
HELGOLAND

*La fisica non è una rappresentazione della realtà,
ma del nostro modo di pensare ad essa*

Werner Heisenberg

di Anna Maria Gennai

«Erano più meno le tre del mattino quando il risultato finale dei miei conti fu davanti a me. Mi sentivo profondamente scosso. Ero così agitato che non potevo pensare di dormire. Lasciai la casa e mi misi a camminare lentamente nell'oscurità. Mi arrampicai su una roccia a picco sul mare, sulla punta dell'isola, e attesi il sorgere del sole...».

Queste parole di Heisenberg sono riportate nel libro di Carlo Rovelli, *Helgoland*, di recente pubblicato da Adelphi, di cui trascriverò alcune frasi, dopo aver premesso alcune considerazioni.



Figura 1: Helgoland

Helgoland è un'isola. In realtà spesso si trova scritto che è un arcipelago, composto unicamente da due isole che fino al primo

quarto del XVIII secolo erano unite; la maggiore, per l'appunto Helgoland, o Helgelandia, è molto più grande dell'altra con una superficie che non va oltre i 4 chilometri quadrati e un'altezza massima di 40 metri. In origine le due isole erano collegate da un lembo di terra, che nella seconda metà del XVII secolo fu sommerso dalle acque. Helgoland si presenta adesso come una specie di altopiano, senza alberi, adagiato su scogliere di arenaria rossa a picco sul mare. Si trova nel Mare del Nord, a meno di 50 km dalla costa tedesca, in prossimità della foce del fiume Elba, più o meno a metà strada tra la Danimarca e i Paesi Bassi.



Figura 2: Helgoland nel 1649, in una antica mappa
<https://www.alamy.it>

Nel 1925 Werner Heisenberg era ad Helgoland in villeggiatura. Era nato a Würzburg, in Baviera, nel 1901. Aveva studiato fisica all'Università di Monaco, allievo del

matematico Arnold Sommerfeld, che a sua volta era stato assistente del grande Felix Klein, a Gottinga. Sommerfeld fu nominato per ben 84 volte al Premio Nobel, ma non gli fu mai assegnato. Tuttavia, come insegnante, ebbe un riconoscimento ancora maggiore, quello di aver formato ben sette allievi che ottennero il prestigioso riconoscimento e numerosi altri ricercatori che apportarono contributi di rilievo in ambito scientifico.



Figura 3: Werner Heisenberg

Proprio a Gottinga, nel 1922, Heisenberg incontrò Niels Bohr, illustre fisico danese che lo coinvolse nei suoi studi sull'atomo. Nel suo nuovo modello atomico, Bohr non riusciva a spiegare il motivo per il quale gli elettroni ruotassero attorno al nucleo solo su alcune determinate orbite e come potessero saltare da un'orbita all'altra. In pochi anni successivi, Heisenberg risolse il problema, realizzando che era «necessaria una radicale rivoluzione nei

concetti sui quali è stata finora basata la descrizione della Natura»¹. Fino ad allora lo stato di un sistema era stato descritto da un ben preciso numero di variabili, che indicavano con esattezza la posizione, lo stato, le caratteristiche e il moto degli oggetti che lo costituivano. Il fisico tedesco si rese conto che l'approccio che si adattava perfettamente ai corpi macroscopici, non funzionava per le particelle microscopiche e soprattutto che si doveva distinguere ciò che era osservabile da ciò che non lo era. Poiché non si poteva visualizzare una determinata orbita di un elettrone, si doveva abbandonare l'idea che esistesse. Ebbe una intuizione geniale e sviluppò, assieme a Max Born e Pascual Jordan, quella che è stata chiamata *meccanica matriciale*, con un rivoluzionario fondamento matematico che permise in brevissimo tempo la produzione del cosiddetto "*Lavoro dei tre uomini*"², per l'appunto Heisenberg, Born e Jordan e lo sviluppo della "nuova"³ meccanica quantistica. Le quantità fisiche coinvolte non erano più rappresentate da numeri, bensì associate ad operatori, espressi da matrici. Queste sono entità matematiche rappresentate da tabelle ordinate di elementi, che possono essere sommate, sottratte, moltiplicate e divise, ma con regole differenti rispetto a quelle che governano le operazioni tra numeri, la più evidente delle quali è il fatto che il loro prodotto, al contrario di quello tra numeri, non è commutativo.

Un'altra intuizione fondamentale di Heisenberg fu quella di supporre che le grandezze da considerare fossero solo quelle che potevano essere osservate, quindi le frequenze delle radiazioni emesse e assorbite, non la posizione o la velocità degli elettroni. Poco tempo dopo formulò il famoso Principio di Indeterminazione, secondo cui, tra l'altro, non è possibile stabilire con esattezza

1

<http://tid.uniud.it/sites/default/files/Contributo%20profssa%20Robotti.pdf>

2

https://www.lfns.it/STORIA/Scuola_2017/21_febbraio/2guerra/CagliariAIF2017%28FG%29.pdf

³ Con "vecchia" meccanica quantistica si intende quella originata dal modello atomico di Bohr-Sommerfeld..

contemporaneamente la posizione di un elettrone e la sua velocità.

Heisenberg aprì uno scenario completamente sconosciuto alla fisica classica, un universo in cui si rivelò persino l'antimateria, costituita da particelle con le stesse caratteristiche di altre già note, ma di carica elettrica opposta, conquista di cui lo stesso Heisenberg riconobbe l'enorme valenza: «La scoperta dell'antimateria è certamente il più grande sconvolgimento fra tutti i mutamenti della fisica del nostro secolo. Fu una scoperta della massima importanza, perché cambiava interamente la nostra immagine della materia»⁴.

Per terminare questo breve scritto, trascrivo le parole che ha scelto Carlo Rovelli, fisico e autore di numerosi saggi scientifici, per presentarci questo gigante del XX secolo.

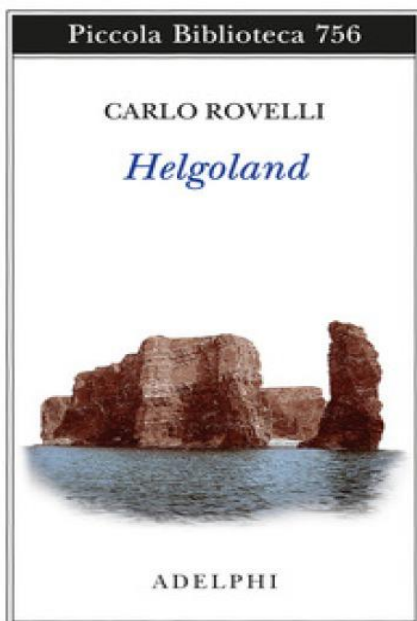


Figura 4: *Helgoland*, di Carlo Rovelli

Mi sono chiesto spesso quali fossero i pensieri e le emozioni del giovane Heisenberg arrampicato sulla roccia a picco sul mare, nella

spoglia e ventosa isola di Helgoland, nel Mare del Nord, mentre guardava la vastità delle onde, aspettando il sorgere del sole, dopo avere gettato per primo lo sguardo su uno dei più vertiginosi segreti della Natura che l'umanità abbia mai intravisto. Heisenberg aveva 23 anni.

[...]

E lì ha l'idea. Un'idea che si può avere solo nel radicalismo senza limiti dei vent'anni. L'idea destinata a sconvolgere l'intera fisica, l'intera scienza, la nostra intera concezione del mondo. L'idea che l'umanità, credo, non ha ancora digerito.

Il salto di Heisenberg è spericolato quanto semplice. Nessuno riusciva a trovare la forza capace di guidare gli elettroni nel loro bizzarro comportamento? Bene, allora lasciamo perdere una nuova forza. Usiamo piuttosto quella che già conosciamo: la forza elettrica che attira l'elettrone al nucleo.. Non troviamo nuove leggi del moto che giustifichino le orbite e i salti di Bohr? Bene, teniamo le leggi del moto che già conosciamo, senza cambiarle.

Cambiamo invece il modo di pensare l'elettrone. Rinunciamo all'idea che l'elettrone sia un oggetto che si muove lungo una traiettoria. Rinunciamo a descrivere il moto dell'elettrone. Descriviamo solo ciò che osserviamo dall'esterno: intensità e frequenza della luce emessa dall'elettrone. Basiamo tutto solo su quantità che siano osservabili. Questa è l'idea.

Il 9 giugno Heisenberg torna dall'isola di Helgoland alla sua università: Gottingen. Manda una copia dei risultati all'amico Pauli, commentando: «È tutto ancora molto vago e non mi è chiaro, ma sembra che gli elettroni non si muoveranno più su orbite».