



Il timore dell'indeterminatezza*

Matteo Montisci

IIS Brotzu, Quartu Sant'Elena (CA)

montiscimatteo05@gmail.com

Francesco Lecca

IIS Brotzu, Quartu Sant'Elena (CA)

leccafrancesco0002@gmail.com

RIASSUNTO: Questo saggio, intrecciando dal punto di vista epistemologico lo sguardo filosofico con quello della fisica, riflette sul concetto di indeterminatezza e sul ruolo cruciale della scienza nel rilanciare grandi domande euristiche. In particolare, si riflette sulla fisica quantistica come occasione per ripensare cornici interpretative e schemi consueti con cui viene letta la realtà.

PAROLE-CHIAVE:

Scienza. Filosofia. Fisica
Quantistica. Indeterminatezza.
Pensiero.

The Fear of Indeterminacy

ABSTRACT: By epistemologically intertwining the philosophical gaze with that of physics, this essay reflects on the concept of indeterminacy and the crucial role of science in raising important heuristic questions. In particular, quantum physics is seen as an opportunity to rethink interpretive frameworks and the usual schemas by which reality is read.

KEYWORDS:

Science. Philosophy. Quantum
Physics. Indeterminacy.
Thinking.

* Il saggio è frutto di una riflessione comune condotta dai due autori. Per quanto riguarda la redazione dei singoli paragrafi, Matteo Montisci ha curato i §§ 1.1 e 2.2; Francesco Lecca si è invece occupato dei §§ 1.2 e 2.1.

1. Sulla crisi del mondo classico

1.1. Dalla fisica classica alla relatività

Quali sono le due teorie nuove del Novecento? Come si è arrivati ad esse? Cosa hanno di diverso rispetto all'approccio classico, a quella fisica che più comunemente studiamo a scuola?

Queste domande sono di fondamentale importanza, alla quale bisogna rispondere prima di immergersi nell'oceano della meccanica quantistica, con le sue acque ancora inesplorate e ignote.

Innanzitutto, è necessario inquadrare il periodo storico di riferimento. Ci troviamo tra la fine dell'Ottocento e gli inizi del Novecento, quando il pensiero positivista dell'uomo occidentale viene messo in crisi sotto vari aspetti, in ogni ambito culturale, da quello umanistico a quello scientifico. Proprio l'arte sarà capace di concepire in anticipo tale turbamento: in questo momento si svilupparono le principali avanguardie che diedero vita all'arte contemporanea. Qui sono presenti protagonisti come Picasso, che fu tra i primi a frammentare la realtà nei suoi quadri, oppure Duchamp, che mise in grave crisi il concetto stesso di arte.

Tuttavia, è ancora vigente il Positivismo, movimento culturale del XIX secolo, che riprende l'importanza della ragione attribuita agli illuministi, andando ad esaltarla con una totale fiducia nel progresso scientifico e nella tecnica. Infatti, durante questo periodo ha inizio la rivoluzione industriale, che è l'attuazione nella realtà del pensiero positivista.

L'uomo credeva di essere quasi invincibile, capace di plasmare e controllare la natura a proprio piacimento, in quanto la scienza aveva ottenuto dei risultati che si credevano essere gli strumenti attraverso cui studiare qualsiasi aspetto del mondo: dalle scienze più fondamentali alla psicologia e la sociologia.

Queste certezze caddero grazie a numerosi pensatori e scienziati, che portarono alla luce la soggettività di ogni singolo essere e la relatività di certi aspetti della natura.

Come detto in precedenza, l'approccio positivista comincia a mostrare delle falle tra la fine dell'800 e i primi del '900: l'idea di un modello irriducibile e perfettamente controllabile del mondo sotto tutti i suoi aspetti comincia a vacillare: quella visione del mondo fatta di un linguaggio matematico, che ne descrive perfettamente le caratteristiche secondo categorie logico-deduttive, si sgretolava sempre più rapidamente.

Per quanto riguarda la fisica, uno fra i primi che mise in discussione tali certezze, fu uno dei fisici più conosciuti al mondo: Albert Einstein.

In un certo senso si può pensare che fu lui a mettere in bilico alcune delle categorie di base, come l'idea di tempo e di spazio con le idee della sua "Teoria della Relatività". Essa, infatti, si rivelerà rivoluzionaria per il panorama fisico. Con la "Teoria della Relatività Ristretta" prima e quella "Generale" dopo, il tempo diventa la quarta dimensione e non un concetto isolabile da quello di spazio, come fecero tutti i fisici da Newton in poi. Infatti, si parlerà di spazio-tempo. Con la relatività generale, infine, lo spazio-tempo diventa in tutto e per tutto un ente fisico; le masse interagiscono con esso, deformandolo (Einstein, 1975).

Per chi non ha mai affrontato questi argomenti, queste affermazioni possono avere tutt'ora un sapore fantascientifico. Il concetto stesso di massa che curva e deforma lo spazio-tempo potrebbe apparire fantascientifico e, ancor di più, il concetto di tempo stesso, che da assoluto diventa relativo all'osservatore. Per intenderci, ciò significa che esso non scorre in eguale modo per tutti. Esempio: se dovessi fare un viaggio nello spazio a velocità elevatissime, simili a quelle della luce, e tornassi dopo un anno, il mondo potrebbe essere andato avanti per diversi anni. Voi tutti avreste anni in più rispetto a me!

Ora, se il primo colpo ad una visione intuitiva del mondo la diede la teoria della relatività, l'altra rivoluzione fu sicuramente e quasi contemporaneamente, quella rappresentata dalle idee della meccanica quantistica.

1.2. Dai quanti all'indeterminazione

Einstein, in un certo senso, si può pensare come il primo che agli inizi del '900 mise in crisi alcuni paradigmi della fisica classica elaborando le due teorie di relatività ristretta e generale, rivoluzionando l'idea di spazio e tempo che da semplici enti di sfondo della drammaturgia fisica diventavano enti fisici a tutti gli effetti, attori anch'essi.

Tuttavia, il primo passo verso la seconda rivoluzione scientifica, la fisica quantistica fu compiuto da Max Planck con l'introduzione del concetto di "pacchetto di energia" o quanto, nel tentativo di fornire un'espressione matematica consistente affine al cosiddetto problema dello spettro del corpo nero (Pensosa, 2018).

Ma sarà lo stesso Einstein ad adattare l'idea di quantizzazione dell'energia introdotta da Max Planck, per indagare la natura della luce relativa al famoso "effetto fotoelettrico".

Successivamente, Rutherford ipotizzò un primo modello funzionale dell'atomo distribuendo le cariche positive e negative tra nucleo ed elettroni e fornendo il cosiddetto "modello planetario dell'atomo".

L'atomo di Rutherford, tuttavia, appare in contraddizione con le leggi della fisica conosciute allora. Secondo il suo modello gli elettroni orbitando intorno al nucleo,

andrebbero incontro ad una progressiva dissipazione della loro energia che si tradurrebbe con il collasso di questi ultimi sul nucleo. Tale scenario non è giustificato, perché, se corretto, andrebbe in contraddizione con la stabilità dell'atomo.

Il problema pare irrisolvibile.

In quegli anni di fermento scientifico Niels Bohr, seppur collocando i protoni nel nucleo, ipotizza che gli stati stazionari delle orbite degli elettroni siano quantizzati: ciò significa che gli elettroni orbitano intorno al nucleo senza perdere energie ma su orbite ben definite e la cui energia è legata a certi numeri interi, chiamati numeri quantici. Questa idea descrive l'atomo in maniera più funzionale ma non si hanno ancora gli espedienti concettuali per poterlo interpretare all'interno di una teoria più generale (Mastroianni, 2004).

La fisica classica viene messa ripetutamente in crisi in quegli anni a causa di questo irrisolto problema.

Ma è in un'isoletta del mare del nord, Helgoland, che un giovane, Werner Heisenberg, allievo di Max Born, ha l'intuizione che rivoluzionerà definitivamente il nostro modo di pensare la fisica (Rovelli, 2020).

Heisenberg decide di lasciare da parte ciò che non torna e concentrarsi esclusivamente sulle sole grandezze osservabili dell'atomo.

Ipotizza che le orbite degli elettroni non siano descrivibili attraverso numeri unidimensionali, bensì in tabelle multidimensionali, più precisamente matrici.

Nel 1927 Heisenberg mette a punto il suo "principio di indeterminazione". Tale principio esclude la possibilità, per esempio, di misurare contemporaneamente velocità e posizione degli elettroni rendendo impossibile parlare di traiettoria delle particelle.

La misurazione di tali osservabili influisce in maniera determinante sul loro valore, modificandolo, e rendendo l'elettrone identificabile più che con un punto con una "nuvola di probabilità".

Questa teoria, accettata con difficoltà dalla comunità scientifica dell'epoca, come potete immaginare, porta con sé cambiamenti drastici.

La realtà fisica, da perfettamente controllabile assume una natura probabilistica intrinseca che non dipende, cioè, da una mancanza di informazione sul sistema in esame ma che si svela come una caratteristica irriducibile della natura stessa.

Se volessimo usare una metafora, si potrebbe dire che le conclusioni del principio di indeterminazione ci consegnano una realtà la cui "fotografia" non può essere pienamente "a fuoco" e non per difetti dello strumento di misura, ma per ragioni squisitamente ontologiche (Rudolph, 2020).

I meccanismi innescati da questa e altre scoperte contingenti hanno portato nel tempo ad una rivalutazione in senso filosofico del concetto di certezza del valore di una misura in fisica e in generale della fisica nei suoi fondamenti.

Le particelle costituenti il mondo microscopico esprimono non solo il comportamento di particelle dotate di massa, ma anche quello di onde, e viceversa; si parlerà di dualismo onda-particella.

Tali particelle subatomiche possono essere contemporaneamente in un posto e in un altro – “sovrapposizione degli stati” – come esprime Schrödinger con il paradosso del gatto contemporaneamente vivo e morto.

Questi sono solo alcuni degli aspetti sconcertanti che la nuova Fisica ci pone di fronte.

2. Incertezza dell'infinito come misura della conoscenza particolare

2.1. Oltre i limiti del pensiero

Dopo aver provato a rispondere alle domande iniziali, abbiamo deciso di porci ulteriori questioni e proporvi delle curiosità, in relazione a questi argomenti.

Come mai siamo qui a parlare di fisica quantistica? Perché voi siete qui a leggere questo articolo? Perché a dei semplici adolescenti dovrebbero interessare questi argomenti, tra l'altro di non facile approccio e dalla natura così complessa?

Si dice che, a livello biologico, l'individuo nel periodo della sua adolescenza, o almeno fino ai 30 anni, possiede il massimo delle energie fisiche e mentali. Ciò corrisponde alla propensione del giovane ad avventurarsi in luoghi inesplorati, verso orizzonti nuovi con la fame di conoscere il mondo, capirlo e cambiarlo. Non a caso Heisenberg enunciò il principio di indeterminazione quando aveva soli 25 anni.

Questa caratteristica dell'uomo, di spingersi oltre i limiti delineati dal pensiero vigente, si può spiegare con una tensione inconscia nell'oltrepassare il confine della propria coscienza, sviluppandosi con una tendenza all'infinito. Ciò ne determina l'irrazionalità del proprio pensiero e la capacità di uscire al di fuori di uno schema razionale.

È facile pensare come questo concetto poté ispirare il giovane Leopardi, poeta di inizio Ottocento, che scrisse “L'infinito” a soli 21 anni, poesia nella quale esalta questa caratteristica fondamentale dell'uomo.

In ambito scientifico, si potrebbe pensare a come un abbrivio simile possa aver permesso le scoperte rivoluzionarie che hanno costruito l'idea nuova di realtà, proprio attraverso la meccanica quantistica. Le conclusioni sugli aspetti della realtà messi in luce da essa appaiono parecchio diverse rispetto al senso comune con i quali leggiamo il mondo mesoscopico, punti di vista che nascondono ancora categorie di lettura di

inerzia positivista. Guardiamo ancora il mondo come se fossimo in grado di osservarlo senza influenzarlo con la nostra stessa osservazione.

Tuttavia, in fisica quantistica, studiando il comportamento delle particelle, nel senso di componenti essenziali della realtà, si finisce per interagirci. Ciò è definito come problema della relazione tra osservatore e osservato (Rovelli, 2020). Ed è qui che troviamo una delle grandi differenze con la fisica classica, che sosteneva di poter restituire una teoria del mondo, in maniera oggettiva e assoluta. La meccanica quantistica ci restituisce un mondo che più che di certezze è caratterizzato dalle probabilità.

Questo concetto non è il solo che differenzia la nuova fisica da quella classica.

Se pensiamo al fatto che le due nuove fisiche del '900 sono relatività e meccanica quantistica e che c'è qualcuno che sta provando ad unificarle, troviamo concetti ancora più strani, come quelli relativi alla visione più moderna di spazio-tempo. Nella Teoria quantistica della gravitazione detta a Loop di Carlo Rovelli (2017), per esempio, il tempo sparisce dalle equazioni che dovrebbero descrivere la dinamica della natura quando si cerca di quantizzare la “bestia nera” delle 4 forze fondamentali che fanno suonare il mondo: la gravità appunto.

Come si può notare e dedurre, rispetto a quella classica, la fisica moderna risulta assurda e rivoluzionaria, apparentemente non leggibile secondo i canoni vecchi; aspetto questo che sembra essere del tutto affine alla tendenza del giovane. La capacità di uscire dai rigidi schemi logici per rivoluzionare il pensiero. Cambiare la visione della realtà che ci circonda, di cui la meccanica quantistica sembra averne gli strumenti. È lo studio di una realtà sconfinata e incerta che stimola il cervello e il cuore di noi giovani ad affrontarla, cambiando tuttavia il punto di vista. Studiarla dall'interno, capendo che lo stesso soggetto conoscente fa parte dell'oggetto conosciuto.

2.2. Equazioni di incertezza

La capacità di astrazione è una delle doti basilari dell'uomo, è quella che gli ha permesso di assimilare ogni sua conoscenza, è grazie ad essa che esiste la nostra tecnologia, la scienza, la filosofia.

È talmente acuta da aver permesso a Democrito di concettualizzare l'atomo migliaia di anni prima che esistesse la scienza per come la conosciamo noi.

Ci permette di assimilare enti come concetti, e ragionare su cose che non esistono; per esempio, la Lunghezza di Planck, ovvero $6,6 \times 10^{-34}$ (Rovelli, 2017). Questa misura è talmente “limite” da essere inimmaginabile persino per la mente più brillante. La sua dimensione è tanto ridotta rispetto alla nostra percezione da non essere nemmeno concettualizzabile.

Detta misura è legata intimamente alla costante di Planck e rappresenta la porzione minima di mondo rispetto alla quale si crea una discontinuità tra una particella e la successiva, quella porzione minima di mondo indagata dai moderni approcci della gravità quantistica. Una realtà tanto particolare di fatto è così distante da noi da farci reputare irragionevole il darle un peso nella nostra vita.

Tanto più, agli occhi di un diciottenne appare quasi follia.

Eppure, non è null'altro che la porzione fondamentale della nostra realtà. Lì accadono fenomeni che nella maniera più precisa descrivono il nostro mondo.

Paiono tanto lontani da far dimenticare di non essere estranei; tuttavia, queste dinamiche descrivono la nostra realtà. Ma di fatto non rispondono alla nostra logica, alle nostre regole, alla nostra percezione (Rudolph, 2020)

Uno sguardo su questo mondo ci porta a scoprire che, per indagare a quelle "profondità" bisogna ulteriormente mettere in discussione, ancora una volta, l'ontologia di tempo e spazio, già messi a dura prova dalla relatività generale, arrivando a farci mettere in discussione perfino il concetto di causalità.

La somma di questa realtà pare condurci in un universo pulsante, privo di forme e colori ma immenso ed inebriante. Esplorare una realtà aliena come quella che ci restituisce la fisica quantistica significa entrare in contatto con sistemi di enorme complessità e di conseguenza allenare la propria mente a concetti strutturalmente controintuitivi ma potendosi rapportare ai concetti più fini della nostra fisica (Rovelli, 2020).

Consciamente è possibile rendersi conto quanto abbiamo necessità di nuove lenti per leggere la realtà, una realtà estremamente intricata, di fronte alla quale restiamo sbigottiti. Con la crisi del pensiero del Novecento, la morte di Dio, la catastrofe della visione classica, la crisi delle false certezze, la scoperta dell'inconscio, è inevitabile sentirsi naufraghi in una dimensione naturale senza appigli, in una realtà che si svela sempre di più nelle sue infinite sfaccettature.

Il reale, risponde meno che mai nella storia recente dell'uomo, ai suoi parametri, lasciandolo apparentemente disorientato; è il muro contro il quale ci siamo scontrati, che ha frammentato la nostra arte e il nostro modo di interpretare l'uomo e il suo rapporto con la natura.

Data la consapevolezza che la nostra società vive una crisi profonda, viscerale, concettuale, per la quale non sembriamo avere una chiave di lettura in grado di restituirci un abbrivio ottimista, la domanda relativa a come poterne uscire sembra priva di risposta.

Ma è possibile che la risposta sia annidata nella domanda, che l'illusione della certezza possa essere superata.

La visione quantistica rappresenta ragionevolmente una chiave per capire ciò, per accettare nuovi modi di concepire la grammatica della realtà, per sostituire i nostri simulacri di certezza con “equazioni di ragionevole incertezza”.

Alla luce di tale risposta, chi è destinatario più determinante di noi ragazzi, che abbiamo una struttura mentale che ci permette di interiorizzare concetti controintuitivi come quelli della fisica quantistica e di poterli adoperare in funzione di nuovi modelli concettuali.

Forse abbiamo trovato una chiave per un nuovo equilibrio instabile in questa barca alla deriva che è la nostra conoscenza. Il fascino della visione quantistica del mondo, apparentemente sembra custodirla.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Einstein, A. (1975). *Come io vedo il mondo - La teoria della relatività*. Roma: Newton Compton Editore.
- Mastroianni, A. (2004). *La rivoluzione culturale di Enrico Fermi*. Torino: Torino Scienza.
- Penrose, R. (2018). *La strada che porta alla realtà*. Milano: Rizzoli.
- Rovelli, C. (2017). *L'ordine del tempo*. Milano: Adelphi.
- Rovelli, C. (2020). *Helgoland*. Milano: Adelphi.
- Rudolph, T. (2020). *Quanti*. Milano: Adelphi.