

Mie considerazioni personali

La scienza precede la metafisica oppure è l'opposto?

Il caso precede la causalità, come il caos viene prima dell'ordine

Secondo Bohr è il caso (indeterminismo) che precede la causalità (determinismo), ovvero la relazione causa effetto, per cui quest'ultima è solo un caso particolare di una condizione più generale che è quella del caos. In questa prospettiva si capisce in che senso nella meccanica quantistica si parla della probabilità e della indeterminazione come un aspetto strutturale e "naturale" e non come qualcosa dovuto alla nostra incapacità di conoscere. Quindi la natura a livello microscopico si comporterebbe in maniera caotica, probabilistica, mentre arrivando a livello macroscopico diventerebbe valido il rapporto di causa ed effetto descritto mediante le leggi fisiche.

A questa impostazione corrisponde anche l'idea che la scienza preceda la metafisica. Il caso viene prima della causalità come la scienza viene prima della metafisica. Questa posizione è una posizione non dimostrabile. È una impostazione filosofica.

L'atteggiamento che si sta profilando con questa posizione di Born è quello di una metafisica che si vuole comporre partendo dalla sola scienza.

Si usa la scienza sperimentale al posto della osservazione mediante i sensi perché la scienza dovrebbe garantire una certa veridicità. In certi casi l'unica osservazione possibile passa attraverso gli strumenti sia materiali, sia concettuali. Cioè per avere a livello microscopico un aspetto materiale equivalente dell'osservazione a livello macroscopico, da cui poi indurre un aspetto filosofico, si parte dalle scienze sperimentali come un primo passo certo e sicuro, puro rispetto alle riflessioni filosofiche.

Però vanno considerate due cose:

Prima di tutto la scienza stessa, almeno quella di cui si fa esponente Born, porta in sé della premesse metafisiche mascherate e nascoste. Vedremo in seguito come l'orizzonte ermeneutico in cui si muovono sia Born che Heisenberg è l'atomismo filosofico.

Inoltre non dobbiamo dimenticare che il passaggio che parte dalle considerazioni scientifiche e arriva ad una prospettiva filosofica (questo passaggio lo possiamo assimilare ad una induzione) non è un passaggio che porta in sé garanzie di necessarietà ed absolutezza. È proprio in questo

passaggio (induzione) che va ritrovato il fondamento dalla ipoteticità delle teorie di ogni tipo, siano esse di carattere metafisico che di carattere scientifico.

L'aspetto filosofico avvolge tutte le fasi del cammino scientifico. Le premesse, il procedimento, la formulazione della teoria, la verifica della teoria mediante i fatti, la visione di carattere globale che ne consegue. Partendo dalla scienza come sostitutivo della esperienza si compie già un primo passaggio induttivo, che va dagli esperimenti alle teorie. In questo passaggio, quindi in una prima formulazione di una teoria scientifica, già abbiamo che la filosofia ha fatto da sfondo a questo passaggio dal particolare delle osservazioni all'universale delle teorie.

Nell'analizzare il cammino proposto da Born sorge poi un'altra domanda: perché assumere l'atteggiamento di Gauss a principio fondante dell'osservazione? Nello studio del mondo microscopico si usa una impostazione di carattere statistico (sembrerebbe inizialmente un atteggiamento di carattere pratico) e questo lo si considera più fondamentale rispetto alla osservazione che porta alla metafisica? Come mai il riferimento di osservazione non è più quello ordinario ma quello che si assume quando si va verso l'infinitamente piccolo?

Dietro questo ragionamento sembra esserci un atteggiamento che vuole sostituire l'osservazione all'atomismo inteso non dal punto di vista scientifico ma dal punto di vista metafisico.

Nella ricerca dei componenti fondamentali sia dal punto di vista dell'essere che dal punto di vista del divenire, Aristotele giunge alla enucleazione di principi metafisici di materia e di forma che compongono sia l'essere che il divenire, ma il suo punto di partenza è una osservazione della realtà che non ha bisogno né di strumenti né di teorie scientifiche. Materia e forma sono principi metafisici, quindi enti "quo" e non enti "quod", cioè non sono qualcosa di definito, come potrebbero essere gli atomi, ma sono aspetti che la mia intelligenza coglie nell'ente completo, ma che sono realmente distinti.

Questa stessa ricerca degli elementi fondamentali, dei principi delle cose, ha portato alla soluzione atomistica, per la quale alla fine di questo cammino di ricerca non troviamo dei principi metafisici come materia e forma, ma troviamo dei pezzi di essere indistruttibili, appunto gli atomi. Sembrerebbe una soluzione molto più realista e concreta, se non fosse che

nella realtà, soprattutto oggi, l'indistruttibilità non è né realista né concreta. Oltre a questo lo schema atomistico prevede lo spazio vuoto all'interno del quale i corpi si muovono, e anche questo principio, come quello degli atomi stessi non è né realistico né concreto, perché corrisponderebbe ad un nulla esteso, un niente con almeno una proprietà, quella della estensione.

Limitiamoci a confrontare queste due soluzioni filosofiche. Il punto di partenza è che abbiamo davanti a noi delle cose, degli enti, che mutano, e vogliamo scomporre quello che osserviamo in elementi semplici: questo sarebbe un atteggiamento metafisico e filosofico. Quali sono i costituenti ultimi dell'essere e del divenire? La soluzione aristotelica viene declinata arrivando a componenti ultimi di carattere metafisico, come materia e forma e poi si amplia parlando di potenza e atto, sostanza e accidenti, estensione e qualità. La soluzione atomistica arriva a questi atomi, enti indistruttibili, immutabili, immersi in uno spazio vuoto. Mi fermo a queste due soluzioni perché a mio avviso l'atomismo filosofico è l'orizzonte ermeneutico della scuola di Copenaghen, cioè la vecchia visione del mondo che viene sostituita dalla relatività e dalla meccanica quantistica, (ovvero dai loro fondamenti filosofici), mentre la soluzione aristotelica corrisponde non solo al mio punto di vista, ma a quella visione macroscopica e ordinaria, rispetto alla quale anche Heisenberg ha dovuto ammettere che non se ne può fare a meno. L'osservatore e gli strumenti sperimentali appartengono al mondo classico e macroscopico, quindi la teoria microscopica deve sempre tener conto di questo passaggio dal microscopico al macroscopico.

Al contrario se io prendo il cammino della chimica, l'impostazione di Gauss e lo considero come un atteggiamento fondante, sto sostituendo il punto di partenza di una osservazione che parte dai sensi del mondo macroscopico, (proporzionato alle nostre naturali capacità di conoscenza) con una concezione atomistica di stampo prettamente filosofico, quindi, visto che stiamo trattando il mondo microscopico e quindi siamo al di fuori dell'orizzonte di possibilità dei sensi, invece di partire dall'osservazione partiamo da una impostazione di carattere metafisico al modo in cui Cartesio voleva definire i comportamenti fisici del mondo a partire da pochi principi e da questi dedurre tutta la scienza fisica. Sappiamo che la fisica di Cartesio fu un vero disastro. Noi non raggiungiamo il mondo microscopico mediante l'osservazione diretta, ma attraverso la mediazione concettuale prima e strumentale poi. Ma la metafisica deve partire

dalla osservazione, altrimenti diventa ideologia, diventa una imposizione della mente sul mondo.

Nella ricerca dei costituenti fondamentali invece di arrivare ad un principio materiale-potenziale-molteplice che si compone con un principio formale-attuale-unitario, si giunge a tante particelle fatte di essere che si muovono senza una legge, in maniera caotica. Ma attenzione perché questa seconda possibilità non è la visione di un fisico, perché è stata considerata come premessa quando si è detto che il caos viene prima della causalità, l'approccio statistico delle osservazioni del mondo microscopico come una premessa di carattere metafisico. Così se la scienza e il metodo scientifico fondano la metafisica, (come esige Born) avviene che la concezione filosofica atomistica, insita nel concetto di scienza di cui Born si fa difensore, viene considerata premessa metafisica. Non fa difficoltà affermare che gli enti materiali aventi massa sono composti di atomi, ma fa difficoltà a mio avviso premettere il caso alla casualità, perché questo presuppone che io già sappia come si comporta il mondo microscopico, dove invece i segreti dell'infinitamente piccolo sono proprio l'oggetto di studio e il punto di arrivo dell'indagine fisica.

Nella rivoluzione scientifica avvenuta nel seicento a seguito della rivoluzione copernicana, molti aspetti filosofici che normalmente venivano affrontati dalla scolastica in maniera organica sono stati modificati, spostandosi così da un sistema filosofico fondamentalmente ilemorfico, per il quale i costituenti fondamentali della realtà materiale non sono cose, ma sono principi metafisici, enti "quo" e non enti "quod" ad una visione atomistica, nella quale i costituenti fondamentali sono enti "quod", atomi, pezzi di essere indistruttibili, semplici, capaci solo del movimento locale nel vuoto.

Quest'ultima impostazione filosofica ha comportato anche delle conseguenze che si sono espresse mediante i concetti di qualità primarie e qualità secondarie. Ciò a cui corrisponde nella prospettiva ilemorfica ai concetti di qualità primarie e secondarie è il binomio sostanza accidenti. Ma le due prospettive dal punto di vista metafisico ed epistemologico hanno differenze notevoli. Le qualità primarie e secondarie portano al binomio verità apparenza, per cui le qualità primarie (per Cartesio l'unico aspetto fondamentale della res extensa è l'estensione) sono la verità e il fondamento, mentre le qualità secondarie sono l'aspetto illusorio, soggettivo, apparente. La prima apparizione dell'atomismo filosofico la troviamo in

Leucippo e Democrito, dove questi avevano preso le caratteristiche dell'essere monolitico di Parmenide e lo avevano riversato sugli atomi. Proprio nell'ambito della filosofia di Parmenide e dei suoi discepoli abbiamo che il rapporto tra il mondo e i suoi principi costituenti si coniuga con il binomio apparenza (ovvero) mondo contrapposta alla verità (ovvero) essere. In Democrito al posto dell'Essere monolitico e univoco abbiamo l'infinità degli atomi, ma la contrapposizione tra verità e apparenza permane. Come già detto il corrispettivo di queste coppie nella filosofia di Aristotele è la coppia sostanza accidenti, dove in questo caso non si parla di una contrapposizione tra verità e apparenza, ma tra essere in sé e non in altro (sostanza) ed essere in altro e non in sé (accidenti). Gli accidenti non sono apparenze, non nascondono la verità, ma la manifestano, la mostrano, essi sono una modalità di essere, appunto perché esistono in altro e non in sé, differente dalla modalità di essere della sostanza, che consiste nell'essere in sé e non in altro.

Allora qui nasce la contraddizione che si diffonde nei fondamenti filosofici della meccanica quantistica:

da un lato

proprio questa braca delle scienze sperimentali, unita alla relatività ristretta di Einstein, denuncia il definitivo tramonto dell'atomismo classico, perché a furia di dividere e distruggere le particelle non si ottengono i costituenti fondamentali indistruttibili, ma si osserva che l'energia che deriva dalla distruzione delle particelle si trasforma in altre particelle, magari con una massa maggiore di quelle di partenza,

ma d'altro canto

Tutte le premesse e l'orizzonte è preso a piene mani dall'atomismo filosofico classico. E questo accade esattamente quando anche quando Born afferma che il caos (ovviamente di particelle innumerevoli che si agitano e compongono i corpi, i liquidi e i gas) viene prima della casualità.

Citiamo per un momento il ragionamento portato avanti da Heisenberg riguardo ai costituenti fondamentali. Egli afferma e rileva che l'atomismo deve essere sostituito da qualcos'altro perché nel dividere le particelle sempre di più, illuminati dalla formula di Einstein per la quale

l'energia è uguale alla massa per il quadrato della velocità, si arriva a capire che non esistono più le cosiddette particelle elementari in senso stretto, ma che ad ogni separazione/distruzione di particelle corrisponde una trasformazione della massa in energia che da luogo magari a particelle anche più grandi di quelle di partenza. Dunque da questa riflessione si capisce che l'orizzonte ermeneutico sia di Heisenberg che in generale dei fisici che riflettono sulla meccanica quantistica è proprio il fallimento dell'atomismo ingenuo, quello filosofico, cioè quello che si aspetta di avere come principi elementari degli enti (a questo punto solo materiali) dei pezzi di essere che si chiamano atomi. Per cui Heisenberg arriva a concepire le simmetrie matematiche come elementi al di sotto delle particelle, prendendo a prestito l'idea da Platone, e così impostando una filosofia per la quale la matematica, ovvero le simmetrie, sono il fondamento, gli elementi semplici, della materia. Non più quindi una causa materiale che agisce assieme ad una causa formale (e questa sarebbe proprio l'identificativo delle filosofia ilemorfica), ma una causa formale che è al di sotto e a fondamento della causa materiale. La materia, una volta scomposta, non mi dà più dei pezzi di essere ma mi dà delle formule matematiche, delle simmetrie. La materia è fatta di simmetrie, in pratica. A questo punto possiamo ben capire che la materia è l'illusione, l'apparenza, mentre le simmetrie (diremmo le forme) sono la verità.

Ora componiamo questo cammino filosofico con l'altro cammino di Born.

Abbiamo il livello del caos (microscopico), ed il livello della causalità (macroscopico), il livello in cui non ci sono leggi deterministiche, ma solo leggi statistiche, valide non per il singolo evento, ma per un numero alto di eventi, e questo sarebbe il livello microscopico, e poi abbiamo il livello macroscopico, caratterizzato da leggi deterministiche, che a questo punto sono un caso particolare, di una legge più generale che è quella statistica. Anche qui si ripete lo schema del binomio verità apparenza, forse coniugato con qualche variante, perché l'apparenza diventa il modo di apparire delle leggi statistiche nel caso in cui si consideri un numero molto alto di eventi. Ciò che è l'indeterminismo nel mondo microscopico diventa il determinismo nel mondo macroscopico.

Questo binomio verità apparenza consente sia ad Heisenberg che a Born di veicolare verità secondo la loro prospettiva (per Heisenberg sono le simmetrie, per Born è il caso). Poi è il caso di precisare che tra di loro possono trovarsi anche degli agganci e dei legami perché la funzione d'onda di Schrodinger viene interpretata come una simmetria matematica che diventa la verità

al di sotto della materia, ed inoltre l'interpretazione fisica della stessa funzione d'onda consente di ricavare la probabilità legata al valore medio statistico della posizione o di altre grandezze fisiche.

Questa probabilità, queste leggi statistiche, questa volta non sono dovute ai limiti dell'osservatore, ma sono l'aspetto più fondamentale delle leggi della natura.

La statistica quantistica viene presentata come conseguenza dello studio del mondo microscopico, ma in realtà essa è già presente nelle premesse: premesse filosofiche.

Dobbiamo a questo punto mettere in gioco un'altra considerazione che riguarda l'ambiente nel quale ci formiamo i nostri concetti, ovvero i nostri strumenti concettuali, con i quali costruiamo le nostre teorie e le nostre filosofie.

Tommaso affronta questo argomento nella prima parte della Somma Teologica prima di accingersi a parlare degli attributi di Dio. Egli afferma che i nostri concetti li formiamo a partire dalla nostra conoscenza primaria ed elementare del mondo, e questi quando vengono applicati a Dio devono essere adattati a condizioni che non sono quelle del mondo. Dio è assolutamente semplice, il mondo è finito e composto in molteplici modi dal punto di vista metafisico. Bisogna quindi tenere conto di questo passaggio, considerando che noi non possiamo fare a meno dei concetti di partenza.

Ora questa considerazione mi sembra che abbia un campo di applicabilità molto più ampio rispetto a quello in cui Tommaso lo ha usato. Ad esempio, se volessi prima studiare la struttura del conoscente e poi quella del conosciuto, non potrei farlo in maniera corretta perché i concetti che uso per studiare me stesso li ho mutuati dalla conoscenza del mondo sensibile. Altro esempio, che questa volta ci riguarda, relativo al passaggio dal mondo macroscopico al mondo microscopico. Addirittura anche Heisenberg è costretto ad ammettere che non si può prescindere dai concetti ordinari, o macroscopici. In questo modo noi scopriamo ancora meglio come mai non possiamo far partire la nostra indagine metafisica sul mondo microscopico partendo dalla scienza moderna. Quest'ultima già porta in sé la filosofia dell'atomismo

filosofico. Ma non possiamo partire dalla filosofia per fare filosofia, o almeno se lo facciamo dobbiamo essere coscienti che stiamo completamente relegando l'osservazione nell'ambito macroscopico nella categoria della "apparenza" o illusione e questa è una posizione che deriva dalla filosofia atomistica.

La posizione di Born significa spostare il mondo di riferimento, quello nel quale mi formo i concetti metafisici con i quali posso affrontare lo studio di altri mondi, come Dio, l'io e il mondo microscopico, e quindi fondare la nostra metafisica su qualcosa di sconosciuto (di partenza il mondo microscopico) e rispetto al quale le nostre capacità conoscitive non sono adeguate.

Io non ho bisogno di uno studio statistico per affermare di avere delle cose o delle persone davanti a me, e neanche ne ho bisogno per cogliere in essere un mutamento. L'atomismo di carattere filosofico comporta il fatto che il mondo microscopico non sia soggetto alla dinamica di materia e forma, potenza e atto. Appunto questa è una premessa filosofica che si camuffa da osservazione scientifica.

Rimane l'ingenuità o la mancanza di finezza di pensiero, nel pensare che l'approccio scientifico moderno (prima della meccanica quantistica) sia scevro da precomprensioni filosofiche, sia puro, rispetto alla filosofia, e quindi possa essere considerato come premessa per ulteriori ragionamenti e considerazioni di carattere filosofico. Nella prospettiva realista la metafisica non può che nascere dalla osservazione del mondo davanti a noi. Un mondo dove possiamo distinguere degli enti e dei mutamenti.

Rimane vero che la mia conoscenza del mondo macroscopico è limitata, anzi Tommaso stesso con Aristotele afferma che si conosce al modo del conoscente. Come è l'essere tale è l'azione, in questo caso l'azione conoscitiva, per cui con una mente finita non posso conoscere qualcosa di infinito, neanche se si tratta di un infinito potenziale. Ad esempio io so cogliere l'essenza dell'uomo, ma non posso cogliere tutte le possibili realizzazioni di tale essenza. Ma conoscenza limitata, non vuol dire illusoria o non reale.

Aggiungiamo poi un'altra considerazione.

Lo scienziato del mondo microscopico passa dalla conoscenza del mondo macroscopico, rispetto al quale sia i sensi che la nostra intelligenza sono adeguati, alla conoscenza di un altro mondo, ossia opera un cambiamento di prospettiva, per cui traspone gli strumenti concettuali e sperimentali di cui è dotato, applicandoli ad un ambito diverso rispetto a quello nel quale sono stati concepiti, allora in definitiva quello che si può dire è che avviene un cambiamento, appunto un cambiamento di prospettiva.

Come in ogni mutamento c'è bisogno di qualcosa che non cambia che è la materia e di qualcosa che cambia che è la forma, così quando cambiamo prospettiva, quando cambiamo l'oggetto e l'ambito di studio abbiamo bisogno di qualcosa che non cambia che funge da materia e qualcosa che cambia che funge da forma.

Se per un kantiano quello che non cambia (la materia nel mutamento) è la struttura trascendentale, l'io penso, le forme apriori, per un realista, un tomista, quello che non cambia, cioè l'aspetto materiale, sono i principi colti in maniera evidente dalla nostra intelligenza nel mondo macroscopico.

Quello che cambia, ossia l'aspetto formale sono le teorie scientifiche che descrivono il mondo microscopico.

Già abbiamo visto che si è arrivati a concepire il caos come precedente rispetto al rapporto causa ed effetto. Noi pensiamo di non poter rinunciare, nel passare dallo studio del mondo macroscopico a quello del mondo microscopico al principio di non contraddizione, e su questo penso che tutti possano essere d'accordo. Ma io ritengo che non possiamo rinunciare nemmeno al principio di causalità.

Cercherò di esporre questo punto.

Come cogliamo l'essenza degli enti davanti a noi? Attraverso la conoscenza sensibile risaliamo ad aspetti sostanziali, essenziali. Questa è la risposta di un realista. Quindi ci troviamo di nuovo di fronte ad una piramide: azione, qualità, quantità, sostanza.

“agere sequitur esse”

Mediante l'azione gli enti interagiscono tra di loro, ma le azioni sono generate da qualità, proprietà accidentali, appoggiate ad un aspetto quantitativo a sua volta fondate sulla sostanza.

Per cui l'essenza di qualcosa la conosco mediante l'azione! Il mondo e tutte i derivati della mia conoscenza sensibile partono dal fatto che i miei sensi interagiscono, cioè subiscono l'azione di ciò che è conosciuto. In questa catena è onnipresente il principio di causalità. La mia conoscenza è un effetto, e ciò che è conosciuto è una causa. Dove è presente l'azione è presente anche il principio di causalità.

Altra considerazione:

“Actiones sunt suppositorum“

Così come attraverso l'azione io conosco il singolo agente, allo stesso modo chi agisce è il soggetto concreto, mediante la catena di cui sopra. Per cui da questo segue che in luogo della sostanza, nella prospettiva di Heisenberg e di Born, che agisce nella meccanica quantistica non è la singola particella, della quale non possiamo dire niente di preciso, ma la funzione d'onda, che diventa a questo punto, proprio mediante l'ammissione di Heisenberg, un vero e proprio soggetto agente, in tutto e per tutto una idea platonica, ipostatizzata, sostanzializzata.

L'ilemorfismo (binomio materia-forma che da conto dell'essere e del divenire) applicato al mondo microscopico comporta tutta una serie di vantaggi. Ad esempio, se io considero la massa e l'energia come qualità legate ad una sostanza (al di sotto degli accidenti e concettualmente distinta dagli accidenti) non scandalizza che la massa si trasformi in energia. Se io considero la funzione d'onda come un potenziale (potenziale quantistico), e quindi come un campo che ha effetti sulla traiettoria della particelle (come avviene per il campo potenziale gravitazionale che modifica la geometria dello spazio nella relatività generale), non fa difficoltà avere delle particelle che nell'esperimento delle due fenditure si comportano “come delle onde”. In realtà il fenomeno di interferenza non sarebbe legato alle particelle, che rimangono così come sono, ma ai campi potenziali che con le masse costituiscono (in base al mio lavoro sulla metafisica e la relatività generale) un'unica sostanza. L'approccio ilemorfico non risolve la visione fisica ma fa in modo che i problemi nascosti dietro i principi della scuola di Copenaghen vengano alla luce, mentre dona alla fisica microscopica una vicinanza con il mondo macroscopico finora disattesa e desiderata.

Arbitrarietà della scelta della funzione d'onda e meccanicismo

Riguardo alle considerazioni di padre Sergio (sistema fisico naturale o artificiale), mi trovo pienamente d'accordo con lui.

Ci sono alcuni aspetti della funzione d'onda che sono arbitrari cioè scelti secondo convenienza, basandosi sugli aspetti che voglio verificare-provare mediante un esperimento costruito ad hoc.

La distinzione tra un sistema naturale ed un sistema artificiale manca del tutto nella scienza contemporanea. Questa, ritengo, sia un'ulteriore conseguenza della impostazione filosofica di fondo che è radicalmente legata all'atomismo filosofico. Se il concetto di sostanza è escluso del tutto dall'orizzonte ermeneutico della fisica moderna/contemporanea, non ha importanza distinguere una situazione naturale da quella artificiale, non ha importanza sapere se un evento è ricostruito in laboratorio oppure se lo abbiamo studiato in natura.

Forse proprio il fatto che ho bisogno del laboratorio per creare le situazioni ottimali per corroborare la propria teoria porta in sé una precomprensione di carattere analitico-atomistico-meccanicistico. L'esperimento ricostruito in laboratorio vuole cogliere alcuni aspetti particolari, sforzandosi di separare gli elementi che sono pertinenti da quelli superflui. Una decostruzione-analisi che presuppone la capacità di indentificare ed isolare la catena di cause ed effetti PRIMA dello studio scientifico vero e proprio: si fa una congettura della catena di eventi e si concepisce l'esperimento. Ma l'aspetto che vorrei sottolineare è quello dell'isolamento. L'*artificiale* consisterebbe nel considerare una parte del *naturale* e isolarla. Quanto più è efficace questo isolamento, tanto meglio riesco a stabilire in maniera esclusiva il rapporto delle cause con gli effetti. L'ipotesi di fondo sarebbe che in natura convivono i vari fenomeni che si accostano tra di loro come le varie parti di un meccanismo, quindi questo comporta il fatto che è possibile ed anche saggio prendere uno di questi fenomeni e studiarli in maniera isolata in laboratorio. Ciascun fenomeno, in quanto parte di una macchina, conserva una sua indipendenza. Se ricordiamo le indicazioni del discorso sul metodo di Cartesio, si parla proprio di scomporre e ricomporre i problemi.

La scomposizione richiede che uno già abbia una idea di massima dei rapporti di dipendenza: certo se avessi davanti a me un gatto vivo, non mi verrebbe in mente di staccare la zampa per studiarla, perché la zampa sarebbe chiaramente intesa come una parte.

Immaginiamo di non aver mai visto un gatto completo e sano, e di trovare una zampa staccata dal corpo. Cosa possiamo capire della zampa in queste condizioni? possiamo fare esperimenti, possiamo vedere come reagisce in varie situazioni, ma l'aspetto della zampa in quanto parte di un tutto ci può sfuggire completamente, a meno di avere altri riferimenti simili, che ci possono far sospettare che la zampa sia solo una parte. Ma se mancassero tali riferimenti? Noi conosciamo altri animali ed è per questo che una zampa di un animale sconosciuto può essere riconosciuta come parte. Ma in altre circostanze la cosa non è scontata. Se da un lato questo atteggiamento meccanicistico analitico è scontato per la cultura di oggi, esso può essere considerato come un estremo di una scala ideale. Dall'altro estremo potremmo trovare un atteggiamento che potremmo denominare come olistico. Cioè l'idea che il singolo evento sia collegato a tutto il resto dell'universo in maniera tale che la comprensione del particolare non è possibile senza comprendere tutti i legami e le connessioni possibili. Tutte le connessioni sarebbero pertinenti e da conoscere. Questo comporterebbe l'impossibilità di comprendere anche un solo singolo evento, anche il più piccolo e insignificante, perché per conoscerlo dovrei conoscere tutto e questo è praticamente impossibile. La via di mezzo tra questi due estremi sembra proprio la soluzione sostanza-accidenti, essenza-natura, di stampo aristotelico-tomista. Esistono delle sostanze che hanno una certa indipendenza nell'essere e nell'agire, possono essere generate e distrutte, per cui i principi elementari (materia-forma) non sono cose, ma principi metafisici che vengono colti e distinti dall'intelligenza. La natura viene intesa come l'essenza della sostanza in quanto principio remoto di azione, dove invece il principio prossimo di azione sono le qualità che caratterizzano la sostanza. Tanto è vero che comportarsi in maniera naturale viene inteso come comportarsi secondo il proprio modo di essere, cioè secondo la propria essenza.

Facciamo un esempio pertinente: un ente materiale ha come azione caratteristica l'attrazione gravitazionale se esso è dotato di massa. Tale azione (gravitazione) è una espressione e un modo per conoscere empiricamente l'essenza dell'ente materiale (agere sequitur esse), per cui solo attraverso l'azione io conosco l'essenza, e quindi la sostanza che agisce. Se non rilevo alcuna azione, cioè se non interagisco, non mi è possibile conoscere alcuna sostanza. Le nostre conoscenze partono dai sensi, quindi senza la conoscenza sensibile nessuna conoscenza intellettuale risulta possibile. Pensiamo al rapporto tra massa e campo gravitazionale potenziale nel contesto della relatività generale. Ho già espresso la mia convinzione che queste due (massa e campo potenziale gravitazionale) siano due qualità della stessa sostanza. Esse tuttavia, sia dal

punto di vista storico che dal punto di vista concettuale e teoretico, sono state sempre considerate come elementi separati e, per certi aspetti, antitetici. Una massa non è un'onda, non ha senso parlare di una traiettoria di un'onda, o della localizzazione dell'onda, essa è diffusa in una larga area. Le particelle non fanno interferenza tra di loro, come invece fanno le onde. Io uso la parola onde, perché quando si presenta il dualismo “onda-particella” (appunto) è proprio questo il linguaggio che si usa. In realtà sarebbe più appropriato parlare del binomio particella-campo, o, ancora meglio, del binomio massa-campo potenziale. Anche in questo caso il linguaggio porta in sé più di quanto si pensi. Parlare di “particella” vuol dire indicare un oggetto fisico che potrebbe (se per loro esistesse) avere le caratteristiche di una sostanza, ovvero, di un oggetto fisico che ha una sua indipendenza, e che si comporta secondo le leggi della fisica classica. Parlare di onda vuol dire che non ci si impegna su argomenti del tipo “onda di che cosa?”, oppure “cos'è che oscilla come un'onda?”.

In maniera differente, parlare di massa, vorrebbe dire, dal mio punto di vista, aver chiaro che questa è una qualità, una proprietà di qualcosa, cioè che la massa non coincide con un oggetto fisico, ma è la proprietà di un oggetto fisico: in linguaggio filosofico, è la qualità di una sostanza. Allo stesso modo, sempre per quello che mi riguarda, parlare di campo potenziale gravitazionale vorrebbe aiutare ad indicare sempre una qualità di una sostanza.

Ora poiché entrambe, la massa e il campo potenziale, collaborano all'attrazione gravitazionale (intesa come azione-forza), poiché inoltre sono tra loro continue, allora possiamo pensare che siano due qualità della stessa sostanza. Quindi pensiamo ad una sostanza che ha almeno queste due qualità: massa e campo potenziale. Lo stesso discorso è applicabile a tutti i tipi di forza, dove c'è una carica e un campo potenziale, come ad esempio la carica elettrica e il potenziale elettrico (in realtà si deve considerare il fenomeno elettromagnetico completo dove il potenziale è un quadrivettore) ma dal punto di visto filosofico abbiamo sempre qualità che si affiancano e che manifestano un'unica sostanza.

Ora colleghiamo il rapporto massa-campo potenziale gravitazionale, per esempio, al rapporto zampa del gatto-testa del gatto. In tutto il periodo che va dalla formulazione della gravitazione universale ad opera di Newton alla formulazione della Relatività Generale ad opera di Einstein si è portata avanti, non senza difficoltà, l'idea della azione a distanza. Si è considerata la massa non come parte di qualcosa, ma come una sostanza, indipendente, che agisce su un'altra massa attraverso una insopportabile (perché inspiegabile) azione a distanza. Inoltre, in questo contesto

di rinnovata fiducia nei confronti dell'atomismo filosofico, conseguenza del rifiuto tout-court dei contributi della scolastica alla filosofia della natura, si è portato avanti anche un altro concetto inspiegabile (dal punto di vista aristotelico) ossia quello dello spazio vuoto. Newton nel cercare di risolvere il dilemma sulla consistenza dello spazio vuoto, dovendo escludere che fosse sia sostanza che accidente, arriva a pensare al concetto di *sensorium Dei*, cioè un punto di contatto tra Dio e il mondo.

Solo con la gravitazione universale il concetto di spazio vuoto è stato messo da parte, ma, se si fosse partiti da un orizzonte aristotelico, piuttosto che atomistico, non sarebbero dovuti passare 200 anni (Da Newton ad Einstein) per comprendere che lo spazio vuoto non esiste, e non esiste perché è un assurdo metafisico e logico. In un contesto nel quale la scolastica fosse stata integrata e sviluppata, ma non ostracizzata del tutto, si sarebbe potuto accettare l'idea che se c'è una proprietà allora ci deve essere qualcosa, ovvero sarebbe bastato ragionare sul fatto che se c'è estensione, che è proprietà o accidente di qualcosa, allora ci deve essere una sostanza. Ecco allora un esempio di come le precomprensioni filosofiche degli scienziati agiscono in maniera molto incisiva, determinante alle volte, nella compilazione e nella risoluzione dei problemi scientifici. Si è dovuto aspettare Einstein che ha messo in evidenza come nello spazio vuoto ci sono delle qualità (lui non le chiama così, per cui le possiamo indicare come proprietà fisiche) come la densità di energia o la geometria dello spazio, per ragionare sul fatto che il concetto di spazio vuoto non ha più senso. Di qui il passo per arrivare ad affermare l'unità sostanziale tra la qualità massa e la qualità campo potenziale gravitazionale è breve.

In questa linea si può accogliere l'idea della particella non più come ente completo ma come parte di un intero, di una sostanza, alla quale partecipa anche la qualità "campo potenziale gravitazionale". Questa posizione scioglie il problema dell'azione a distanza (com'è possibile che un ente agisca dove non è presente?): l'azione gravitazionale diventa in tutto e per tutto una azione a contatto, addirittura a contatto interno, visto che il campo potenziale gravitazionale penetra (ossia occupa punto per punto lo stesso luogo) la massa e la misura non secondo la propria superficie ma integralmente (intendo dire che la forza di attrazione gravitazionale dipende non dalla superficie del corpo che attira, ma da tutta la massa, a prescindere dalla superficie).

Ecco allora che la massa, come la zampa di un gatto può essere riconosciuta come parte accidentale di una sostanza, affiancata ad altre qualità come (testa del gatto) il campo potenziale gravitazionale.

Tutto quanto affermato finora ha pertinenza rispetto alla discussione sulla meccanica quantistica, ed infatti il dualismo, e quindi l'opposizione, tra onda e particella sono stati alla base della soluzione filosofica della meccanica quantistica ad opera della scuola di Copenaghen. Si è partiti proprio dal considerare massa e campo come elementi tra loro indipendenti. Anzi, per la verità, tutta la realtà dei campi potenziali è stata completamente trascurata, almeno nella parte iniziale, ritenendola trascurabile nel contesto fisico nel quale si manifestano i fenomeni quantistici.

Ci sono diversi aspetti nei quali, a mio avviso, si fa presente la precomprensione di carattere meccanicistico atomistico.

Prima di tutto il fatto che la meccanica quantistica per essere studiata ha bisogno di un isolamento considerevole rispetto al mondo macroscopico. Ed infatti dove accade il contatto tra il macroscopico ed il microscopico le proprietà tipiche del mondo quantistico scompaiono, cosa che accade per esempio nel momento in cui si tenta di misurare qualcosa. Questo aspetto è uno dei più problematici. L'apparato matematico e sperimentale della meccanica quantistica è mastodontico: e si preoccupa anche di spiegare come mai le stranezze della teoria scompaiono al comparire degli strumenti di sperimentazione, ma questo vuol dire che tali stranezze sono postulate di principio e sono irraggiungibili di principio. Noi vediamo soltanto degli effetti che non possono essere spiegati usando i principi e le leggi della fisica classica. Ma anche quest'ultima affermazione è al di là delle possibilità della sperimentazione. L'aspetto filosofico e prescientifico è estremamente forte ed incisivo per la meccanica quantistica. Questo accade perché c'è un grosso spazio vuoto da riempire. Ciò che viene negato sia dal punto di vista pratico che di principio è la possibilità di passare dal microscopico al macroscopico in maniera controllata e prevedibile. Il ponte tra i due mondi esiste ma non è afferrabile usando i principi fisici classici. La presenza dello strumento di sperimentazione nel sistema microscopico comporta delle conseguenze imprevedibili.

Meccanicismo e la scomposizione di funzioni d'onda

Il secondo aspetto che porta in sé un riferimento al meccanicismo è quello legato al principio di sovrapposizione. Heisenberg afferma che al di sotto della materia come elementi fondamentali delle cose troviamo le simmetrie, riferendosi all'aspetto matematico che, a quanto sembra, non

deve essere considerato come l'aspetto formale di una materia, ma può essere considerato a sé stante, alla maniera delle idee platoniche. Nel contesto delle affermazioni di Heisenberg il riferimento alle funzioni d'onda sembra chiaro. Ma c'è un aspetto delle funzioni d'onda che va preso in considerazione, e cioè che dal punto di vista matematico esse sono scomponibili in funzioni più elementari, attraverso vari procedimenti matematici. Questa scomposizione poi sarà alla base di quello che viene chiamato "lo spazio di Hilbert", uno spazio a dimensione infinita dove ogni singola funzione d'onda è vista come combinazione lineare di funzioni componenti, possibilmente di numero infinito. Questo aspetto porta in sé una rappresentazione della dimensione meccanicistica dove, in questo caso, non sono particelle elementari le componenti che vengono combinate, ma queste funzioni che si compongono mediante la somma.

Per cui se partiamo dall'equazione di Schrödinger, troviamo le sue soluzioni elementari e le componiamo mediante la somma, ottenendo tutte le combinazioni possibili di tale equazione. Saranno le condizioni al contorno di tale equazione a determinare precisamente la combinazione delle soluzioni elementari pertinenti al caso che si sta studiando; tali condizioni al contorno a loro volta saranno determinate dalla situazione particolare che lo scienziato ha scelto per studiare il comportamento del mondo quantistico, (ad esempio, la consueta situazione delle due fenditure e dello schermo sul quale appaiono le figure di interferenza). Ecco come le soluzioni particolari della equazione di Schrödinger diventano gli elementi che meccanicamente vengono combinati e seconda dell'arbitraria scelta della situazione operata dallo scienziato.

Mettendo in evidenza gli aspetti appena citati risalta l'aspetto filosofico-atomistico che rende possibile da parte dello scienziato la scelta arbitraria-artificiale della situazioni da studiare.

Ecco perché condivido il fatto che la scelta arbitraria della funzione d'onda, (come avviene nel caso dell'esperimento EPR nel quale si sceglie di considerare una funzione d'onda che descriva entrambe le particelle che si dirigono in direzioni opposte), porta in sé delle precomprensioni filosofiche non indifferenti. Mancando il concetto di sostanza manca anche l'idea che ci siano elementi o proprietà che possono essere considerati parte di un tutto ed elementi che invece tra loro sono indipendenti, così che le scelte che considerano legati vari aspetti fisici non possono essere arbitrarie ma obbedire alla natura degli oggetti fisici, senza escludere quelli microscopici.

Cos'è il realismo strutturale.

Dal mio libro “una interpretazione aristotelico-tomista della relatività generale di Einstein”

Si intende per realismo strutturale¹ quella riflessione di carattere epistemologico sul peso reale delle teorie scientifiche per la quale le strutture, in particolare (ma non in maniera esaustiva) le strutture espresse mediante espressioni matematiche, costituiscono l'aspetto reale conoscibile e conosciuto del mondo fisico. Il problema da cui si parte è l'avvicinarsi nel corso del tempo di diverse teorie scientifiche, ciascuna portatrice di una differente posizione su quali siano i costituenti fondamentali della materia e su come interagiscano tra di loro, ciò che in questo contesto viene indicato come una certa “ontologia” (come implicitamente intendono gli autori che sostengono questa posizione filosofica, il termine ontologia indica lo studio degli elementi fondamentali della natura, al di là della loro descrizione matematica); quindi si parte da una concezione classica della fisica, che trova il suo rappresentante in Newton, per poi approdare alla teoria dei fenomeni elettromagnetici; queste impostazioni vengono integrate e in parte sostituite dalla relatività di Einstein; contemporaneamente abbiamo un'evoluzione dello studio del mondo sub atomico, con lo sviluppo della meccanica quantistica, e infine la teoria dei campi quantistica. Secondo un articolo di Laudan del 1981², ognuno di questi cambiamenti teorici comporta variazioni sulla concezione della struttura del mondo fisico, sulla sua ontologia, appunto. Queste considerazioni sono alla base della cosiddetta “meta induzione pessimistica” che prevede induttivamente che anche l'attuale concezione degli elementi che compongono il mondo fisico verrà superata al sorgere di nuove scoperte e prospettive fisiche (forse pochi, ad esempio, ricordano cosa si intendeva per flogisto). Tali premesse portano ad indebolire notevolmente una qualunque forma di realismo scientifico. La risposta a questa impostazione parte da un articolo di Worrall³, che riprende il cosiddetto “realismo strutturale” inaugurato da Poincaré, secondo il quale l'aspetto reale della nostra conoscenza sono le relazioni reali tra oggetti –rappresentati dai simboli matematici–, ma nascosti ai nostri occhi⁴. Worrall, in risposta al continuo spostamento delle “ontologie” di riferimento, afferma che le

¹ JAMES LADYMAN, *Structural Realism*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2009 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/sum2009/entries/structural-realism/>.

² LARRY LAUDAN, *A Confutation of Convergent Realism*, *Philosophy of Science*, (48), 1981, pp. 19–49.

³ JOHN WORRALL, *Structural Realism: The Best of Both Worlds?*, *Dialectica* (43), 1989, pp. 99–124.

⁴ HENRI JULES POINCARÉ, *Opere epistemologiche*, a cura di Giovanni Boniolo, 2 Voll., Piovani Editore, Abano Terme (Padova) 1989, Vol. I, *La scienza e l'ipotesi*, p. 173.

strutture riescono a conservarsi in questi passaggi da una teoria all'altra. Cioè, anche se cambiano gli elementi fondamentali di riferimento, siano essi particelle o campi, o campi quantizzati (ontologie), le formule matematiche oppure i diversi modi di esprimere le relazioni tra gli elementi di una teoria, (le strutture) sembrano avere una certa continuità. In questo dibattito troviamo anche Tian Yu Cao, che in un suo libro afferma che proprio il realismo strutturale consente di costruire una scienza "realista", cioè una scienza che abbia lo stimolo e la convinzione di avere a che fare con aspetti reali della natura e non con apriori o con meri simboli, se non con relazioni che non ci dicono molto sulla realtà; in questa linea Cao afferma addirittura che guardando alle strutture, si possa scorgere una progressione nella storia della scienza, nonostante questa sia passata da una teoria scientifica all'altra, alle volte molto diversa (ad esempio, il passaggio dalla meccanica classica alla meccanica quantistica). Questa progressione consiste nel fatto che, a prescindere dalle interpretazioni degli elementi costitutivi della natura, le strutture che li descrivono sono state incorporate nelle teorie che sono sopravvenute⁵. Il realismo strutturale è stato considerato dal prof. Mauro Dorato, docente di Filosofia della Scienza all'Università di Roma 3, come una terza possibilità tra due interpretazioni filosofiche alternative che partono dalla Relatività Generale di Einstein⁶: il sostantivalismo e il relazionismo. Il punto in discussione in queste tesi è l'interpretazione dello spazio tempo: si parte dall'affermazione di Einstein secondo cui lo spazio tempo è una qualità strutturale del campo gravitazionale e non un'entità che esiste indipendentemente; nella tesi sostantivalista lo spazio tempo esiste indipendentemente da tutti gli altri campi fisici, e l'interazione gravitazionale è considerata come una misura locale dell'effetto della geometria dello spazio tempo sul movimento della materia, quindi come una conseguenza del rapporto tra lo spazio tempo e il movimento della materia in esso. La tesi relazionista invece considera lo spazio tempo come semplice relazione tra eventi ed entità fisiche.

La tesi del realismo strutturale considera le strutture presenti nelle varie teorie e incorporate nelle teorie più recenti, come aspetti reali della natura e non come meri simboli. Il progresso scientifico e il passaggio da una teoria all'altra accresce il numero di relazioni strutturali conosciute, integrando le nuove strutture con le vecchie e consentendo così di ricostruire man

⁵ TIAN YU CAO, *Conceptual Developments of 20th Century Field Theories*, Cambridge University Press, Cambridge 1997, pp. 359-367.

⁶ MAURO DORATO, *Substantivalism, Relationism and Structural Spacetime Realism*, *Foundations of Physics* (30), 2000, pp. 1605-1638.

mano l'identità delle entità non osservabili mediante le relazioni strutturali che si riferiscono ad esse. Questa linea sembra includere sia l'aspetto relazionale che quello sostanziale.

Rispetto al realismo strutturale possiamo trovare significative connessioni con le tesi aristotelico tomiste e, in particolare, con gli sviluppi che si vogliono trattare in questa tesi. Quando si parla di strutture, allora si fa riferimento, nel linguaggio aristotelico tomista, a delle qualità (oppure, nel caso di relazioni che includono le forze, ci si riferisce a delle azioni, le cui caratterizzazioni però dipendono sempre dalle qualità attive che le generano). Il rapporto tra lo spazio tempo e i campi gravitazionali allora può essere letto proprio come rapporto tra quantità (spazio) e qualità (strutture). Tutta la prima parte della nostra tesi tendeva ad arrivare ad affermare che la geometria, una struttura in questo contesto, è una qualità, la prima qualità della quantità. Nella seconda parte della tesi questa geometria è stata identificata, mediante la Relatività Generale di Einstein con il campo potenziale gravitazionale. Sebbene le qualità (strutture) e la quantità (spazio) siano aspetti reali della natura, esse si appoggiano, come tutti gli altri accidenti ad una sostanza. Il ruolo di questa sostanza consiste anche nell'unificare accidenti tra loro diversi, o qualità diverse; per cui diverse strutture, considerate normalmente come distinte, possono venire unificate proprio in una prospettiva aristotelico tomista. Non solo, ma la medesima prospettiva può dare conto del fatto che le strutture sono sempre uguali a se stesse. Infatti le qualità, ossia le strutture sono espressioni delle forme sostanziali, delle essenze delle sostanze, per cui strutture sempre identiche, con il passare da una teoria all'altra, ma descritte mediante linguaggi matematici diversi indicano il permanere del soggetto, della sostanza appunto, che si esprime proprio attraverso l'invariabilità della strutture al variare delle teorie scientifiche. Al contrario, una visione che ponga l'accento sulla sola realtà delle strutture, senza preoccuparsi di quanto vi è dietro, di un soggetto, una sostanza di cui queste strutture sono proprietà, non riesce a cogliere né l'unificazione di alcuni elementi con strutture differenti, né il motivo profondo della costanza di tali strutture. Così il rapporto massa-campo potenziale, tradizionalmente posto in termini di causa ed effetto, in questa tesi è stato invece reinterpretato come un rapporto tra due qualità della stessa sostanza, ponendo in termini quindi problematici la loro relazione: come massa e campo sono insieme, ad esempio, e se sia mai possibile considerarle in maniera separata. Ci sembra allora che il realismo strutturale si pone degli interrogativi rispetto ai quali le tesi aristotelico tomiste possono dare un valido contributo, in termini di una tradizione filosofica che a buona ragione può dialogare con la visione scientifica

contemporanea. Il tentativo di questo lavoro è proprio quello di avvicinare le tesi tradizionali di Aristotele e Tommaso all'attuale visione del mondo naturale, che tanto deve alle scienze sperimentali, ma che si trova d'altro canto sguarnita di una sufficiente base filosofica.

Tratti caratteristici di distinzione tra l'ilemorfismo e l'atomismo/meccanicismo

Abbiamo già fatto rilevare come la soluzione della ricerca dei principi della realtà distingua l'atomismo dall'ilemorfismo. Mentre quest'ultimo risolve la questione tramite i principi metafisici di materia e forma, potenza e atto, sostanza e accidenti, l'atomismo parla di componenti indistruttibili poste in uno spazio vuoto infinito.

Una delle caratteristiche di questi principi è che deve avere delle proprietà estreme rispetto alla categoria limite. Ad esempio nell'atomismo lo spazio vuoto è infinito, quindi illimitato, mentre, essendo vuoto, non ha alcuna proprietà fisica, e questo lo assimila ad una nullità, uno zero, il numero di atomi è infinito, quindi illimitato. Gli atomi sono indistruttibili, quindi è una caratteristica assimilabile ad una resistenza infinita, oltre che ad una rigidità infinita. Nella formulazione dell'atomismo di Newton i segnali si propagano con velocità infinita, e questo è bene in sintonia con uno spazio isotropo e senza alcuna proprietà fisica.

Nella prospettiva ilemorfica, per gli enti reali l'infinito è presente solo in maniera potenziale, mentre gli enti hanno tutte caratteristiche limitate, definite.

Limitato illimitato come distinzione tra ente reale ed ente di ragione

Gli enti reali in quanto tali, sono limitati e finiti. Questo è vero ancora oggi, dove tutti gli aspetti infiniti sono solo supposti e mai, ovviamente, misurabili, (per definizione). Guardando la storia del concetto di infinito si prospetta l'esigenza di fare a meno di questo concetto, non solo per motivi epistemologici, ma anche, recentemente, per motivi di carattere fisico. La rinormalizzazione nella teoria quantistica dei campi è un mezzo *ad hoc* per eliminare degli infiniti che non dovrebbero esserci.

Ora se un ente reale è finito e limitato, al contrario un ente di ragione, ovvero un universale, ha la caratteristica di essere applicabile ad un numero infinito di elementi. Non solo, ma le limitazioni dell'ente reale scompaiono. Ad esempio, non c'è bisogno di una velocità di propagazione delle perturbazioni, non c'è bisogno che abbia caratteristiche reali come l'energia. Tutte le proprietà qui elencate potrebbero essere tranquillamente applicate ad un ente di ragione, ed invece sono applicate alla funzione d'onda.

Vero è che in tono polemico si potrebbe affermare che bisogna ampliare il concetto di realtà. Dopo tutto, è così importante distinguere un ente reale da un ente di ragione? Dovrei chiedermi,

perché ci tengo tanto ad affermare che la funzione d'onda è solo un ente di ragione e non un ente reale? La posizione di De Broglie-Bohm afferma che la funzione d'onda è un campo (potenziale) reale, anche se mantiene ancora un elemento “di ragione” e cioè la comunicazione a velocità infinita che si realizza nell'*entanglement*, che viene intesa come non-località. Un altro infinito che rappresenta una caratteristica di un ente di ragione.

Quando Heisenberg afferma che la funzione d'onda soddisfa la ricerca degli elementi fondamentali non in termini di particelle, ma in termini di simmetrie, sta andando nella direzione dell'atomismo come è stato concepito da Platone, e quindi effettivamente sta considerando la funzione d'onda, con le sue caratteristiche e simmetrie, come un'idea platonica, e quindi un ente di ragione che esiste in sé e per sé.

Intrigante come nella meccanica quantistica si ripresenti il contrasto tra Platone ed Aristotele, dove la scuola di Copenaghen si schiera pienamente a favore di Platone. Intrigante come a fondamento della difficoltà di comprensione della meccanica quantistica possiamo ritrovare ancora una volta il problema degli universali.

Nella meccanica quantistica la funzione d'onda non ha energia. Attraverso la relatività generale e la teoria dei campi, possiamo affermare che non esistono luoghi vuoti, senza energia, perché non esistono luoghi senza campi, anche se non di forza, ma semplicemente potenziali. Quello che conosciamo sperimentalmente è solo la differenza di energia tra un evento ed un altro. Ma questo non toglie che ci sia una energia del vuoto, che è un argomento che ancora si deve affrontare.

Ovviamente la posizione platonica di Heisenberg non si può sperimentare, per definizione, quindi si ritorna a considerare i fondamenti dal punto di vista filosofico, e non fisico.