

“Helgoland” di Carlo Rovelli

Luca Nicotra*

* Ingegnere. Presidente dell’Associazione “Arte e Scienza”, Direttore responsabile di: «Periodico di Matematica», «Bollettino dell’Accademia di Filosofia delle Scienze Umane», «ArteScienza»;
luca.nicotra1949@gmail.com.

Sunto: Recensione del libro “Helgoland” di Carlo Rovelli.

Parole Chiave: Carlo Rovelli, “Helgoland”.

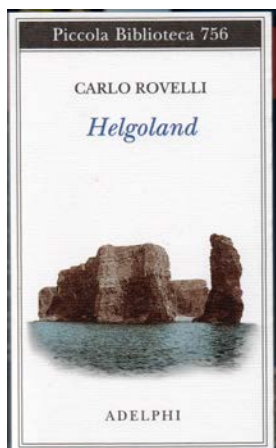
Abstract: Review of the book “Helgoland” by Carlo Rovelli.

Keywords: Carlo Rovelli, “Helgoland”.

Helgoland, che significa “Isola Sacra”, è il nome dell’isola del Mare del Nord, praticamente spoglia di vegetazione e battuta da forti venti, dove nel giugno 1925 il giovane Werner Heisenberg si era rifugiato, per trovare sollievo all’allergia ai pollini.

L’ultima fatica di divulgatore scientifico del nostro grande fisico teorico Carlo Rovelli è *Helgoland*, un libretto di circa 225 pagine in formato tascabile (17,5x10,5 cm) pubblicato nella collana “Piccola Biblioteca Adelphi”, benemerita per rendere di-

sponibili centinaia di opere di grande rilievo culturale a prezzi economici.



Richard Feynman pensava che nella nostra società la scienza sia rimasta un fenomeno marginale, perché gli scienziati stanno ad aspettare di essere «invitati a spiegare la teoria della Relatività di Einstein a gente che, invece, non capisce neppure la meccanica newtoniana». Aveva perfettamente ragione! La gente pretende di poter capire la scienza soltanto quando ha notizia di qualche scoperta

“sensazionale”, senza preoccuparsi di avere nessuna conoscenza propedeutica. Si può leggere una poesia o un romanzo senza dover aver letto tutte le precedenti opere dello stesso autore, ma non si può capire un risultato scientifico senza aver compreso quelli che, dal punto di vista logico, lo precedono. Oppure si interessa alla scienza quando essa afferma qualcosa in contrasto con la religione. Altro motivo di interesse verso la scienza da parte del pubblico generico è costituito dalle sue applicazioni: la tecnologia. Ma si può comprendere la tecnologia senza la scienza che ne è la matrice? Feynman, invece, auspicava che gli scienziati prendessero loro stessi l’iniziativa di parlare di scienza, anche se non “invitati” a farlo, scrivendo sui giornali, così come in realtà fanno i letterati, i filosofi, i cultori dell’arte, tutti i personaggi, insomma, che *l’establishment* culturale di ogni parte del mondo considera i soli veri “attori” della cultura. E lui, *in primis*, ha dato l’esempio più luminoso, dedicando parte delle sue energie alla diffusione della cono-

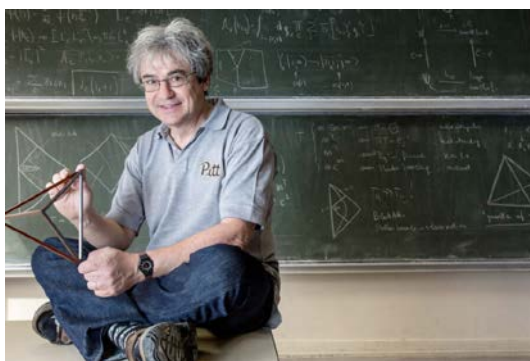
scienza della fisica fra i non addetti ai lavori, con originalissime opere di divulgazione scientifica di grande spessore culturale.

Carlo Rovelli, uno dei maggiori fisici teorici contemporanei, è il nostro "Feynman", uno dei cervelli italiani che il Bel Paese non ha saputo trattenere e che al lavoro di ricerca sa accostare con passione ed entusiasmo un grande lavoro di divulgazione scientifica. Dopo "La Sapienza" di Roma, ha insegnato in varie università fuori d'Italia: l'"Imperial College" a Londra e le Università di Pittsburgh e Yale negli Stati Uniti dal 1990 al 2000. Dal 2000 è professore ordinario di Fisica Teorica all'Università di Aix-Marseille in Francia, dove dirige il gruppo di ricerca in gravità quantistica del "Centre de Physique Théorique". Membro dell'"Institut universitaire de France" e dell'"Académie internationale de philosophie des sciences", è impegnato in prima persona, come cofondatore assieme all'americano Lee Smolin e all'indiano Abhay Ashtekar, nel filone frontieristico di ricerche sulla "gravità quantistica a loop", una teoria unificata in cui possono coesistere senza contraddizioni le forze elettromagnetica, debole e forte, descritte dal Modello Standard secondo i principi della meccanica quantistica, e la forza gravitazionale, descritta dalla Relatività Generale. Si occupa anche di storia e filosofia della scienza: all'Università di Pittsburgh ha insegnato come Affiliated Professor nel Dipartimento di Storia e Filosofia della Scienza.

Rovelli ha accolto in pieno l'incitamento di Feynman: scrive di scienza su vari quotidiani nazionali e stranieri: regolarmente sul "Corriere della Sera", in particolare con il supplemento "La Lettura", sul supplemento culturale de "Il Sole 24 Ore", e saltuariamente su "La Repubblica", sul "Guardian" e sul "Financial Times". Dal 2004 si dedica con grande successo

ad opere di divulgazione scientifica: *Che cos'è il tempo? Che cos'è lo spazio?* (Di Renzo Editore, 2004), *Che cos'è la scienza. La rivoluzione di Anassimandro* (Mondadori, 2009), *La realtà non è come ci appare. La struttura elementare delle cose* (Raffaello Cortina, 2014), *Sette brevi lezioni di fisica* (Adelphi, 2014), tradotto in ben 41 lingue, *L'ordine del tempo* (Adelphi, 2017), grazie al quale nel 2019 la rivista «Foreign Policy» lo ha inserito nella lista dei 100 migliori pensatori del mondo («Global Thinkers»).

Nel 1994 ha introdotto la meccanica quantistica relazionale



Carlo Rovelli.

le (Relational quantum mechanics), una interpretazione della meccanica quantistica basata sull'idea che gli stati quantistici sono sempre relativi a un osservatore. Una sua esposizione divulgativa è contenuta proprio nel suo ultimo capolavoro di divulgazione scientifica: *Helgoland*.

Il libro è diviso in due parti concettuali, che possono essere viste come i due atti di una rappresentazione teatrale dedicata a quella che viene da lui stesso definita «forse la più grande rivoluzione scientifica di tutti i tempi»: la scoperta della fisica quantistica. Una terza parte è dedicata a riflessioni filosofiche e a mostrare che in fondo alcuni aspetti della meccanica quan-

tistica, in particolar modo quello relazionale, non costituiscono una novità totale.

Il primo atto (la prima parte) vede come attori i protagonisti di questa straordinaria rivoluzione del pensiero scientifico: Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr, Max Born, Werner Heisenberg, Wolfgang Pauli, Pascual Jordan, Paul Dirac, Erwin Schrödinger, tutti impegnati (ognuno in modo diverso) a far nascere la nuova fisica quantistica, che quindi, come giustamente Rovelli osserva, è «opera di squadra». Il primo atto si chiude in maniera quasi pirandelliana, lasciando nel pubblico l'idea confusa di un comportamento della Natura al di fuori dell'umana comprensione, strano, bizzarro e imprevedibile, comprensibile soltanto in termini probabilistici. Ma è una probabilità soggettiva, una *de Finetti probability*, come dicono gli americani, o una probabilità oggettiva? Questo è il dilemma: è la nostra conoscenza incompleta che è accessibile soltanto in termini probabilistici, o è Dio che gioca a dadi, per usare una celebre espressione einsteniana? O, se volete, la probabilità riguarda la "mappa" o il "territorio", per dirla con Alfred Korzybski, ovvero la nostra rappresentazione del mondo o la Natura in sé? Insomma: il primo atto lascia il pubblico in un completo stato confusionale. Bisogna veramente, come diceva Richard Feynman, «accettare la Natura per quello che è: assurda»? In questi termini, la "narrazione" della fisica quantistica ha proprio il sapore dei drammi pirandelliani.

Il secondo atto (la seconda parte), invece, vede sulla scena proprio l'Autore del libro: il fisico Carlo Rovelli, impegnato a recitare il suo copione: l'esposizione delle idee a fondamento della sua interpretazione relazionale degli stati quantistici, in grado di far «uscire dalla confusione».

Ma perché intitolare un libro, che vuole raccontare la nascita e le idee della fisica quantistica, all'isola dove Heisenberg, appena ventitreenne, trascorse appena qualche giorno?

In realtà, l'idea del "*quantum*", che è alla base della fisica quantistica e dal quale essa stessa trae il nome, fu introdotta da Max Planck 25 anni prima del soggiorno di Heisenberg ad Helgoland, come puro artificio matematico per spiegare un comportamento dell'energia nel corpo nero, inspiegabile dalla fisica allora conosciuta, che sarà poi etichettata come "fisica classica". Nel 1900 Planck aveva trovato una formula¹ che riusciva a spiegare la distribuzione, fra le diverse frequenze, della radiazione elettromagnetica emessa dal corpo nero.² Ma, per rendere conto delle "strane"³ risultanze sperimentali fu "obbligato" ad ammettere un'ipotesi alla quale lui stesso non dava valore reale, ma soltanto quello di un "artificio" per "far tornare i conti": l'energia poteva assumere soltanto valori multipli interi di un valore minimo (*quantum*), proporzionale alla frequenza secondo una costante che indicò con la lettera *h* (poi detta "costante di Planck").⁴ Una ipotesi, dunque, che co-

¹ $B(\nu, T) = \frac{2h\nu^3 c^2}{(e^{h\nu/kT} - 1)}$ è la radianza del corpo nero, ovvero l'energia emessa per unità di superficie e di angolo solido, funzione della frequenza ν e della temperatura assoluta T .

² Il corpo nero è un corpo ideale che assorbe tutta l'energia incidente e quindi (per il principio di conservazione dell'energia) la irradia tutta, ma "trasformata". Sperimentalmente realizzabile con ottima approssimazione con un corpo cavo nel quale sia praticato un foro di dimensioni piccolissime e riscaldato a diverse temperature.

³ Perché non spiegabili con la teoria ondulatoria della radiazione elettromagnetica, fino ad allora l'unica ritenuta valida.

⁴ $h = 6,62607015 \times 10^{-34}$ Js. Spesso, nei calcoli, è più conveniente far comparire la pulsazione ω che è legata alla frequenza ν dalla relazione $\omega = 2\pi \nu$. Per esempio il quanto di energia di una radiazione elettromagnetica $\varepsilon = h\nu$

stituiva un vero "attentato" alla saldezza della teoria ondulatoria: l'energia associata a una radiazione elettromagnetica di frequenza ν , emessa dalle pareti del corpo nero, non può assumere infiniti valori variabili con continuità (come vorrebbe la teoria ondulatoria della luce) ma soltanto valori multipli interi del quanto di energia $\varepsilon = h\nu$ associato a quella frequenza, cioè $E = nh\nu$ ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$).

Cinque anni dopo, il 18 marzo 1905, Albert Einstein, in uno dei suoi 6 storici articoli pubblicati in quel *mirabilis annus* nella prestigiosa rivista «Annalen der Physik», dal titolo *Un punto di vista euristico relativo alla generazione e alla trasformazione della luce*, riprese l'idea di Planck del quanto di energia, dandogli però un significato reale: il "quanto di luce", chiamato successivamente "fotone" nel 1926 da Gilbert Lewis. Einstein, nello stesso articolo, distinse i fenomeni di assorbimento ed emissione della luce da quelli di propagazione ed estese a tutti i corpi la modalità di assorbimento e trasformazione della luce per quanti, intuita da Planck soltanto per il corpo nero. L'idea della quantizzazione della radiazione elettromagnetica permise ad Einstein di spiegare le strane leggi dell'effetto fotoelettrico, scoperte dal fisico Philipp Eduard von Lenard ma non interpretabili con la teoria ondulatoria della luce. Per Einstein,

si può esprimere anche come $\varepsilon = \omega \hbar / 2\pi$. Per evitare di scrivere molte volte $h/2\pi$, Heisenberg scriveva $\hbar$ (essendo $\hbar = h/2\pi$), detta costante di Planck ridotta poi utilizzata anche da Dirac. Dal 20 maggio 2019, la costante di Planck è la costante utilizzata per definire il chilogrammo ed è una delle costanti universali, presente in tutte le quantizzazioni di grandezze fisiche. Essa esprime il cosiddetto "quanto d'azione".

quindi, la radiazione elettromagnetica nei fenomeni di interazione con la materia (assorbimento ed amissione) perdeva il carattere ondulatorio e continuo fino ad allora ritenuto il solo valido, per assumere un carattere discreto, granulare, proprio di particelle o corpuscoli, ma lo conservava nei fenomeni di propagazione: nasceva quello che Feynman chiamava lo stato confusionale della fisica, ovvero il dualismo onda-corpuscolo della natura della luce. Tuttavia, lo stesso Einstein rilevava che le osservazioni ottiche della propagazione della luce si riferivano a valori medi e non istantanei, lasciando quindi trapelare la possibilità di arrivare ad affermare la sola natura corpuscolare della luce, d'altra parte già intuita da Isaac Newton e confermata poi dalla meccanica quantistica.

Per tali ragioni si può dire che i padri della fisica quantistica sono Planck ed Einstein, responsabili del suo periodo "prenatale", mentre Bohr, Born, Heisenberg, Pauli, Jordan, Dirac e Schrödinger sono stati i fisici che l'hanno effettivamente fatta nascere. *Helgoland* narra proprio le mirabili vicende che portarono quei fisici (la maggior parte dei quali giovanissimi) a creare nella fisica la seconda grande rivoluzione dopo la Relatività einsteiniana, gettando le basi per lo sviluppo della meccanica quantistica. L'inizio di questo sviluppo si deve proprio alle straordinarie intuizioni avute dal ventitreenne Heisenberg nell'isola di Helgoland, per spiegare lo strano comportamento degli elettroni nel modello di atomo ideato da Bohr, che però era in grado di spiegare e prevedere le proprietà chimiche degli elementi: gli elettroni per non cadere nel nucleo attratti dalle cariche positive dei protoni "dovevano" orbitare su determinate orbite a determinate distanze dal nucleo e con determinate energie, e potevano soltanto "saltare" da un'orbita

all'altra. Bohr aveva incaricato Heisenberg di scoprire la "misteriosa" nuova forza e la nuova legge del moto che poteva spiegare questo strano comportamento. «Heisenberg – scrive Rovelli – si era immerso nel problema. Ne aveva fatto la sua ossessione. Aveva provato di tutto, anche lui, come gli altri. Niente funzionava». A questo punto, ecco il lampo di genio. Il positivismo scommetteva tutto sul dato empirico, che identificava con il risultato scientifico. Federigo Enriques criticò questo assunto, che chiamò "fatto brutto" e gli contrappose il "fatto scientifico" come interpretazione e ordinamento del puro dato empirico alla luce di idee già validate o nuove. Il giovane Werner seguì questo secondo approccio, dando maggior peso, però, all'idea positivista del valore in sé del dato empirico. Perché? I risultati sperimentali non potevano essere interpretati nel contesto tradizionale dell'elettrone pensato come corpuscolo in moto lungo una traiettoria: era necessaria un'altra concezione dell'elettrone giustificata proprio dal puro dato sperimentale. In questo caso l'esperienza, unica fonte di verità per tutti i fisici, a partire da Leonardo da Vinci, obbligava a modificare il sistema di idee già acquisito. Heisenberg poté uscire da quell'*impasse* perché ebbe il coraggio e la spregiudicatezza propri del genio e dell'età giovanile. Comprese che era necessario attenersi soltanto a ciò che poteva essere "veramente" osservato (l'ampiezza e la frequenza della luce⁵ emessa dall'elettrone nel salto da un'orbita a un'altra più interna), cioè prese alla lettera il *dictat* positivista, ma capì anche che il dato empirico suggeriva una nuova concezione dell'elettrone, radi-

⁵ Il termine "luce", in tutto il libro di Rovelli e anche qui, viene usato nell'accezione più generale di "radiazione elettromagnetica" e non riferito soltanto allo spettro visibile.

calmente diversa da quella voluta dalla meccanica newtoniana. È questa l'idea nuova, fortemente positivista: limitarsi "strettamente" all'osservabile, con una teoria che rinunci a descrivere ciò che accade fra una osservazione e l'altra. E questo significava abbandonare l'uso delle variabili⁶ descrittive del moto dell'elettrone, che in realtà non può essere osservato nella sua interezza, sostituendole con matrici di numeri che, invece, definiscono lo stato dell'elettrone in ciascuna orbita. La matrice contiene nelle righe i valori relativi alle orbite di partenza e nelle colonne quelli relativi alle orbite di arrivo. L'intensità della luce emessa nel salto dall'orbita 3 all'orbita 1, per esempio, si troverà nella casella all'incrocio fra la terza riga e la prima colonna.

Questo è tutto quanto quello che realmente si può dire ed è soltanto l'inizio oscuro del cammino lungo il quale incontriamo tutti gli altri citati grandi protagonisti di questa avventura, che al concetto di una teoria basata unicamente sull'"osservabile" e sulla "granularità", aggiungeranno la terza caratteristica della fisica quantistica: la possibilità di fornire soltanto la "probabilità" di osservare una cosa o l'altra.

Molti scienziati si sono cimentati meritoriamente con successo nella divulgazione, ma esiste una grande differenza di stile e di risultato nel farlo: rendere divulgativo ciò che è opera degli specialisti, oppure saper anche "raccontare" la scienza. Carlo Rovelli è fra questi ultimi: ha il dono non soltanto di rendere comprensibile a un largo pubblico la fisica, ma anche quello di saperla "raccontare", creando passione e interesse.

⁶ Posizione, velocità, energia, frequenza della radiazione emessa ...