

Comunità dell'Isolotto  
Domenica 24 aprile 2022  
(Gian Paolo, Vanna)

## **Le relazioni comunitarie, ovvero i principi fondanti della Meccanica Quantistica**

### **Lecture bibliche:**

1<sup>a</sup> Corinzi: 13, 2

Se avessi il dono di profezia e conoscessi tutti i misteri e tutta la scienza e avessi tutta la fede in modo da spostare i monti, ma non avessi amore, non sarei nulla.

Proverbi: 1, 22

Fino a quando, ingenui, amerete l'ingenuità? Fino a quando gli schernitori prenderanno gusto a schernire e gli stolti avranno in odio la scienza?

Genesi: 3, 6 e 7

La donna intanto aveva osservato che il frutto dell'albero era buono a mangiarsi, piacevole all'occhio e desiderabile per avere conoscenza. Colse quindi del frutto, ne mangiò e ne dette anche a suo marito, che ne mangiò con lei. Si aprirono allora gli occhi di tutt'e due e s'avvidero che erano nudi; quindi cucite insieme delle foglie di fico, se ne fecero delle cinture.

### **Piccolo commento introduttivo**

Ma che cos'è la Scienza?

E' il peccato originale di Eva che coglie il frutto proibito?

E' il desiderio di conoscere il futuro e saper profetare?

E' un'arma per dominare chi non la possiede?

Forse è tutto questo. Ma oggi la scienza sembra allontanarsi da una realtà a portata di mano e lanciarsi a descrivere cose che non si vedono, che non si percepiscono nemmeno, e spesso sono del tutto contrarie a ciò che sembra evidente nella nostra realtà quotidiana.

Antonietta Potente (teologa) scrive: *“Credo che il contributo delle religioni e delle loro lunghe tradizioni sapienziali dovrebbe essere analogo a quello della fisica quantistica (che studia la materia, l'energia), fisica delle possibilità, che ha messo in moto la ricerca di nuove frontiere nell'ambito della fisica teorica. Le religioni, di per sé, nascono dal desiderio umano di legare il finito con l'infinito, di scoprire trame nascoste. “*

“Legare il finito con l'infinito”. E perfino “scoprire trame nascoste”!

Sì, sembra proprio che parli della meccanica quantistica!

### **La scienza**

“La natura è scritta in questo grandissimo libro che ci sta aperto innanzi agli occhi, ma non si può leggere se prima non s'impara la lingua e conoscere i caratteri nei quali è scritta. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri sono triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto”  
(Galileo Galilei, 1564-1642).

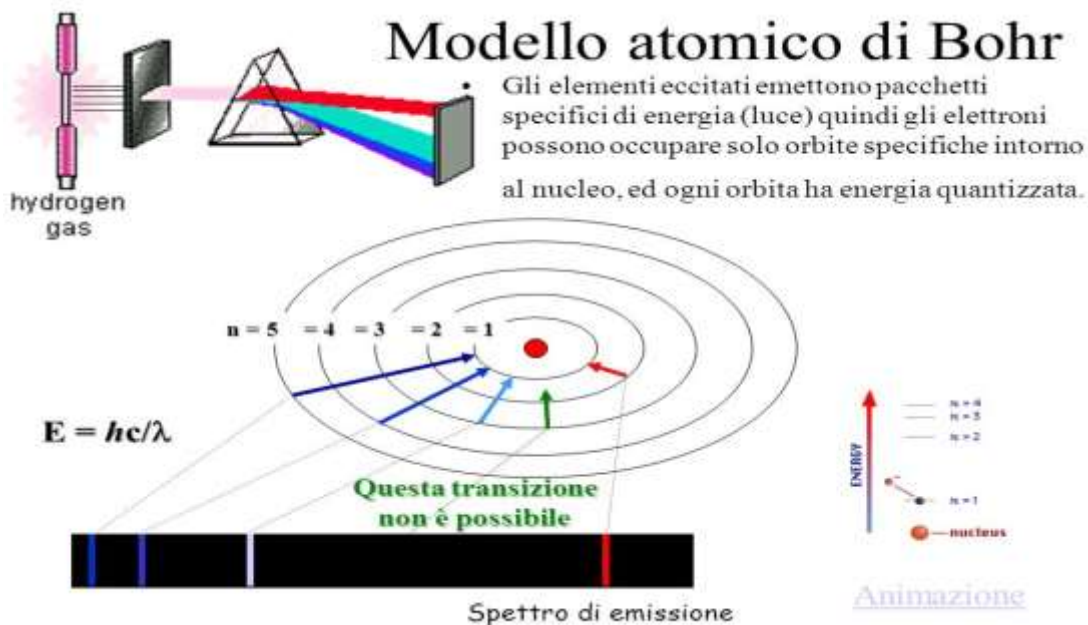
In base ai suoi esperimenti sulla caduta degli oggetti su un piano inclinato Galileo espresse

la prima legge matematica scoperta dall'umanità. Trovò che la distanza percorsa, chiamata  $s$ , aumenta con il quadrato del tempo trascorso,  $t$ , con una accelerazione,  $a$ , esprimibile nella formula matematica:

$$s = (1/2) \cdot a \cdot t^2$$

Newton: nasce nel 1642, quando muore Galileo, erede di Galileo, matematico e fisico. Definì le regole fondamentali attraverso le sue leggi del moto della meccanica classica e la legge della gravitazione universale. Contribuì inoltre al progresso della teoria eliocentrica: a lui si deve la dimostrazione delle leggi di Keplero sul movimento dei pianeti. Nel XX secolo la concezione newtoniana dello spazio e del tempo è stata superata. Nella teoria della relatività di Albert Einstein (1879-1955) lo spazio e il tempo assoluti non esistono, sostituiti dallo spazio-tempo. Ciò comporta dei cambiamenti nelle leggi del moto e della meccanica che sono tuttavia praticamente impercettibili per velocità molto inferiori alla velocità della luce (300.000 Km/secondo).

Se passiamo dallo studio dei fenomeni cosmici a quelli del mondo degli atomi, all'inizio del XX secolo questa ricerca era giunta a un buon livello. Erano noti, infatti, moltissimi "spettri di emissione della luce" provenienti da vari atomi: si trattava di linee discrete e ben distinte poste a distanze particolari, in altre parole "colori" ben definiti della luce. Niels Bohr (1885-1962) aveva introdotto una interpretazione che si basava sull'ipotesi che nell'atomo gli elettroni percorressero delle orbite intorno al nucleo a distanze precise dal nucleo. L'emissione e l'assorbimento della luce da parte dell'atomo era conseguenza di un salto dell'elettrone da un'orbita all'altra – regole di Bohr.



Riusciva così a calcolare la frequenza (il colore) della luce emessa ma non la sua intensità. Fra gli scienziati restava un'insoddisfazione relativa a questo modello dell'atomo di Bohr e all'ipotesi delle orbite percorse dagli elettroni.

Un giovane fisico Werner Heisenberg (1901-1976) nel 1925 riuscì a dare un'interpretazione nuova, rivoluzionaria, ma molto più soddisfacente, di questi fenomeni.

*Nel libro “Helgoland”, Adelphi 2020, Carlo Rovelli ricostruisce la radicale rivoluzione scientifica introdotta da Heisemberg.*

### **Uno scienziato da seguire**

Carlo Rovelli, veronese, è un fisico teorico, membro dell’Institut Universitaire de France, dell’Académie Internationale de Philosophie des Sciences e responsabile dell’Equipe de gravité quantique del Centre de Physique Théorique dell’Università di Aix-Marseille. Spesso è in Canada e ogni tanto in Italia.

Appassionato di filosofia, ha riflettuto a lungo sulla storia del pensiero scientifico e su come si sono evolute le nostre conoscenze. Il suo primo libro dedicato al largo pubblico, “Che cos’è la scienza. La rivoluzione di Anassimandro” (2011), si rifà alle origini della nostra civiltà. Ma è stato il suo secondo testo divulgativo, “Sette brevi lezioni di fisica” (2014), la raccolta dei suoi interventi domenicali sul Corriere della Sera, a farlo conoscere e apprezzare anche da persone ignare di scienza.

I suoi libri, tra cui ricordiamo anche “La realtà non è come ci appare” (2014) e “L’ordine del tempo” (2017), tradotti in oltre 40 paesi, non si limitano a parlare di fisica, ma sono ricchi di spunti filosofici, cenni storici e aneddoti personali che rendono la lettura più leggera e abbordabile a un vasto pubblico. Nel suo ultimo libro, “Helgoland” (2020), non solo si ricostruisce, con formidabile limpidezza, l’avventurosa e controversa crescita della teoria dei quanti, rendendo evidenti, anche per chi la ignora, i suoi passaggi cruciali, ma la si inserisce in una nuova visione, dove a un mondo fatto di oggetti e materia si sostituisce un mondo fatto di relazioni.

Recentemente è apparso in televisione, nella trasmissione “Le parole” del 09/04/22. Massimo Gramellini lo ha presentato come uno dei più grandi fisici del mondo, inserito da Foreign Policy, nella lista dei 100 pensatori più influenti del pianeta. Erede, per la sua statura morale, del ruolo di memoria critica della guerra e sulla guerra, che fu di Tiziano Terzani e Gino Strada. In quell’occasione Rovelli ha stigmatizzato la spirale di violenza creata dalle reciproche accuse fra russi e ucraini. La visione degli orrori della guerra dovrebbe convincerci a *fermarla*, e non a dire che dobbiamo avere *più armi per ammazzare i cattivi*. Il nostro nemico è la guerra, non “gli altri”. Cercare il compromesso significa rinunciare ciascuno a qualcosa, non cercare di presentarsi ai colloqui da posizioni vincenti. ...

Alcune citazioni che servono ad illustrare la figura di Carlo Rovelli

“Forte di strumenti concettuali nuovi e della matematica, Einstein scrive le equazioni che descrivono una nuova fisica, e vi trova dentro, al posto del “vuoto democriteo”, un mondo colorato e stupefacente, dove esplodono universi, lo spazio sprofonda in buchi senza uscita, il tempo rallenta abbassandosi su un pianeta e le sconfinite distese di spazio interstellare si increspano come la superficie del mare.”

*(Carlo Rovelli, “La realtà non è come ci appare”, Raffaello Cortina Ed. Milano 2014, pag. 14)*

Tutto questo, a prima vista, suona come “una favola raccontata da un idiota in un accesso di furore”, invece è solo uno sguardo verso la realtà, un po' meno velato di quello della nostra offuscata banalità quotidiana.

*“La scienza, prima di essere esperimenti, misure, matematica, deduzioni rigorose, è soprattutto visioni. La scienza è attività innanzitutto visionaria. Il pensiero scientifico si nutre della capacità di “vedere” le cose in modo diverso da come le vedevamo prima.”*

*(Carlo Rovelli, “Sette brevi lezioni di fisica” Adelphi Ed., Milano, 2014)*

**Ozio:** “Da ragazzo, Albert Einstein ha trascorso un anno a bighellonare oziosamente.

Se non si perde tempo non si arriva da nessuna parte, cosa che i genitori degli adolescenti purtroppo dimenticano spesso. Era a Pavia. Aveva raggiunto la famiglia dopo aver abbandonato gli studi in Germania, dove non sopportava il rigore del liceo. Era l'inizio del secolo e in Italia l'inizio della rivoluzione industriale. Il padre, ingegnere, installava le prime centrali elettriche in pianura padana. Albert leggeva Kant e seguiva a tempo perso le lezioni all'Università di Pavia: per divertimento, senza essere iscritto né fare esami. E' così che si diventa scienziati sul serio.”

(Carlo Rovelli, “Sette brevi lezioni di fisica” Adelphi Ed., Milano, 201, Pag 13.)

**Hippy:** “... il mondo descritto dalla meccanica quantistica e dalla teoria delle particelle .. è lontanissimo oramai dal mondo meccanico di Newton e Laplace, dove minuscoli sassolini freddi vagavano eterni lungo traiettorie precise di uno spazio geometrico immutabile. La meccanica quantistica e gli esperimenti con le particelle ci hanno insegnato che il mondo è un pullulare continuo e irrequieto di cose, un venire alla luce e uno sparire continuo di effimere entità. Un insieme di vibrazioni, come il mondo degli hippy degli anni sessanta. Un mondo di avvenimenti, non di cose.”

(*ibidem*, Pag. 41)

**Una nuova grammatica del mondo:** “Per comprendere cosa siano spazio e tempo quantistici serve una revisione profonda del nostro modo di concepire le cose. Dobbiamo ripensare la grammatica della nostra comprensione del mondo, rivederla a fondo. Come era successo con Anassimandro – che aveva compreso come la Terra voli nello spazio e non esistano l'alto e il basso nel cosmo – o con Copernico – il quale aveva compreso che stiamo muovendoci velocissimi nel cielo – o come Einstein – che aveva capito come lo spazio-tempo si schiacci come un mollusco e il tempo passi diversamente in luoghi diversi – ancora una volta, per cercare una visione del mondo coerente con quanto abbiamo fin qui imparato del mondo, le nostre idee sulla realtà sono destinate a cambiare.”

Carlo Rovelli, “La realtà non è come ci appare”, Raffaello Cortina Ed., Milano, 2014

“Heisenberg immagina che gli elettroni non esistano sempre. Esistano solo quando qualcuno li guarda, o meglio, quando interagiscono con qualcosa d'altro. Si materializzano in un luogo, con una probabilità calcolabile, quando sbattono contro qualcosa d'altro. I “salti quantici” da un'orbita all'altra sono il loro solo modo di essere reali: un elettrone è un insieme di salti da un'interazione all'altra. Quando nessuno lo disturba, non è in nessun luogo preciso. Non è in un luogo. E' come se Dio non avesse disegnato la realtà con una linea pesante, ma si fosse limitato ad un tratteggio lieve.” (Carlo Rovelli, “Sette brevi lezioni di fisica”)

Cerchiamo di presentare le linee essenziali dell'interpretazione della Meccanica Quantistica (MQ) come emergono dai suoi libri e da alcune interviste a Rai 3 e Radio 3.

La **meccanica** è quella branca della fisica che studia il moto e l'equilibrio dei corpi. E' **quantistica** quando studia l'energia non distribuita in maniera continua nello spazio, ma costituita invece da pacchetti, “quanti di energia”, localizzati in alcuni punti dello spazio, come l'energia luminosa. La MQ è la teoria fisica che descrive il comportamento della materia, della radiazione, con particolare riguardo ai fenomeni caratteristici della scala atomica e subatomica.

Il libro parte dall'inizio della storia della MQ nel 1925 quando Heisenberg si è spostato dalla sua università di Gottingen (Germania), su un'isola del mare del nord, Helgoland. al largo delle coste tedesche. E' un'isola molto piccola, spoglia, battuta dai venti del nord, un posto estremo ma affascinante, senza alberi, sperando di avere sollievo alla sua allergia da polline. “L'isola sacra” dove, secondo Goethe, poteva essere interpretato lo spirito del mondo. Nell'estate del 1925 il giovanissimo Heisenberg, ventiquattrenne, si ritira sull'isola anche per isolarsi, immergersi nei suoi pensieri, per cercare di dipanare la matassa

dei problemi che erano emersi, nel tentativo di spiegare il bizzarro comportamento degli elettroni intorno al nucleo dell'atomo. Scrive "avevo la sensazione, dopo quei giorni che si sono rivelati proficui e felici, che attraverso la superficie dei fenomeni stavo osservando verso l'interno una strana bellezza". Cosa intuisce? A cosa riesce a dare forma? Questo è il momento chiave della nascita della MQ, quello che è il cuore della fisica contemporanea, che fa chiarezza su oltre 20 anni di confusione sui nuovi esperimenti che riguardavano il mondo delle cose piccole della fisica, prevalentemente atomiche, che non si riusciva a spiegare.

C'erano grandi scienziati, da Niels Bohr (1885-1962) a Albert Einstein, che avevano iniziato ad avere delle idee su come potesse funzionare il mondo a piccola scala, ma era tutto ancora confuso. Si aspettava che nascesse un'idea nuova e la trova questo ragazzo di 24 anni che si ritira su quell'isola molto spoglia.

Si immerge in questi problemi, fa calcoli su calcoli, e ha un'idea straordinaria che è un salto nell'interpretazione dei fenomeni del mondo atomico, introduce nei calcoli delle "matrici" (tabelle) con le quali si può prevedere come sono fatte le orbite, come viene emessa la luce, ma non dove si trova l'elettrone. E' l'inizio della MQ. Si riuscirà a dedurre la tavola periodica degli elementi, si può calcolare come funzionano i solidi, i semiconduttori, i transistor. Tutta la tecnologia moderna si fa con procedimenti matematici più complessi ma che si basano sulle sue matrici.

Per dare un'idea della complessità dei calcoli utilizzati da Heisenberg va considerato che ha introdotto formule matematiche complesse e che ogni elemento delle formule è una "matrice" del tipo:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix}$$

nella quale, a sua volta, ogni elemento è determinato con calcoli complessi.

Einstein rimase stupefatto: sembra un *calcolo di stregoneria* che però funziona e gli esperimenti confermano le previsioni dei calcoli, ma non ci dicono dove si trova l'elettrone. E' come se avessimo una scatola chiusa che, se sollecitata, ha una certa reazione, assorbe o emette luce, ma non si riesce a dire che l'elettrone è in un determinato posto con una certa velocità (principio di indeterminazione di Heisenberg).

La Risonanza Magnetica Nucleare è una applicazione della MQ. Il corpo umano si comporta come una stazione radio ricevente e trasmittente. I protoni del corpo umano, opportunamente sollecitati, trasmettono messaggi che vengono ricevuti e decifrati. Il tempo fra lo stimolo inviato dalla macchina e la risposta inviata dal corpo è il "tempo di rilassamento". Quello del tessuto sano è diverso rispetto a quello del tessuto malato, in particolare tumorale, che viene quindi individuato dalla elaborazione dei segnali trasmessi.

Ci sono molte altre applicazioni civili, come nella chimica, nella tecnologia dei materiali solidi, dei liquidi e dei gas, dei semiconduttori, dei laser e dei computer, nella fisica delle stelle come il Sole, nella fisica delle stelle di neutroni, nella fisica della formazione delle galassie, ecc. Purtroppo, anche la bomba atomica è stata calcolata partendo da queste matrici.

Ma il dibattito sulla MQ è tutt'ora in corso, è una questione ancora aperta. Fisici e filosofi si accapigliano sull'interpretazione di questo calcolo di stregoneria, che però funziona

nell'interpretazione dei risultati scientifici del mondo dell'atomo. E' come un mosaico nel quale ogni tessera riesce ad essere collocata nel posto giusto.

Ci sono più modi di cercare di mettere ordine. Nel libro l'interpretazione di Rovelli. Gli oggetti non esistono in sé, esistono nel modo in cui interagiscono con gli altri. Vedo la sedia, una lampada accesa, perché interagisce con i miei occhi. Capiamo meglio il mondo se parliamo di *interazione di relazioni*.

“L'intera struttura della meccanica quantistica può essere letta e compresa in termini di informazione nel modo seguente. Un sistema fisico si manifesta solo e sempre interagendo con un altro. Quindi la descrizione di un sistema fisico è sempre data rispetto a un altro sistema fisico, quello con cui il primo interagisce. Qualunque descrizione dello stato di un sistema fisico è dunque sempre una descrizione dell'informazione che un sistema fisico ha di un altro sistema fisico, cioè della correlazione fra sistemi. I misteri della meccanica quantistica diventano meno fitti se la interpretiamo in questo modo, cioè come la descrizione dell'informazione che i sistemi fisici hanno l'uno dell'altro.”

(Carlo Rovelli, “La realtà non è come ci appare”)

Heisemberg disse che nel '41 era andato a visitare a Copenhagen, occupata dai tedeschi, il suo vecchio maestro Bohr per proporgli una moratoria nucleare. Si proponeva la costruzione della bomba atomica con enormi sforzi economici e si dice che Heisemberg sperasse di convincere i fisici dei due blocchi a non fare quegli sforzi. La proposta della moratoria risultò vana. La reazione atomica si basa su dei calcoli della MQ: quali e quante sostanze fare reagire e in quale modo (e ritorna l'uso delle matrici di Heisemberg di molti anni prima). Einstein, emigrato negli Stati Uniti, si rifiutò di partecipare al “Progetto Manhattan” per la realizzazione della bomba atomica.

Sono passati circa 100 anni da quell'intuizione di Heisemberg, ma occorre tempo per acquisire ampiamente le nuove teorie scientifiche. Da quando Copernico sostenne che la Terra girava intorno al Sole ci vollero circa 100 anni perché l'idea fosse acquisita completamente. Quando Darwin propose la sua teoria sull'evoluzione faticò molto a farla accettare e tutt'oggi ci sono alcuni che ne dubitano. Per la MQ siamo ancora in una fase di assorbimento di questa rivoluzionaria idea, soprattutto perché fra gli scienziati ci sono varie posizioni sulla interpretazione della realtà basandosi su di essa.

“Ma chi ha le idee chiare? Uno studente universitario che assista alle lezioni di relatività generale al mattino e a quelle di meccanica quantistica al pomeriggio, non può che concludere che i suoi professori sono grulli, o hanno dimenticato di parlarsi da un secolo: gli stanno insegnando due immagini del mondo in contraddizione. La mattina il mondo è uno spaziotempo *curvo* dove tutto è *continuo*; il pomeriggio il mondo è uno spaziotempo *piatto* dove saltano quanti *discreti* di energia.”

(Carlo Rovelli, “La realtà non è come ci appare”)

Si sta cercando di capire come la MQ ci spinga a vedere gli oggetti non come individualità separate ma come reti di una relazione, mettendo insieme tutta l'esperienza umana, dalla fisica alla filosofia, alla letteratura, alla sociologia, alla psicologia, alla politica. Anche il nostro corpo è una notevole rete di relazioni. Ognuno di noi è l'insieme delle relazioni che ha con il mondo. L'umanità ha raggiunto i livelli attuali per effetto di lavori comuni, la politica della collaborazione è più sensata ed efficace della politica di competizione. Rovelli, nei suoi libri, cerca di non separare tutti questi aspetti.

Il pensiero scientifico non è fatto di certezze acquisite, è un pensiero in continua evoluzione. La scienza fornisce alla società i risultati ai quali è pervenuta con le proprie ricerche ed

anche i limiti di affidabilità di questi risultati. Il ruolo della politica è quello di tenere conto di questi risultati e prendere decisioni che tengano conto dell'interesse pubblico.

Spesso si mette in contrapposizione la ricerca solitaria di Heisenberg e quella collettiva della fisica quantistica. L'intuizione di Heisenberg ha un valore speciale perché la costruisce sul lavoro straordinario fatto da Bohr e il suo gruppo a Copenaghen, sulle idee di Einstein e di altri scienziati. Ha un'idea dalla quale nascerà un piccolo lavoro straordinario che verrà pubblicato lo stesso anno, però la teoria viene messa in piedi non da lui solo ma da un gruppetto di persone di Göttingen che comprende Wolfgang Pauli (1900-1958) e soprattutto i ventenni Pascual Jordan (1902-1980), Max Born (1882-1970) e, in Inghilterra, Paul Dirac (1902-1984) che si ispira al suo lavoro. Fu un salto chiave perché Heisenberg introduce un'idea nuova, straordinaria. Nei corsi universitari si studia Erwin Schrödinger (1887-1961) che viene considerato l'iniziatore della MQ anziché Heisenberg. È un errore storico: il premio Nobel per l'introduzione della MQ fu dato a Heisenberg. Il suo lavoro è del '25, quelli di Schrödinger sono del '26, ma i risultati tecnici di Schrödinger furono anticipati l'anno prima da Heisenberg e i suoi amici. Schrödinger, che lavorava in modo indipendente si avvicinò alla MQ costruendo l'idea delle onde, introducendo una "funzione d'onda" matematica, con la quale gli elettroni si interpretano come delle onde, che ha un'enorme influenza perché è più semplice da capire rispetto all'idea di Heisenberg per il quale invece l'elettrone è una interazione con qualcos'altro.

Il libro di Rovelli non è sulla storia della MQ, è una discussione su come si dovrebbe pensare la MQ anche se tutt'ora ci crea problemi interpretativi. Rovelli ritiene che l'idea iniziale di Heisenberg sull'isola di Helgoland sia la chiave giusta per comprendere la MQ e non le onde introdotte da Schrödinger. Non si comprende infatti come l'elettrone possa essere diffuso nello spazio e al tempo stesso interagire in un punto preciso di un rivelatore. Ma anche le matrici di Heisenberg hanno un'interpretazione oscura.

Le idee chiave che ci aiutano a comprendere come funziona il mondo a piccola scala attraverso la MQ di Heisenberg sono tre novità concettuali:

*la granularità, la probabilità e le osservabili.*

Le prime due sono abbastanza comprensibili, la terza molto meno.

*La granularità.* Che il mondo a piccola scala sia fatto in qualche modo di granelli può essere compreso considerando che la luce, descritta dalle onde elettromagnetiche, guardata nel dettaglio è fatta da una successione di corpuscoli elementari, i fotoni, non un continuo. È un'idea di Einstein del 1905, che precede quindi di parecchi anni Heisenberg.

*La probabilità.* È una scoperta sorprendente anche se la guardiamo su scala più grande: non esistono equazioni deterministiche che partendo dal presente possano calcolare esattamente gli eventi futuri. Ad es. nell'evoluzione del mondo gioca la probabilità. Usa un linguaggio colorito "Dio gioca a dadi nell'universo". C'è incertezza nel calcolare il futuro, non c'è determinismo assoluto. Queste sono le due idee più comprensibili per comprendere come è fatto il mondo.

*Le osservabili.* Questa terza idea di Heisenberg, quella chiave, è che non dobbiamo pensare gli oggetti come realtà isolate delle quali noi osserviamo le proprietà ma che li vediamo in quanto interagiscono con altri oggetti. Il modo di pensare gli oggetti come entità isolate che hanno delle proprietà non funziona nel mondo delle cose piccole, nel mondo degli atomi. Gli oggetti manifestano le loro proprietà solo quando interagiscono fra di loro e queste proprietà dipendono da ciò con cui interagiscono. Quando Heisenberg torna dall'isola con i suoi primi calcoli basati su queste idee dice al suo amico e compagno di studi Pauli che tutto è ancora confuso ma è certo che l'elettrone non ha le orbite come descritte da Bohr. C'è una visione relazionale della realtà che non si sofferma sul singolo oggetto ma sulle relazioni fra gli oggetti (anche la velocità è una quantità relativa fra due oggetti). Non

è solo una questione di come funzionano gli elettroni, si mette in discussione la nostra visione della realtà in maniera così profonda e ci obbliga a ripensare alla nostra precedente visione. Lo studio rigoroso in laboratorio con esperimenti concreti conferma che gli oggetti non sono oggetti concreti ma “nodi di interazioni”. In effetti queste idee non sono del tutto nuove sia nella cultura occidentale sia in quella orientale, dove i filosofi hanno pensato a questi aspetti relazionali.

“Pensare il mondo come un insieme di eventi, di processi, è il modo che ci permette di meglio conoscerlo, comprenderlo, descriverlo. E' l'unico modo compatibile con la relatività. Il mondo non è un insieme di cose, è un insieme di eventi. “

*(Carlo Rovelli, “L'ordine del tempo”, Adelphi, Milano 2017)*

Rovelli afferma che è straordinario che la fisica ci forzi a ripensare sia a livello della fisica sia a livello della filosofia di come è fatto il mondo. Se da un lato le cose non sono chiare, con discussioni accese, convegni di filosofi e di fisici, dall'altro questo modo di pensare suggerito dalla MQ ci obbliga a molti ripensamenti. Il pensiero relazionale ci apre prospettive nuove per pensare alla realtà, alla materia, e a pensare anche a noi, cosa è il nostro essere nel mondo e come ci relazioniamo. Ma la mancanza di determinismo è dovuta alla nostra mancanza di mezzi di interpretazione o al fatto che sia una mancanza intrinseca della realtà? Oggi c'è una nutrita schiera di fisici e filosofi che pensano che sia troppo radicale l'idea che “Dio giochi a dadi” cioè che le proprietà non esistano se non nelle interazioni con qualcos'altro perché sono attaccati alla visione del mondo descritto dalla fisica classica.

Questa visione classica applicata al mondo atomico, però, ci porta a pensare che esistano mondi paralleli non percepibili da noi. Rovelli racconta questo episodio: un filosofo di New York una volta gli chiese se pensasse che esperimenti di laboratorio fatti con pezzi di vetro, di ferro, fili di rame potessero farci cambiare la nostra concezione metafisica di come è fatta la realtà. Ma proprio la nostra esperienza, fatta fino ad ora con gli stessi strumenti, ci ha portato a pensare che il mondo naturale possa essere interpretato con la fisica classica, che però vale per le nostre dimensioni umane ma non per quelle atomiche.

La forza della scienza ci permette di aprire la mente per interpretare la realtà in altro modo. Dobbiamo andare oltre il paradigma che è stato dominante per la fisica classica, la separazione fra osservatore e oggetto osservato, che la MQ mette in discussione: l'osservatore è un pezzo stesso della natura che interagisce con l'oggetto osservato, si osservano a vicenda, e fino ad ora è la migliore immagine che abbiamo del mondo

Dobbiamo considerare l'unicità della cultura con tanti punti di vista che si intersecano, si parlano, costruiscono una visione comune ma non necessariamente coerente, non necessariamente comune in tutti i dettagli. Dalla MQ deriva una visione sovversiva della realtà che, sebbene abbia un secolo di vita, fa fatica a penetrare nella nostra visione della realtà. Partendo dall'intuizione avuta sull'isola, Heisenberg arriva ad indagare sulla coscienza della natura, sul significato della realtà.

Rovelli nel suo libro amplia la sua ricerca sull'interpretazione della realtà facendo riferimento a culture diverse e, fra queste, quella del filosofo indiano del II secolo, Nagarjuna, la cui tesi principale è che “non ci sono cose che hanno esistenza in sé, indipendentemente da altro, esistono grazie alla prospettiva di qualcosa d'altro”. La risonanza con la MQ è immediata. Riporta anche il pensiero del russo Bogdanov (pseudonimo di Aleksandr Aleksandrovič Malinovskij, 1873- 1928) che è poco noto in quanto la sua opera principale sta per uscire solo ora, tradotta in inglese. In Italiano ci sono alcune sue opere minori. Era un amico di Lenin, uno degli intellettuali principali, il numero due del movimento bolscevico,



un medico molto importante nelle trasfusioni di sangue, uno scrittore di successo di libri di fantascienza, un pensatore molto articolato. Ha messo insieme le idee di Friedrich Engels (1820-1895) con quelle di Ernst Mach (1838-1916) il fisico, matematico e filosofo austriaco che già descriveva le leggi dell'universo non in senso assoluto, non come realtà separate dall'osservatore. A lui si sono ispirati sia Einstein che Heisenberg. Voleva costruire quello che poteva essere la base del movimento rivoluzionario russo dell'inizio del secolo scorso, ma è stato attaccato violentemente da Lenin. Il suo pensiero si è un po' perso ma poi è riapparso sotterraneamente nell'influenza che ha avuto sulla teoria dei sistemi, sulla cibernetica e, su alcune parti del pensiero tedesco. E' un personaggio di estrema complessità intellettuale, politica, letteraria.

Il pensiero di Bogdanov, che in Italia è conosciuto indirettamente attraverso un testo filosofico di Lenin sul materialismo, si rifà alle idee di Mach e di Heisenberg sulla MQ. Pertanto le idee su questo strano mondo nel quale non c'è più la materia se non è in relazione con l'osservatore hanno origine in studi filosofici. La fisica se ne è appropriata. Lenin critica violentemente Bogdanov sostenendo che la materia è materia, il mondo è fatto di materia, ne siamo sicuri (materialismo), vediamo gli oggetti che si muovono nello spazio e non ha senso discuterne nei termini dell'idealismo proposto da Bogdanov. Bogdanov replica che la scienza va avanti, il materialismo è il pensiero dell'800. Lo stesso materialismo dialettico sostiene che il sapere è in evoluzione. Questo dibattito degli anni '20 - '30 fra Bogdanov e Lenin rispecchia il dibattito odierno sull'accettazione delle idee estremamente radicali della MQ. Il dibattito fra Lenin e Bogdanov finì con l'espulsione di Bogdanov dal Comitato Centrale del Partito Operaio Socialdemocratico Russo.

*“Il mondo descritto dalla teoria è lontano da quello che ci è familiare. Non c'è più lo spazio che “contiene” il mondo e non c'è più il tempo “lungo il quale” avvengono gli eventi. Ci sono processi elementari in cui quanti di spazio e materia interagiscono tra loro in continuazione. L'illusione dello spazio e del tempo continui intorno a noi è la visione sfocata di questo fitto pullulare di processi elementari. Così come un quieto e trasparente lago alpino è formato da una danza veloce di minuscole molecole d'acqua.”*

*(Carlo Rovelli, “La realtà non è come ci appare”, Raffaello Cortina Ed., Milano, 2014)*

“Noi esseri umani viviamo di emozioni e pensieri. Ce li scambiamo quando siamo nello stesso luogo e nello stesso tempo, parlandoci, guardandoci negli occhi, sfiorandoci la pelle. Ci nutriamo di questa rete di incontri e scambi, anzi *siamo* questa rete di incontri e scambi. Ma in realtà non abbiamo bisogno di essere nello stesso luogo e nello stesso tempo per questi scambi. Pensieri e emozioni che ci legano gli uni agli altri non hanno difficoltà ad attraversare mari e decenni, talvolta perfino secoli. Legati a esili fogli di carta oppure danzanti fra i microchip di un computer. Siamo parte di una rete che va molto al di là dei pochi giorni della nostra vita, dei pochi metri quadrati dove muoviamo i nostri passi. Anche questo libro è un filo della trama ...”

*(Carlo Rovelli, “L'ordine del tempo”, Adelphi, Milano 2017)*

Il mio guscio non è di calcare,  
 ho su di me istantanei conduttori sia che cammini sia che stia fermo,  
 loro prendono ciascun oggetto e lo guidano innocuamente dentro di me.  
 Io semplicemente mi muovo, premo, sento con le dita, e sono felice,  
 entrare in contatto con qualcun altro è quasi il massimo che posso sostenere.

Walt Whitman