

DE BROGLIE, HEISENBERG, IL
DARWINISMO QUANTISTICO E
L'INCERTEZZA:
DALLA CRISI DI IDENTITÀ A FACEBOOK.



DE BROGLIE, HEISENBERG, IL DARWINISMO QUANTISTICO E L'INCERTEZZA: DALLA CRISI DI IDENTITÀ A FACEBOOK.

L'opera di demolizione della fisica classica inizia con la pubblicazione del lavoro di Planck sui quanti nel 1900 e si completa con il lavoro di Einstein che propone la teoria della relatività ristretta nel giugno del 1905 (l'annus mirabilis per la fisica) e le relatività generale (la teoria del campo gravitazionale) nel 1915. Ma a contribuire al disfacimento della fisica classica, concorrono in modo decisivo le teorie quantistiche (in realtà numerosissime, non ascrivibili a un'unica corrente di pensiero, nate a partire dal 1900) che finiscono per decretare il definitivo superamento della tradizionale concezione della fisica (intesa letteralmente come "studio della Natura e dei suoi fenomeni") e aprono gli orizzonti di una ricerca scientifica totalmente nuova. In realtà sia la relatività che la fisica quantistica (o meglio, le varie teorie quantistiche) nascono come generalizzazioni della fisica classica: quando si analizzano sistemi fisici caratterizzati da masse non eccessivamente piccole (come nel caso delle particelle subatomiche) o velocità non eccessivamente elevate (come quelle prossime alla velocità della luce), le leggi di Galileo e Newton rimangono valide. Le nuove leggi relativistiche e quantistiche, di contro, sono le leggi dei sistemi o "molto piccoli" (come l'atomo) o "molto grandi" (come l'universo). Nonostante questa apparente continuità tra "leggi", le conseguenze implicite che la relatività e soprattutto la teoria dei quanti nascondono al loro interno, sono talmente innovative che segnano il passaggio decisivo dalla concezione deterministica (propria della fisica classica, che trova la sua massima espressione in Laplace) all'impostazione indeterministica: si arriverà in questo modo a una sconvolgente rivoluzione del modo di procedere non solo scientifico che, per la sua portata universale, non avrà eguali nella storia dell'uomo.

Uno dei contributi più importanti alla fisica quantistica è quello addotto da Luis De Broglie (1892-1987, premio Nobel per la Fisica nel 1929) e infatti i suoi studi segnano un po' il punto di svolta della fisica moderna, che fino ad allora si era occupata più che altro di elaborazioni matematiche. Considerando l'ormai accettata ipotesi sulla doppia natura del campo elettromagnetico (che mette in evidenza una natura ondulatoria in fenomeni come la riflessione e la rifrazione e una natura corpuscolare in fenomeni come l'effetto Compton), il fisico francese si chiese se anche la materia avesse una duplice natura. La conclusione a cui giunse nel 1924, confermata nel 1927 dall'esperimento di Davisson-Germer, fu che anche per le particelle materiali, così come per i fotoni, vale la relazione $\lambda = h/p$: un oggetto con quantità di moto p e velocità v , trasporta con sé un'onda "materiale" la cui lunghezza d'onda è il rapporto tra la costante di Planck ($6,62 \times 10^{-34} \text{ J s}$) e la quantità di moto dell'oggetto; la velocità dell'onda è c^2/v . Questo valore è intuitivamente maggiore di c (dove con c si intende la velocità della luce, $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$) ma non è in contrasto con la teoria della relatività ristretta di Einstein perché l'onda di materia è un oggetto fisico che non interferisce con il campo elettromagnetico, ossia non può né emettere né ricevere luce. In sostanza il significato profondo dell'intuizione di De Broglie è che un elettrone (e in generale un qualsiasi corpo, ma questo discorso assume rilevanza solo nel caso di particelle con massa molto piccola) ha un'energia che in parte è localizzata nel punto in cui si trova la sua massa (secondo l'equivalenza di Einstein massa = energia) e in parte è diffusa intorno alla particella sotto forma di un pacchetto di onde che crea interferenza costruttiva nei pressi di un corpo e interferenza distruttiva nel resto dello spazio (altrimenti, se non si annullassero nel resto dello spazio, questo fascio di onde si propagherebbe indefinitamente, e questo sperimentalmente non accade).

Werner Heisenberg (1901-1976, studioso tedesco premio Nobel per la Fisica nel 1932) partì proprio dal lavoro di De Broglie per la formulazione del suo famoso principio di indeterminazione (o dell'indeterminatezza) che è considerato, a ragione, uno dei pilastri teorici dell'impianto quantistico

e rappresenta forse il suo aspetto più interessante per lo meno per quanto riguarda le sue implicazioni epistemologiche e ontologiche. Heisenberg considerò la relazione $\lambda=h/p$ (teorizzata da Einstein per i fotoni e applicata da De Broglie ai corpi materiali) e notò che nel caso in cui la quantità di moto di un corpo avesse avuto valore 0 (il caso di un corpo fermo), la lunghezza dell'onda materiale che il corpo trasporta con sé, sarebbe stata infinita. Questo è chiaramente un assurdo dal punto di vista fisico e Heisenberg lo risolse con l'introduzione delle ben note relazioni di indeterminazione: non è possibile affermare con sicurezza che $p=0$, si può dire al massimo che $p=0 \pm \Delta p$ dove con Δp si indica l'incertezza della misurazione della grandezza "quantità di moto". Questo margine d'errore è indissolubilmente legato all'incertezza relativa alla posizione della particella considerata, infatti il prodotto fra le incertezze non può essere reso arbitrariamente piccolo e quindi non è neppure concettualmente eliminabile, ma deve avere h come valore minimo ($\hbar =$ costante di Dirac $= h/2\pi = 1,054 \times 10^{-34} \text{ J s}$): utilizzando strumenti più accurati non si migliora INDEFINITAMENTE il valore della misurazione fino ad arrivare a un risultato che sia assolutamente certo per entrambe le grandezze, perché deve sempre valere la relazione $\Delta p \Delta x \approx \hbar$. L'incertezza relativa alla quantità di moto e quella relativa alla posizione della particella, sono legate da una relazione di proporzionalità inversa: facendo dimezzare l'una (quindi aumentando la precisione di misurazione di una delle due), l'altra raddoppia e viceversa. In sostanza Heisenberg postulò che a un certo livello microscopico, quantità di moto/posizione ed energia/tempo (le altre due grandezze analogamente legate dalle relazioni di indeterminazione) sarebbero dovute rimanere sempre indefinite.

Una prima spiegazione di questo principio è intuitivamente connessa alla difficoltà misurativa che l'uomo deve affrontare per determinare queste due grandezze: infatti per poter calcolare la posizione di un oggetto microscopico come un elettrone occorre investirlo con un raggio di luce (ossia un fascio di fotoni) e questo fa sì che l'elettrone risulti perturbato dall'interazione con il fotone, che ne modifica inesorabilmente la velocità (perché possiede una quantità di energia $E=h\nu$ cede all'elettrone facendogli mutare quantità di moto). Ma l'impossibilità di effettuare una misura esatta, non deriva solo dall'invasiva interazione del mondo macroscopico sul microscopico nel momento della misurazione: è una proprietà intrinseca (ontologica) della materia. In nessun senso si può ritenere che una microparticella possieda, in un dato istante, una posizione e una velocità univocamente definite. Il limite stabilito da Heisenberg quindi non è un confine puramente cognitivo come poteva sembrare inizialmente, ma un limite ontologico della materia: si postula in questo modo non solo l'inconoscibilità di tali valori, ma la loro inesistenza reale. L'applicazione del principio di indeterminazione di Heisenberg avrà particolare fortuna nelle scienze chimiche, in particolare in quella branca della chimica che si interessa (più che alle reazioni), alla descrizione dei sistemi atomici e molecolari. Nel corso degli anni 20 e 30, l'interazione tra queste due scienze fu talmente forte che alcuni dei massimi pensatori della teoria chimica moderna, furono fisici di fama internazionale e spesso premi Nobel (come Niels Bohr, Wolfgang Pauli ecc): in effetti sia la fisica moderna che la chimica hanno come oggetto lo stesso argomento, ossia "l'infinitamente piccolo", e questo favorisce un'intima connessione tra gli studi chimici e fisici, che talvolta proprio per questo si sovrappongono.

Una delle conseguenze più immediate del principio di indeterminazione, è che in alcuni composti organici (come per esempio i composti aromatici), risulta difficoltoso stabilire quali sono gli orbitali che si sovrappongono tra loro. Il concetto di orbitale stesso nasce in seno alla fisica quantistica, come diretta conseguenza del principio di Heisenberg: la nozione di orbita deve essere sostituita con quella di orbitale, che, coerentemente con l'interpretazione di Copenhagen, rappresenta la regione dello spazio in cui la probabilità di trovare l'elettrone è massima. Consideriamo per esempio il benzene, il capostipite degli aromatici, la cui formula bruta è C_6H_6 . Sperimentalmente sappiamo che la molecola del benzene è planare e che i sei atomi di carbonio si dispongono ai vertici di un

esagono perfettamente regolare. Questa struttura ha rappresentato un grosso enigma per i chimici a partire dalla seconda metà del XIX secolo: infatti, considerando la tetraedricità dell'atomo di carbonio, ipotizzarono che fosse un banalissimo 1,3,5-cicloesatriene, ossia un composto altamente insaturo con 3 doppi legami tra i carboni 1-2, 3-4 e 5-6. Se fosse stata vera questa interpretazione però, l'esagono formato dagli atomi di carbonio non sarebbe stato regolare, perché il doppio legame C=C ha una lunghezza di 1.33Å e il legame semplice C-C ha una lunghezza di 1.54Å; attraverso l'osservazione della molecola del benzene invece, si poteva osservare che i 6 legami tra i carboni sono perfettamente uguali e pari a 1.39Å. A questa aporia per la chimica ottocentesca, si aggiungeva anche un altro fenomeno apparentemente inspiegabile, la scarsissima reattività degli aromatici. Un composto insaturo (come si pensava fosse il benzene) dà origine a reazioni di addizione (elettrofila o radicalica); il benzene invece consentiva esclusivamente reazioni di sostituzione, reagiva con il Br₂ (bromo) ma non si osservava il tipico scolorimento, reagiva con il KMnO₄ (permanganato di potassio) ma non si osservava il cambiamento di colore dovuto all'ossidazione. Come spesso accade, quando un'ipotesi si trova imbrigliata in un dilemma per il quale non sembra esserci soluzione, si introducono elementi di novità che tentano di ricomporre le fratture interne e di conciliare la teoria con le osservazioni sperimentali (e questa è una caratteristica strutturale della scienza moderna che è continuamente perfettibile). Anche in questo caso per superare le difficoltà teoriche, nel 1865 il chimico tedesco Friedrich August Kekulé (1829-1896) ipotizzò che la molecola si trovasse in uno stato di equilibrio tra due forme (ossia l'ipotetico 1,3,5-cicloesatriene e il 2,4,6-cicloesatriene) tra le quali oscillava talmente rapidamente che non era possibile affermare in quale configurazione si trovasse in un preciso istante; secondo Kekulé era questa rapidissima e continua oscillazione a determinare l'impossibilità di reagire con gli altri composti. L'ipotesi di Kekulé anticipava, seppur in modo imperfetto, quella che poi, nel 1900, sarà chiamata "teoria della risonanza": in realtà a definire la struttura del benzene concorrono due forme limite (corrispondenti alle strutture di Kekulé) che coesistono allo stesso tempo; la differenza con l'ipotesi del 1865 è che non è vero che la molecola oscilla periodicamente tra queste due conformazioni, ma si pone a metà strada fra esse e prende il nome perciò di "ibrido di risonanza".

Il concetto-chiave che sta alla base della risonanza, è quello di delocalizzazione elettronica: ogni carbonio ha ibridazione sp² e i rimanenti orbitali p non ibridati, uno per atomo, sono disposti perpendicolarmente al piano della molecola, parallelamente tra loro; in questo modo i 6 elettroni rimanenti possono delocalizzarsi in un unico orbitale π esteso a tutto l'anello. Questa struttura, com'è ovvio, influenza fortemente le proprietà chimiche degli aromatici, infatti a causa della grande stabilità che l'anello benzenico offre loro, non sono disposti a perdere questa configurazione e le reazioni a cui danno luogo sono di sostituzione e non di addizione (come accade invece negli alcheni, che presentano anch'essi un'ibridazione sp²). In sostanza sono disposti a perdere un idrogeno, ma a patto che venga sostituito con un altro gruppo funzionale (come lo ione nitronio nella nitratura o lo ione cloruro nell'alogenazione). Per questo tipo di composti insomma, chiedersi tra quali carboni è localizzato il doppio legame, non ha senso né dal punto di vista fisico né dal punto di vista strettamente chimico: il concetto stesso di legame, è una semplificazione che l'uomo attua per formalizzare i problemi di reazione tra composti che, interagendo, modificano le loro caratteristiche. Il tratto di penna che si disegna per indicare il legame tra due atomi non corrisponde, in verità, a una REALE condivisione degli elettroni. Essi, solo per una forma di semplificazione sono definiti come "particelle materiali" che girano attorno al nucleo. In realtà il loro comportamento è spesso del tutto sfuggente alle leggi dei corpi materiali e proprio per questo la loro natura è allo stesso tempo, corpuscolare e ondulatoria, esattamente come i fotoni (questa proprietà sarà verificata dagli studi di George Thomson - Nobel nel 1937 - figlio di Joseph Thomson che, ironia della sorte, 31 anni prima aveva vinto il Nobel per la scoperta dell'elettrone come particella). In definitiva se una particella si comporta anche come un'onda, non può avere una

posizione definita ma deve essere delocalizzata nello spazio. Proprio questa doppia natura delle particelle subatomiche (che sono allo stesso tempo particelle e onde) è alla base del secondo postulato fondamentale della meccanica quantistica (dopo quello di Heisenberg) ossia il principio di complementarità, formulato dal fisico danese Niels Bohr (1885-1962, premio Nobel per la Fisica nel 1922): vi sono aspetti di determinati oggetti fisici che sono complementari (secondo la dualità onda/corpuscolo) ma allo stesso tempo incompatibili, poiché ogni esperimento atto a mostrare un aspetto preclude ogni possibilità di osservare l'altro.

Bohr sistematizzò magistralmente le intuizioni che la fisica moderna aveva prodotto fino ad allora e nella celebre interpretazione di Copenhagen del 1927 (della cui scuola egli fu il leader) interpretò l'onda materiale di De Broglie come un'onda di probabilità (la celebre interpretazione probabilistica di Copenhagen): ogni stato quantistico è governato da una legge che assume la forma matematica dell'equazione di Schrödinger, la cui soluzione, detta funzione d'onda, ha in sé tutte le informazioni necessarie per descrivere l'elettrone e coincide con la probabilità di trovarlo in un piccolo frammento ΔV di universo che si sceglie di osservare. Lo stato di una qualsiasi particella pertanto non è più descrivibile dal punto di vista classico (ossia attraverso le informazioni sulla posizione nello spazio, sul tempo e sulla quantità di moto), ma è costituito dalla sovrapposizione di tutti i suoi possibili futuri, ciascuno "pesato" con la diversa probabilità che accada. In sostanza secondo Bohr l'onda materiale di De Broglie risulta essere un puro ente matematico, un'astrazione probabilistica, che contiene in sé gli infiniti futuri della particella, affidati alla legge del caso: il quadrato stesso della funzione d'onda rappresenta una densità di probabilità, che moltiplicata per un piccolo volumetto ΔV , indica la probabilità che in quella regione di spazio si trovi l'elettrone. Bisogna evidenziare però che l'equazione di Schrödinger in ogni istante descrive un insieme di possibilità e non di attualità: soltanto misurando il sistema possiamo leggere un valore specifico della grandezza che stiamo considerando. Prima della misurazione non c'è alcun modo di prevedere il risultato. John Von Neumann (1903-1957, matematico ungherese naturalizzato statunitense) stabilì che è la misurazione stessa che determina il collasso della funzione d'onda e "forza" il sistema ad assumere un valore specifico tra tutti quelli possibili, valore (secondo Von Neumann) del tutto casuale. Solo dopo aver effettuato la misurazione si può dire che l'elettrone (o la particella) è "qui" (mentre in fisica classica non ci sono questi dubbi: l'elettrone è "qui" e anche il microscopio misurerà sempre lo stesso "qui"). Una volta stabilito che il collasso della funzione d'onda avviene quando si ha interferenza con un altro sistema, rimaneva da spiegare che cosa promuovesse un oggetto fisico a "collassatore": la mente umana per esempio lo è di sicuro perché l'uomo può misurare le particelle e Von Neumann kantianamente sostiene che questo accade perché l'uomo è l'unico "ente fisico" capace di avere coscienza del proprio stato (un concetto del tutto analogo a quello di Io-penso della Critica della Ragion Pura, che era chiamato infatti Appercezione o AUTOCOSCIENZA trascendentale).

In questo dibattito si sono cimentate le più geniali menti fisiche della scienza moderna, spesso senza riuscire a formulare una spiegazione convincente, e i tentativi di risposta possono essere ascritti sostanzialmente a 3 correnti di pensiero principali, ognuno guidata da alcuni dei maggiori fisici della seconda metà del secolo scorso: Penrose, Everett e Zurek.

Roger Penrose (1931, matematico e filosofo inglese) ha proposto che a dare il "privilegio" di essere collassatore, sia la gravità: gli oggetti grandi deformano lo spazio-tempo (secondo l'idea che ne aveva Einstein) e ciò determina il collasso spontaneo del sistema in una sua particolare possibilità, che diventa certezza; è per questo che i sistemi grandi hanno una posizione e una forma ben definita agli occhi di un uomo che li osserva. Quando un sistema grande (macroscopico, come quello umano) entra in relazione con un sistema piccolo (microscopico, come un sistema atomico) lo ingloba facendolo diventare parte del grande e pertanto misurabile (l'incertezza c'è comunque ma è

del tutto trascurabile poiché si distribuisce sull'intera grandezza del collassatore: è come se un sistema misurasse una parte di sé stesso).

Un'altra possibilità è quella di negare semplicemente che questo collasso avvenga: invece di ammettere che il futuro venga scelto a caso ogni volta che la funzione collassa, Hugh Everett III (1930-1981, matematico statunitense), David Deutsch (1953, fisico britannico) e Stephen Hawking (1942, celebre astrofisico inglese noto al pubblico per le sue ricerche sui buchi neri) sostengono che tutti i possibili futuri si verificano contemporaneamente. Secondo questa affascinante teoria, in ogni istante l'universo si dividerebbe in miliardi di altri universi, ognuno corrispondente a ogni possibile valore di ogni grandezza misurabile: quando si effettua una misurazione e si fa collassare una funzione d'onda, il valore che si ottiene non è l'unico valore reale ma assumono realtà, in altri universi, anche tutte le altre misure che non sono state trovate. In definitiva l'Io che misura, osserva tutti i possibili risultati di una misurazione ma lo fa in infiniti universi (nei quali vi sono infinite copie di ogni potenziale osservatore, ossia di ogni uomo).

La terza ipotesi sul collasso della funzione d'onda è di Wojciech Zurek (1951, fisico polacco) e, per la sua analogia con la teoria evuzionistica teorizzata da Charles Darwin nel 1859 (ne "L'origine della specie"), prende il nome di darwinismo quantistico. Per poterla comprendere bisogna ricordare le due considerazioni che ne stanno alla base:

- ✓ una volta effettuata un'osservazione dell'elettrone, se la si ripetessimo immediatamente dopo, otterremmo esattamente lo stesso risultato. Questo, secondo Zurek, vuol dire che lo stato misurato non è preso banalmente a caso fra tutti quelli possibili (come invece riteneva Von Neumann) ma che, una volta fatta, la scelta risulta in qualche modo definitiva.
- ✓ durante la misurazione, l'uomo non misura direttamente l'elettrone (che abbiamo già detto essere un'entità fisica allo stesso tempo corpuscolare e ondulatoria quindi difficilmente osservabile in senso stretto) ma una piccola porzione di spazio che probabilmente lo contiene e da cui trae le informazioni sulla posizione della particella.

Zurek sostiene che l'elettrone (e in particolar modo la sua funzione d'onda) parte da un certo "stato" iniziale. Questo stato interagisce con l'ambiente e vi lascia un'impronta (prodotto dell'interazione tra l'elettrone e le particelle che costituiscono l'ambiente): ogni frazione di ambiente (che abbiamo detto essere il vero oggetto della misurazione) esprime solo una parte di tutta l'informazione sullo stato originario e non quindi non tutti i microscopici volumetti di spazio che consideriamo ci rimandano lo stessa informazione sull'elettrone. In buona sostanza ogni piccola porzione di universo che noi possiamo misurare per trarre qualche informazione sull'elettrone, ci fa vedere uno stato leggermente diverso: è come se lo stato iniziale avesse prodotto una gran quantità di "stati-figli", ciascuno un po' diverso dall'altro, che vivono nell'ambiente circostante, e che altro non sono che il prodotto dell'interazione tra l'elettrone e le diverse porzioni di universo osservate. In questo modo uno stato quantistico riproduce se stesso in una molteplicità di copie diverse tra loro: alcuni sono tali da non poter sopravvivere a lungo e muoiono (la morte di uno stato quantistico consiste nel disperdersi nell'entropia dell'ambiente); altri invece contengono informazioni che diventano ben presto illeggibili e quindi immisurabili. Altri ancora, per via del teorema del no cloning quantistico (secondo il quale non è possibile duplicare esattamente uno stato quantistico sconosciuto a priori), non sono in grado di lasciare un'impronta nell'ambiente e quindi sono, sotto tutti gli aspetti, sterili. Solo pochissime eccezioni riescono a produrre copie di se stessi che a loro volta possano riprodursi. Questa "selezione naturale quantistica", come la definisce Zurek, è data dal fatto che uno stato, per poter lasciare un'impronta duratura nell'ambiente, deve sottostare a regole ferree e deve essere idoneo all'ambiente che lo contiene. In più la quantità di informazione che una certa porzione di ambiente può contenere è limitata (Zurek fa l'esempio del numero di fotoni che colpiscono la pagina di un libro, grazie ai quali ricaviamo informazioni visive che, opportunamente elaborate, ci

danno informazioni su quello che c'è scritto: questo numero è alto ma finito) e quindi esiste una "risorsa naturale" per cui gli stati competono. Solo gli stati "più adatti" possono replicarsi e pertanto sono questi che possono essere effettivamente "misurati" considerati dall'uomo come reali. In definitiva abbiamo un'entità (lo stato quantistico di un elettrone) che è capace di riprodursi rilasciando copie di se stesso nel mondo fisico, che però non sono identiche all'originale (dato che contengono solo una parte di tutta l'informazione sullo stato originario, che in accordo con questa lettura si presenta come una realtà quasi ideale, perfettamente inconoscibile) e nemmeno identiche l'una all'altra: abbiamo infatti un processo di mutazione che, come in Darwin, non è in alcun modo prevedibile perché la distribuzione dell'informazione nelle diverse porzioni di universo è del tutto casuale. Vi è inoltre un processo di "selezione naturale" dovuto al fatto che non tutti gli stati-figli sono egualmente adatti a sopravvivere all'interazione con l'ambiente senza diventare impossibili da misurare (e quindi perfettamente inutili per l'uomo che non può averne alcuna conoscenza); dato che la configurazione subatomica dell'ambiente cambia in continuazione lo stato dell'elettrone è obbligato ad adattarsi in continuazione alle mutate condizioni producendo nuovi stati figli e assumendo le proprietà dei più adatti alla sopravvivenza. In più esiste anche un meccanismo di competizione per una risorsa fondamentale ma limitata: infatti gli stati quantistici sono definiti dall'informazione che trasportano ma la quantità di informazione che è possibile immagazzinare nell'ambiente è una quantità limitata e quindi gli stati-figli devono competere l'uno con l'altro per esistere. Questa in realtà è la parte più criticata della spiegazione di Zurek: i suoi oppositori infatti controbattono che nonostante questa sia una deduzione coerente e logicamente ineccepibile, sperimentalmente l'Universo ESISTE e ha in sé tutta l'informazione necessaria per descriverlo.

Ovviamente queste interpretazioni rappresentano dei tentativi di spiegazione di quello che rimane per molti fisici il grande "lato oscuro" dell'interpretazione di Copenhagen, che incontrò a suo tempo lo scetticismo di alcuni grandi genialità del panorama scientifico mondiale. Celebre, a questo riguardo, fu il carteggio tra Einstein e Bohr: il padre della relatività in una lettera del 4 dicembre 1926 al collega tedesco, confutando il principio di indeterminazione di Heisenberg e l'interpretazione probabilistica di Copenhagen, scrisse "Ma Dio non gioca a dadi con l'universo..."; interessante, più che la risposta un po' banale di Born ("Einstein, piantala di dire a Dio cosa fare con i suoi dadi!"), è il commento di un altro luminare della fisica moderna, il premio Nobel statunitense Richard Feynman, che provocatoriamente ironizzò "Non solo Dio gioca a dadi con l'universo, ma bara pure e li getta dove non possiamo vederli". Un altro premio Nobel che rimase sempre scettico verso questa "scellerata concezione" fu Erwin Schrödinger, padre dell'omonima funzione d'onda, che per ridicolizzare la conclusione di Copenhagen formulò il celebre paradosso del "gatto quantistico" allo stesso tempo vivo e morto. Questo vivace dibattito culturale dimostra quanto sia stata attenta la comunità scientifica del tempo agli sviluppi di quella che è considerata una delle inversioni di rotta più straordinarie che l'uomo ricordi. Il dibattito quantistico e il suo portato rivoluzionario ebbero a influenzare non soltanto il corso della fisica ma tutti i campi del sapere e dell'esistenza umani: dopo secoli di determinismo il mondo cambia definitivamente il suo rapporto con chi tenta di conoscerlo. E, cosa ancora più interessante, con sé stesso.

Dopo che Heisenberg dimostrò in maniera scientifica l'inesistenza della determinatezza, molti furono gli intellettuali e i filosofi che cercarono di edificare una concezione del reale che tenesse conto della sua indefinitezza e sostanziale inconoscibilità. Si tentò in questo modo di raccogliere, in una posizione filosofica coerente (senza derive di tipo scettico), le conseguenze di quello che è stata per molti versi la più feconda età scientifica della storia dell'uomo. Proprio a questo riguardo, Max Born dirà che «chiunque non rimane scioccato dalla teoria dei quanti, non ne ha capito una sola parola», per sottolinearne il carattere del tutto destabilizzante nella concezione del mondo. Emanuele Severino (1929, filosofo italiano) in "La filosofia dai Greci al nostro tempo", davanti ai risultati scientifici del principio di Heisenberg, conclude che la fisica quantistica porta alla luce un

mondo «in cui non esiste alcun nesso necessario tra passato, presente e futuro: in questo senso il principio di indeterminazione rappresenta la negazione stessa del principio di causalità. Infatti il nesso necessario implica la determinazione degli stati del modo legati da tale nesso, e questa determinazione è proprio ciò che la fisica quantistica rifiuta». Oltre a questo primo effetto, in realtà di umana memoria e già di per sé sconvolgente per la scienza moderna (che a partire da Galileo e Bacone deve avere per definizione un carattere predittivo, ossia la capacità di prevedere l'evoluzione di un sistema proprio sulla base del nesso causale che lega un evento alla sua conseguenza), se ne può trovare, sul piano gnoseologico, almeno un altro; alle provocazioni scientifiche di Heisenberg, negli anni '30 alcuni matematici iniziarono a considerare la possibilità di costruire sistemi logici a tre valori di verità : vero, falso e indeterminato. Jan Lukasiewicz (1878-1956, matematico e filosofo polacco) propose di generalizzare l'impostazione costruendo le prime "logiche polivalenti" considerando l'indeterminazione come un continuum tra il valore 0 della falsità e il valore 1 della verità. Inoltre già dal 1906 Pierre Duhem (1861-1916, storico della scienza e matematico francese) aveva sostenuto il principio di incompatibilità (una sorta di versione gnoseologica del principio di indeterminazione) il quale affermava che, nelle asserzioni, la precisione è inversamente proporzionale alla certezza: tanto più una asserzione è vaga, tanto è più probabile che sia vera; al contrario tanto più è precisa, tanto più diviene incerta. Nonostante il pochissimo interesse che la comunità scientifica riservò agli studi di Duhem, essi sono portatori di un'implicazione gravissima: se infatti precisione e certezza sono inversamente proporzionali, le logiche binarie (che pretendono di essere precise in senso assoluto) diventano del tutto incerte, perché incapaci di una descrizione veritiera della realtà. Le logiche tradizionali, in sostanza, descrivono con assoluta precisione una realtà che non esiste, perché quella che esiste non soggiace alla ferrea regola della binarietà. Questa conclusione ricalca sostanzialmente il pensiero di Einstein che, in "Geometry and Experience" (1921) affermava che «Nella misura in cui le leggi della matematica si riferiscono alla realtà non sono certe. Nella misura in cui sono certe, non si riferiscono alla realtà». Nel 1965 Lotfi Zadeh (1921, matematico azero) pubblicò il saggio "Fuzzy Set", in cui applicava la logica polivalente di Lukasiewicz agli insiemi caratterizzati dal fatto che l'appartenenza dei loro elementi non era definibile in modo oggettivo. La logica classica ritiene di interpretare il reale muovendo da un presupposto dicotomico (A o non-A) ma questa impostazione categorizzante può essere applicata solo a un mondo che effettivamente soggiace a questa schematizzazione: la critica di Zadeh perciò si fonda sulla presa di coscienza che gli enunciati logici e matematici sono precisi e veri in ogni mondo possibile, ma quelli relativi ai dati di fatto (non astratti) non sono mai né interamente veri né interamente falsi. Allo stesso modo gli insiemi di enti logici e matematici sono generalmente definiti in modo univoco, per cui si può sempre dire senza dubbio se un elemento ne fa parte o meno; al contrario gli insiemi di enti reali, spesso presentano dei contorni sfumati (per l'appunto, fuzzy). Per esempio si può considerare l'insieme degli uomini "felici per la propria vita": certamente alcuni sono del tutto felici, altri del tutto non-felici, ma vi è di certo una grande percentuale di esseri umani che è un po' felice e un po' no. La genesi della "fuzzy logic" perciò nasce dall'inadeguatezza della logica classica a dare spiegazione al reale: come può una logica in "bianco e nero" essere in grado di esprimere un mondo fatto di "sfumature di grigio" senza risultare drammaticamente banalizzante? Bisogna però dire che questa nuova impostazione non rappresenta la logica imprecisa per un mondo preciso, ma al contrario la logica precisa per un mondo impreciso: ad essere inesorabilmente "fuzzy" non è solamente la scienza del pensiero (la logica) ma la scienza dell'essere (in termini moderni, la fisica) e l'essere stesso.

Le conseguenze principali dell'applicazione del metodo fuzzy si possono ricondurre a due:

1. sul piano logico, in ogni ragionamento che muove da descrizioni fuzzy il fattore di incertezza tende all'infinito, essendo direttamente proporzionale al numero di passaggi logici del ragionamento stesso (e questo era un principio anche della logica classica, secondo cui la conclusione di un ragionamento non può essere più certa delle sue premesse);

2. sul piano ontologico poiché la realtà è fuzzy, il concetto (di per sé statico) di identità diviene privo di senso. Già per la fisica moderna, l'inesistenza di una conformazione determinata per i componenti essenziali della materia (come gli atomi) porta all'impossibilità oggettiva di instaurare il principio di identità classico $A = A$, poiché per le particelle subatomiche esso non solo non è verificabile, ma è statisticamente improbabile che si verifichi: un elettrone misurato in due momenti diversi non avrà mai la stessa posizione nello spazio e la stessa velocità (perché secondo Von Neumann il valore in cui la funzione d'onda collassa è casuale; secondo Zurek invece è un valore che dipende dall'informazione contenuta nell'ambiente che consideriamo). Nel caso di interferenza di due elettroni (chiamati uno α e uno β) questo fatto è ancora più accentuato, poiché dopo l'interazione (che fa cambiare loro posizione), è assolutamente impossibile distinguere quale dei due elettroni era l'iniziale α e quale l'iniziale β , perché sono del tutto identici.

E la crisi del concetto di identità, oltre che una conseguenza diretta delle formule di Heisenberg e Bohr (il sodalizio intellettuale più proficuo per lo sviluppo del pensiero quantistico negli anni '20), rappresenta anche uno degli aspetti caratterizzanti l'intera letteratura europea del 1900. In un contesto storico come i primi 30 anni del 1900, dominati dal più grande conflitto bellico della storia (fino ad allora), la sanguinosa rivoluzione russa del 1917, l'aggressivismo imperialista nelle colonie, l'ascesa del fascismo in Italia, la sconvolgente crisi economica e le avvisaglie dei totalitarismi in Europa, gli intellettuali manifestarono tutto il loro malessere esistenziale in quelli che sono i capolavori della produzione letteraria della prima metà del secolo scorso. In Inghilterra, uno dei massimi esponenti di questa crisi esistenziale, comune a molti scrittori e letterati britannici (come Beckett, Golding ecc) sarà Thomas Stearns Eliot (1888-1965, poeta, drammaturgo e critico letterario statunitense, naturalizzato inglese nel 1927, premio Nobel per la letteratura nel 1945) che proprio per dare voce al suo disagio, compone nel 1925 (in un periodo in cui si era dovuto allontanare dal lavoro per esaurimento nervoso), la poesia "The Hollow Men". This poem can be considered as the natural continuation of "The Waste Land", the book he published three years before: in fact in "The Hollow Men" are described the inhabitants of the waste land, but in general they symbolically represent all the men in all the countries of the world. Their emptiness is not just an aspect of their character but it is the common aspect of every modern men, who lose their identity, their faith, and the purpose of their live. For this reason Eliot in the first stanza of the poem called them «stuffed men», to underline the crisis of identity that they live; later they are defined as «shape without form and shade without colour: paralyzed force, gesture without motion». It is the top of the failure of the modern man, that is so interested in the material aspect of his life, that cannot hear the imploring voice of the other men: it is the lack of communication that paralyzed his dialogues and forced him to think just to him-self. And in this act of accuse against the materialism, the modern men's alienation of the society, the fear of living, the lack of feelings, the spiritual and moral emptiness, there is place for a feeble hope: after the description of the death's twilight kingdom (full of foreign quotations and classical references) the last 2 lines talk about «the hope of empty men». It symbolizes the desire of the poet to radically change the society of the nineteenth century, weakened by the wars, the destruction, the hypocrisy, but first of all by the wickedness of the men.

Accanto alla denuncia di Eliot, che carica le sue scene con tinte drammatiche e a tratti accusatorie, si pone la riflessione di Pirandello sulla crisi d'identità dell'uomo moderno. Si può considerare il "figlio del Caos" come il sostenitore ante litteram della crisi di identità legata alle scoperte quantistiche (ma abbiamo detto che questo è una tematica cara già al decadentismo e a tutta la produzione novecentesca): infatti il primo capolavoro dell'autore che riflette questo senso di sdoppiamento è "Il fu Mattia Pascal" pubblicato nel 1904 (siamo quindi circa 20 anni prima delle principali conclusioni della "fisica nuova"). L'opera soffre l'influsso della teoria della relatività che

infatti venne organizzata in una teoria coerente proprio l'anno successivo. Un altro fondamentale contributo alla stesura dell'opera fu quello dello psicologo francese Alfred Binet (1857-1911): secondo i suoi studi, ogni uomo presenta una personalità non univoca, ma ricca di sfaccettature diverse. Partendo da questa convinzione Pirandello sostiene che in sostanza la vita dell'uomo è una finzione continua; egli non fa che adattarsi all'ambiente in cui si trova calandosi sul volto di volta in volta una maschera diversa che gli permette di assumere personalità mutevoli a seconda della convenienza della situazione in cui si trova. Il libro stesso infatti è una delle più alte espressioni di relativismo psicologico orizzontale (che riguarda cioè l'alterazione dei rapporti interpersonali che l'uomo instaura con gli altri) perchè Mattia Pascal è talmente finto con gli altri, che paradossalmente il cambio di personalità con Adriano Meis non trasforma il suo modo di approcciarsi al mondo. Fondamentalmente Mattia Pascal non è che una delle tante maschere che il non meglio definito protagonista del libro utilizza per affrontare le varie situazioni della vita; quando questa maschera è sostituita da un'altra, il protagonista continua a vivere adattandosi alle vicende ma senza abbandonarsi nel dramma esistenziale di sentirsi privo di identità. Da questo punto di vista, il protagonista appare velato di una spessa patina di cinismo, tant'è la molla che fa muovere Adriano Meis e lo convince a inscenare il finto suicidio (e quindi a tornare Mattia Pascal), non è la consapevolezza che non ha radici identitarie, ma l'impossibilità di avere una vita sociale come le altre: in sostanza, decide di tornare alla sua vecchia vita solo perché senza documenti «chiunque avrebbe potuto derubarmi senza che potessi dire niente». Questo concetto oltre che sottolineare l'importanza del documento (che permette di verificare l'identità, quantomeno ufficiale, di chi lo possiede) per il protagonista-scrittore, dimostra che il libro sostanzialmente contiene fin nelle sue primissime righe, una menzogna. L'incipit del romanzo infatti è «Una delle poche cose, anzi forse la sola che io sapessi di certo era questa: che mi chiamavo Mattia Pascal»; l'affermazione è vera solo se la si intende nel suo senso più generale, ossia senza azzardare la deduzione "...ero Mattia Pascal", che risulterebbe tragicamente inesatta.

Ma il tema dell'identità e della finzione in Pirandello non si esaurisce nell'ambito del Mattia Pascal: al contrario l'opera non rappresenta che un primo stadio della riflessione nell'autore, riflessione destinata a evolvere nel lavoro che meglio sintetizza il pensiero pirandelliano, ossia "Uno, nessuno e centomila". In questo libro (scritto nel 1925, quando le provocazioni del pensiero quantistico iniziavano ad assumere toni realmente destabilizzanti) il relativismo psicologico di Pirandello si fa verticale e va a colpire il rapporto che una persona ha con sé stessa: se infatti già il protagonista-scrittore del 1904 è in crisi perché non riesce a stabilizzare la sua vita né come Mattia Pascal né come Adriano Meis, (e quindi vive una sorte di "crisi ma senza dramma" perché nella vicenda pesa l'assenza del disagio interiore nel rendersi conto di aver perso il suo passato e quindi le sue radici identitarie), Vitangelo Moscarda (il protagonista di "Uno, nessuno e centomila") vive una situazione davvero drammatica, che gli causa sofferenza e un malessere profondo che lo portano a lottare contro le centomila immagini diverse che le persone hanno di lui. Il libro più che un romanzo, appare come una vera e propria raccolta di "Considerazioni di Vitangelo Moscarda sulla vita degli uomini e in particolare sulla propria", così come recitava il sottotitolo della prima edizione (poi abolito in quelle successive). Molto brevemente, l'opera narra la storia di un ricco proprietario di una banca (affidata in gestione a due amici di famiglia, il Quantorzo e il Firbo) vittima di una profonda crisi di identità che prende avvio una mattina quando la moglie Dida gli fa notare che il suo naso pende leggermente da una parte: questo particolare lo induce a riflessioni via via sempre più vertiginose sulla molteplicità di immagini che ciascuno assume agli occhi altrui e quindi sull'inconsistenza dell'io stesso. A questo punto, nel vano tentativo di distruggere queste false rappresentazioni, Moscarda tenta di cambiare radicalmente la sua vita (a un certo punto pensa addirittura di chiudere la banca, poi si ricrede) e agli occhi della società in cui vive, sembra pazzo. Abbandonato dalla moglie e dagli amici, Moscarda è spinto da Anna Rosa (un'amica della moglie)

a un incontro con il Vescovo, che a parer suo lo potrà aiutare a non cadere nella trappola organizzata dalla moglie e dagli amministratori per farlo internare come malato psichico. Il Monsignore si dichiara disposto ad aiutarlo a patto che devolva tutti i suoi averi a opere di carità. Intanto prosegue la relazione con Anna Rosa, che un giorno, presa da un attacco d'ansia (causato dai continui ragionamenti vorticosi e pseudo-filosofici di Moscarda) gli spara con una rivoltella. La storia si conclude prima con l'ammissione di colpe di Moscarda al processo contro Anna Rosa (che, spinto da un prete che vuole impossessarsi dei suoi averi, ammette un suo tentativo di aggressione verso la donna) e poi con la donazione di tutti i suoi beni per la fondazione di un ospizio di mendicizia in cui egli stesso sarà internato. In sostanza l'amara consapevolezza cui giunge Moscarda dopo tutte le avventure che lo vedono protagonista è che non è possibile conoscere l'essenza profonda di sé. Davanti a questa convinzione lo straniamento dell'uomo moderno si fa totale perché l'"uno", pensando di essere un individuo unico con caratteristiche peculiari, si scopre prima "centomila" (perché dietro la sua maschera si celano tante personalità quante sono le persone che lo giudicano), e quindi "nessuno" perché paradossalmente se l'uomo si presenta con innumerevoli carismi, non ne possiede nessuno che gli sia proprio. Di fronte all'insostenibile certezza che l'uomo non si può conoscere, Moscarda trasforma il suo disagio (stavolta sì, esistenziale) nella ricerca di una felicità alternativa che dagli altri è considerata una forma di pazzia (un altro tema caratterizzante la produzione di Pirandello).

E questa riflessione pirandelliana è in realtà molto moderna perché interessa in modo particolare uno dei problemi principali della diffusione dei social network, ossia quello delle identità fittizie. Il tema, che è uno dei principali argomenti di discussione delle pubblicazioni di Remo Bodei (1938, filosofo italiano), si fa ancora più attuale nell'età delle reti globali dominate dal modello-Facebook. Tra gli infiniti aspetti positivi e oggettivamente apprezzabili di Facebook e dei social network in genere, si cela il rischio che l'uomo non porti in rete la sua personalità ma la tragga da essa: il problema è che, potendo nascondere la propria identità dietro un nome e un profilo "personale" finti, si perda di vista quello che è l'obbiettivo stesso del social network, ossia lo scambio e la comunicazione. Se infatti ognuno può dire di se stesso tutto e il contrario di tutto, può raccontare esperienze che non ha mai vissuto, può descriversi in un modo in cui non è e non è mai stato, può vantare amicizie che non ha, può addirittura pubblicare foto di persone che non ha mai conosciuto e che spaccia come "amici", anche la condivisione risente necessariamente di questo "velo di falsità" come lo chiama Bodei. Il problema si accentua ancora di più nell'universo di Second Life, un gioco digitale on-line che permette a utenti da ogni nazione di interagire letteralmente in un mondo virtuale, all'interno del quale ogni personaggio rappresenta l'alter-ego digitale dell'utente che occultamente lo manovra. Un altro sito di recentissima creazione è fakenamgenerator.com (letteralmente "creatore di nomi falsi"), un sito ideato appositamente per fornire agli iscritti identità fittizie per le chat, i social network, e tutti gli spazi virtuali nei quali è chiesto di essere riconoscibili: basta inserire le caratteristiche che si vogliono avere e il programma automaticamente crea un profilo, con tanto di nome, cognome, indirizzo, numero di telefono, numero di carta di credito e tutta una serie di informazioni del tutto fasulle, ma immediatamente spendibili e pronte per l'uso. Anche in questo contesto il Pirandello-filosofo è un anticipatore straordinario di tale deformazione perché il rifugiarsi dietro false identità rappresenta, per molti psicologi, la fuga dell'uomo dal mondo reale dal quale rischia di essere travolto, così come il pensiero pirandelliano mette in evidenza il contrasto senza posa tra il flusso inarrestabile della vita, diversa di momento in momento e che presenta aspetti spesso contraddittori, e l'esigenza di cristallizzare questo flusso continuo in immagini certe, stabili, sicure, alle quali ancorare la conoscenza che si ha, o meglio si crede di avere, di sé e degli altri.

Per questo dopo quasi cento anni dobbiamo ammettere, seppur a malincuore, un altro "credito ideologico" nei confronti di un intellettuale che con le sue analisi tanto puntuali quanto

spietatamente ciniche, mette a nudo le debolezze degli uomini, umoristicamente le ridicolizza (ma senza intento comico) e le utilizza per costruire i tratti distintivi dell'uomo contemporaneo: un profilo forse poco edificante ma che per molti versi rispecchia i vizi della società moderna. Pirandello non usa pietà nel descrivere l'assenza di coraggio, la falsità, l'ipocrisia, l'insicurezza, la paura di vivere: presenta i suoi personaggi nella loro sconvolgente modernità e ce li affida perché possano essere giudicati secondo i propri limiti e le proprie virtù.

Un'analisi, la sua, forse senza intenzioni profetiche, ma sempre drammaticamente attuale.

Allora come oggi.

Insomma, che piaccia o non piaccia, aveva ragione lui.

MAPPA CONCETTUALE

