli uomini di scienza l'affascinante storia della sua nascita e della sua lunga vita. Lo sguardo dell'uomo ha dato forma all'universo.



Donald Hoffman, L'illusione della realtà. Come l'evoluzione ci inganna sul mondo che vediamo, Bollati Boringhieri 2020

Tra gennaio e giugno si è incontrato una volta al mese il gruppo di lettura "La lampada di Diogene" che ha seguito come tema-guida proprio la domanda sull'effettiva realtà del mondo che crediamo esistere attorno a noi. Questo libro, tra i molti presentati in bibliografia, ha avuto un buon gradimento da diversi partecipanti, sembra infatti avallare i dubbi che la quantistica ha sollevato attraverso un'analisi del cervello, che si è formato attraverso una lunga storia evolutiva. «L'evoluzione ci ha dotati di sensi che nascondono la verità e mostrano le icone semplici di cui abbiamo bisogno per sopravvivere abbastanza a

lungo da allevare la prole». Non si può non pensare al film *Matrix*, al sospetto radicale che tutta la realtà percepita sia frutto di illusione o manipolazione. Questo libro è per chi, come Neo, vuole seguire il coniglio bianco e, naturalmente, scegliere la pillola rossa...

