

LA FISICA MENTE

Piergiorgio Odifreddi

Maggio 1996

Almeno ad un primo sguardo superficiale, sembra che le categorie dei fenomeni di cui abbiamo esperienza si possano ridurre a due sole, a cui i greci hanno dato il nome di *φύσις* (*physis*) e *ψυχή* (*psyche*), e che sono studiate rispettivamente da fisica e psicologia (in senso lato).

Le due categorie furono chiamate, rispettivamente, *res extensa* e *res cogitans* da Descartes, ma oggi ci si riferisce ad esse più prosaicamente come *materia* e *mente*, in barba a coloro che ritengono che solo le lingue greca e tedesca siano in grado di esprimere compiutamente i concetti filosofici.¹

Terminologia a parte, il problema essenziale è la relazione fra materia e mente. Da un punto di vista ontologico, si possono distinguere almeno tre diverse posizioni: il *materialismo*, che nega l'esistenza della mente a qualunque livello; il *mentalismo*, che ne ammette l'esistenza a qualche livello di complessità; e il *panpsichismo*, che assegna proprietà mentali a ogni entità fisica. Da un punto di vista epistemologico le possibilità sono invece molteplici, a seconda che si considerino le due categorie riducibili (una all'altra, o entrambe a qualcos'altro), oppure irriducibili.

⁰Intervento al convegno "Cartesio e la scienza", Perugia, 5 settembre 1996.

¹In un'intervista del 1966, pubblicata postuma da *Der Spiegel* nel 1976 col titolo di *Solo un Dio ci può salvare*, Martin Heidegger dichiarava che i tedeschi sono chiamati ad una missione, precisando: "Penso alla speciale affinità tra il linguaggio e il pensiero tedesco e greco. I francesi me l'hanno confermano ripetutamente: quand'essi incominciano a pensare, parlano tedesco. Mi assicurano che non ci riescono nel loro linguaggio".

Nel 1955 il critico Erwin Panofsky, esiliato dai nazisti lo stesso anno (1933) in cui Heidegger si iscriveva invece al partito, scriveva ne *Il significato delle arti visive*: "La lingua tedesca consente purtroppo, ad un pensiero abbastanza volgare, di declamare dietro una fumosa cortina di apparente profondità . . . Quando invece parla o scrive in inglese, anche uno storico dell'arte deve più o meno sapere cosa vuol dire, e deve voler dire quello che dice."

La riducibilità delle categorie si chiama *monismo*, e può essere di tre tipi: *materialista*, se la mente è riducibile alla materia; *idealista*, se la materia è riducibile alla mente; e *neutro*, se mente e materia sono riducibili a qualcosa di più fondamentale.²

L'irriducibilità delle due categorie si chiama invece *dualismo*, e può essere di quattro tipi: *fisico*, se la materia guida la mente; *animista*, se la mente guida la materia; *interazionista*, se le due categorie si influenzano reciprocamente; e *indipendente*, se le due categorie procedono parallelamente senza influenzarsi.

Prevedibilmente, le grandi religioni non adottano posizioni univoche sull'argomento: per il buddismo la mente è un'illusione da cui bisogna liberarsi; per l'induismo l'illusione da cui bisogna liberarsi è invece la materia; il taoismo riduce sia la materia che la mente al Tao; per il cristianesimo la materia è mortale, e la mente immortale e immateriale; . . .

Forse più sorprendentemente, neppure le scienze adottano posizioni univoche: per la *neurobiologia* la mente è descrivibile in termini puramente fisiologici (come nel motto del dottor Vogt nell'800, secondo cui il cervello secerne pensieri come il fegato secerne la bile); per la *teoria dei sistemi* la mente è un epifenomeno di sistemi biologici sufficientemente complessi; per l'*intelligenza artificiale* mente e materia sono analoghi a software e hardware nei computer; la *matematica* moderna riduce sia la materia che la mente (o meglio, le teorie dello spazio materiale e del tempo mentale, cioè la geometria e l'aritmetica) agli insiemi;³ . . .

Fino a quando la *fisica* rimase materialistica e deterministica fu naturalmente impossibile far rientrare in essa i fenomeni mentali, a causa di alcune loro caratteristiche essenziali quali, appunto, l'immaterialità e il non determinismo (nella forma della libertà, o del libero arbitrio). L'avvento della meccanica quantistica, i cui fenomeni esibiscono caratteristiche analoghe, sembra però aver aperto la possibilità di coerenti descrizioni fisiche della mente, sia moniste che dualiste.⁴

²Il monismo neutro si muove nello stesso spirito delle teorie unificate della fisica, dall'elettromagnetismo alle superstringhe.

³Nella *logica* la materia si esprime attraverso gli oggetti, e la mente attraverso i predicati (come diceva Fichte: gli oggetti sono dati, e i predicati sono posti). Il tentativo di sviluppare una logica 'materialista', detta del second'ordine, in cui anche i predicati vengono considerati come oggetti, ha incontrato difficoltà ed ottenuto (per ora) pochi risultati.

⁴Dal punto di vista metaforico della zoologia domestica, si è effettuato un passaggio

Può dunque essere ormai prossimo il superamento dell'attuale situazione paradossale, in cui si possiedono precise teorie scientifiche dei fenomeni materiali che si conoscono indirettamente (mediante i sensi), ma solo vaghe teorie filosofiche dei fenomeni mentali che si conoscono invece direttamente (per introspezione).

Benchè una soddisfacente teoria quantistica della mente non esista ancora, molti fisici autorevoli e titolati si sono spesso avventurati in speculazioni fantasiose ma stimolanti, che vale la pena di ripercorrere nonostante il loro carattere tentativo e ipotetico. Come si vedrà, col passare del tempo e il consolidarsi della meccanica quantistica le ipotesi sono comunque diventate sempre meno generiche e sempre più tecniche, il che rende possibile sperare che esse finiranno presto o tardi per convergere ad un limite.

1 Bramini (brahmans)

I fondatori della meccanica quantistica si trovarono alle prese con una teoria completamente nuova, che coinvolgeva l'osservatore in una maniera sconosciuta nella fisica classica. Essi furono dunque costretti a considerare la possibilità che la coscienza avesse un ruolo centrale nella costruzione non solo dell'immagine del mondo, ma della realtà stessa.

Liberamente

Il primo fra i fisici quantistici a cercare di affrontare i problemi filosofici presentati dalla nuova teoria fu lo stesso **Max Planck**, premio Nobel nel 1919 per la scoperta del quanto d'azione: le sue riflessioni furono pubblicate nel 1933 in *Dove sta andando la scienza?*

Proponendosi come un risoluto avversario del positivismo, Planck sostiene che i fatti acquistano significato soltanto all'interno di una teoria esplicativa: la natura della spiegazione scientifica è dunque essenzialmente metafisica, e come tale irrazionale o mistica nelle sue premesse, ed incompleta nelle sue conclusioni.

Dalla natura antropomorfa delle teorie scientifiche deriva comunque il fatto che non c'è contraddizione fra l'assoluta causalità della materia e l'appar-

dal cane di Pavlov, che esibiva soltanto riflessi condizionati deterministici del tipo stimolo-risposta, all'evanescente gatto di Schrödinger, di cui parleremo fra poco.

rente libertà della mente: il determinismo riguarda oggetti osservati, la libertà soggetti osservanti, e uno stesso atto di conoscenza non può far coincidere soggetto e oggetto. Più precisamente, la descrizione oggettiva e causale richiede una distanza prospettica sufficiente dall'evento, che diminuisce quanto più ci si avvicina al soggetto: *nella coscienza la scienza trova dunque i limiti della propria applicabilità.*

E il problema non è qui un'insufficiente comprensione, così come non è un'insufficiente velocità che impedisce ad un corridore di distaccarsi dalla propria ombra: esseri superiori potrebbero forse percepire la causalità della *nostra* coscienza, ma avrebbero gli stessi problemi con la *loro*. Il fenomeno è dunque relativo, ed analogo a quello scoperto da Gödel: la capacità di riconoscere la consistenza di un sistema formale richiede una distanza sufficiente da esso, e tende a svanire quando il sistema si rivolga a se stesso.

La scienza ci conduce quindi fino alle soglie della coscienza ma poi, come Beatrice con Dante, deve abbandonarci in altre mani. E, secondo Planck, è proprio nell'istintiva percezione dell'insuperabile autarchia della coscienza che si devono ricercare le cause sia del rifiuto delle spiegazioni scientifiche della natura, che della ricerca di complementari credenze irrazionali.

Complementariamente

La filosofia ufficiale della meccanica quantistica, detta *interpretazione di Copenaghen*, e le sue implicazioni filosofiche sono state elaborate da **Niels Bohr**, premio Nobel nel 1922 per la struttura dell'atomo di idrogeno, a partire dagli anni '20.

L'idea fondamentale, più volte ripetuta da Bohr nei suoi saggi, è che una comunicazione non ambigua dei dati sperimentali richiede che la descrizione degli apparati di misura e degli esperimenti sia fatta nel linguaggio comune usato nella vita quotidiana, eventualmente raffinato nella sua versione matematica. In particolare, anche quando si parla di fenomeni quantistici non direttamente osservabili (ad esempio, il movimento di una particella), la comunicazione dell'esperienza non può che essere riferita a fenomeni macroscopici direttamente osservabili (ad esempio, la traccia lasciata su una lastra fotografica).

Il problema è che, mentre per fenomeni classici l'interazione con gli apparati di misura è trascurabile, e si può quindi effettuare in pratica una separazione netta tra osservato e osservatore, per i fenomeni quantistici questo

non è possibile, e si è dunque costretti a considerare una inseparabile combinazione fra osservatore e osservato. Poichè differenti esperimenti descrivono differenti combinazioni, diventa impossibile parlare di un fenomeno quantistico indipendentemente dalla particolare situazione sperimentale in cui lo si osserva: il fenomeno esibisce dunque una *complementarietà* di proprietà, una sola delle quali può venir osservata in un particolare esperimento.

È solo grazie alla complementarietà che è possibile usare consistentemente concetti classici che, se presi insieme, sarebbero contraddittori (ad esempio, considerare allo stesso tempo un fenomeno come una particella ed un'onda⁵). D'altra parte, la complementarietà provoca una sostanziale incompletezza di qualunque descrizione, perchè nel momento in cui si determina una delle proprietà di un sistema, automaticamente si è costretti a trascurare tutte quelle complementari ad essa. La complementarietà è dunque un *principio di consistenza e incompletezza della meccanica quantistica*: grandezze coniugate non si possono usare simultaneamente in maniera contraddittoria, e non si possono determinare in maniera completa.

Se le idee precedenti rappresentano un'inversione di tendenza rispetto alla fisica ottocentesca, in altri campi della conoscenza esse sono sempre state evidenti e comuni. Ad esempio, nella *biologia* si è da sempre usato un duplice paradigma per affrontare il problema della vita: da un lato il meccanicismo, che tende a spiegare i fenomeni biologici in termini fisico-chimici (causa ed effetto), e dall'altra il finalismo, che li affronta invece in termini teleologici (fine e scopo).

Secondo Bohr, la lezione che si può trarre dalla meccanica quantistica è che le due spiegazioni sono appunto complementari e irriducibili: entrambe necessarie per una visione completa del problema, ma nessuna sufficiente. Ad esempio, la scoperta del DNA non ha certo spiegato il fenomeno della vita, ma ha soltanto descritto in termini meccanicisti la riproduzione cellulare. E l'applicazione dei concetti della meccanica quantistica alla biologia non è soltanto metaforica, perchè è noto che gli organismi sono direttamente sensibili a fenomeni quantistici (ad esempio, la vista a pochi fotoni).

Inoltre, contro il riduzionismo si può arguire non soltanto indirettamente,

⁵Gli esempi più semplici e classici di questa complementarietà sono le formule di Einstein che determinano l'energia e il momento di un fotone: $E = h\nu$ e $p = \frac{h}{\lambda}$, dove h è la costante di Planck, ν è la frequenza e λ la lunghezza d'onda. Proprietà particellari (energia e momento) sono dunque determinate da proprietà ondulatorie (frequenza e lunghezza d'onda).

per analogia con la fisica quantistica, ma anche direttamente. Anzitutto, nello studio degli organismi biologici tendono a scomparire le distinzioni fondamentali necessarie alla descrizione scientifica: da un lato fra sistema e ambiente, a causa della continua attività metabolica, e dall'altro fra osservatore e osservato. Inoltre, l'interferenza osservazionale richiesta per una descrizione completa di un organismo potrebbe essere incompatibile con il mantenimento della sua vita: in altre parole, potrebbe esserci un principio di esclusione tra fisica e biologia.

Anche nella *psicologia* si ritrova in termini quasi identici la complementarietà, nello studio del problema della coscienza: da un lato la spiegazione neurofisiologica dei meccanismi cerebrali, dall'altro la sensazione del libero arbitrio e della libertà di scelta. Come già nel caso della vita, anche qui potrebbe esserci un possibile principio di esclusione, a causa dell'alterazione che si osserva quando si cerca di verbalizzare una sensazione, analizzare un sentimento, razionalizzare un'intuizione, concentrarsi su un particolare aspetto di un pensiero. Il fenomeno è esemplificato nella maniera più efficace dall'abisso che separa la formalizzazione e l'intuizione (o la dimostrazione e la verità) matematica, e fa presumere che *più si osserva il cervello e meno si vede la mente*; o, in altre parole, che sarà impossibile arrivare ad una spiegazione puramente meccanicista della coscienza.

Ma ancora più cruciale, a questo proposito, è la realizzazione che la scienza non descrive la realtà, bensì soltanto la nostra esperienza di essa. Questa posizione, evitabile in pratica nella fisica classica a causa della pratica separabilità tra osservatore e osservato, è divenuta inevitabile nella meccanica quantistica, ed ha posto fine alla rimozione meccanicista: poichè ogni spiegazione fa riferimento ad una attività cosciente, la coscienza non fa parte di ciò che si può spiegare, e dunque *sia la vita che la coscienza si possono studiare solo rinunciando a spiegarle*.

Infine, anche nella *sociologia* la complementarietà è di casa: le varie culture umane sono semplicemente paradigmi alternativi di organizzazione della visione del mondo, ugualmente validi ed efficaci. In questo caso però, invece dell'incompatibilità manifestata dalle proprietà complementari della fisica atomica, le varie culture umane esibiscono una consistenza reciproca che permette di immaginare una loro progressiva assimilazione: la complementarietà sociologica non può dunque essere motivo di dispute o battaglie per il predominio di una cultura a scapito di altre, e deve piuttosto essere vista come la ragione per considerare tutte le prospettive culturali come ugual-

mente fruttuose e degne di attenzione.

Il contributo di Bohr alla filosofia della scienza si può dunque isolare nella complementarietà, che egli pose nel motto del suo stemma (*contraria sunt complementa*), considerò come espressione di un livello più profondo di verità (“*le verità superficiali sono quelle la cui negazione è contraddittoria, le verità profonde quelle la cui negazione è ancora una verità*”), e arrivò a vedere in ogni aspetto della realtà fisica e umana: osservatore-osservato, soggetto-oggetto, finalismo-meccanicismo, vita-fisiologia, mente-cervello, istinto-ragione, sentimenti-pensieri, libertà-condizionamento, carità-giustizia, scienza-arte, . . .

Parallelamente

Una sistematizzazione matematica della nuova fisica fu fatta nel 1932 da **John von Neumann** nel classico *I fondamenti della meccanica quantistica*, in cui vennero anche per la prima volta distinte nettamente l'evoluzione deterministica della funzione d'onda da un lato, e il collasso probabilistico provocato dall'osservazione dall'altra.

Per analizzare la distinzione osservatore/osservato von Neumann considerò una catena di apparati macroscopici, ciascuno dei quali osserva il precedente: ad un estremo la catena interagisce con un sistema quantistico, i suoi primi anelli sono strumenti di vario tipo, gli ultimi sono processi cerebrali, e all'altro estremo la catena interagisce con la coscienza di un osservatore umano. Sotto opportune ipotesi, von Neumann dimostrò che non ha importanza dove (cioè in quale anello della catena) si suppone che il collasso della funzione d'onda del sistema quantistico osservato abbia luogo, perchè il risultato sperimentale non cambia: il che permette di adottare un atteggiamento pragmatico nei confronti della faccenda, senza doversi preoccupare di risolvere il problema se il collasso sia un fenomeno fisico o mentale.

Allo stesso tempo, la possibilità di far arretrare a piacere il confine tra osservatore e osservato verso gli ultimi anelli della catena, e cioè verso le microstrutture cerebrali profonde, richiede però l'introduzione di un postulato che von Neumann chiama di *psicoparallelismo*: la percezione soggettiva, che per sua natura è un fenomeno extrafisico precedente l'osservazione e la sperimentazione, deve poter corrispondere in maniera equivalente a precisi processi fisici.

Inoltre, l'arbitrarietà della distinzione fra osservatore e osservato non im-

pedisce che essa sia comunque necessaria per la formulazione stessa della meccanica quantistica, le cui affermazioni non sono mai del tipo “una certa quantità fisica ha un certo valore”, bensì sempre del tipo “un osservatore ha fatto una certa osservazione”. Benchè arretrabile a piacere, il ruolo della coscienza non è dunque eliminabile.

La posizione di von Neumann è quindi ad un tempo epistemologicamente riduzionista e ontologicamente dualista: la coscienza si può descrivere in termini materiali con approssimazione arbitraria, ma possiede uno stato di *a priori* necessario e non eliminabile.

Amichevolmente

Poichè permette di immaginare il collasso della funzione d'onda in qualunque anello della catena di apparati di osservazione, la posizione di von Neumann almeno implicitamente suggerisce che il collasso sia non un fenomeno fisico oggettivo, bensì un fenomeno psicologico soggettivo. Questa posizione è resa esplicita da **Eugene Wigner**, premio Nobel per la fisica nel 1963 per la legge di conservazione della parità, in una serie di saggi raccolti in *Simmetrie e riflessioni*.

Egli parte da una variante del famoso esperimento del *gatto di Schrödinger*: si pone un gatto in una stanza isolata insieme ad una fiala di veleno, la cui rottura può essere provocata dall'emissione casuale di una particella (ad esempio, da una sostanza radioattiva in un contatore Geiger); se il gatto viene considerato come un sistema quantistico e descritto mediante una funzione d'onda, esso si trova in una sovrapposizione dei due stati “gatto vivo” e “gatto morto” (ovvero, “un po' vivo e un po' morto”),⁶ fino a quando un osservatore esterno guarda dentro la stanza, nel qual caso (e solo allora) la funzione d'onda collassa ad uno dei due stati “gatto vivo” o “gatto morto”.

La variante di Wigner si ottiene introducendo un amico dell'osservatore, oltre a questo e il gatto: l'osservatore può allora chiedere all'amico che cosa egli veda nella stanza, senza dover necessariamente guardarci lui, e quando l'amico risponde la funzione d'onda dell'osservatore collassa (cioè il gatto diventa vivo o morto, e cessa di essere un po' vivo e un po' morto).

⁶Più precisamente: se la probabilità di emissione della particella che causa la rottura della fiala è p , “vivo con probabilità $1 - p$ e morto con probabilità p ”; o, nel caso in cui p sia $\frac{1}{2}$, “mezzo vivo e mezzo morto”.

Il problema è però che l'amico fa parte dell'apparato di misura dell'osservatore, e dovrebbe dunque rimanere in sovrapposizione di stati pure lui (credo un po' di aver visto il gatto vivo e un po' di averlo visto morto), fino a quando l'osservatore non gli rivolge la domanda e ottiene la risposta (nel qual caso crederà di aver visto il gatto vivo o di averlo visto morto). Ma, ovviamente, l'amico ha sempre creduto ad una sola delle due alternative, e cioè quella che ha dichiarato in risposta alla domanda dell'osservatore, e non si è mai trovato in sovrapposizione di stati (o, almeno, così dice).

La soluzione più semplice è che il collasso sia effettivamente avvenuto quando l'amico ha guardato nella stanza, ma in questo caso la descrizione della meccanica quantistica cessa di essere valida quando esseri coscienti entrano a far parte del sistema: in altre parole, *il collasso della funzione d'onda è un fenomeno soggettivo determinato dall'azione della coscienza*, e la coscienza è un fenomeno non lineare che determina il collasso della funzione d'onda lineare.

Benchè l'argomento precedente mostri che il materialismo è incompatibile con la meccanica quantistica, Wigner ritiene più convincente come sua refutazione il fatto che *il grado di realtà della coscienza sia maggiore di quello del mondo esterno*. Mentre infatti si può consistentemente negare l'esistenza di quest'ultimo, benchè la cosa sia impraticabile, negare l'esistenza della prima è impossibile, perchè ogni conoscenza (compresa quella del mondo esterno) risiede nella coscienza.

Più precisamente, se si definisce il grado di esistenza di un oggetto o di un concetto come l'utilità che ne deriva nella visione del mondo, ad esempio in termini di comprensione del passato e previsione del futuro, allora c'è un vasto spettro di gradi di esistenza, che va dall'assoluto della propria coscienza, al relativo delle sensazioni altrui e degli oggetti. Il che non significa, però, che la coscienza debba essere indipendente dal resto del mondo, nè che si possa fare a meno di ciò che ha un'esistenza più relativa: soltanto uno studio profondo della coscienza (umana e non) potrà determinare le proprietà effettive dell'esistente, e confermare o smentire le intuizioni che abbiamo di esso.

Wigner ha espresso in maniera particolarmente memorabile la realtà dei concetti matematici, parlando di una loro *irragionevole efficacia* nelle applicazioni scientifiche: solo una minima parte dei fenomeni naturali si può infatti descrivere matematicamente, e solo in condizioni estremamente speciali; è dunque incredibile che quando una descrizione sia comunque possibile, lo

sia non in maniera soltanto approssimata, bensì con un grado di accuratezza spropositato.

In ogni caso, è sorprendente ed ironico che secoli di studio scientifico del mondo esterno siano giunti infine alla conclusione che *la vera realtà è la coscienza*, in accordo con le più estreme teorie idealistiche.

2 Guerrieri, mercanti e artigiani (kshatriyas, vaiśyas e sūdras)

I grandi sacerdoti della meccanica quantistica si erano limitati ad assegnare un generico ruolo epistemologico e ontologico alla coscienza, legato in qualche maniera al collasso della funzione d'onda. Ma se i preti benedicono i cannoni, sono gli artigiani che li costruiscono, i mercanti che li finanziano, e i soldati che combattono: le astratte prediche sul collegamento fra mente e materia richiedono dunque più concrete strategie e tattiche di implementazione, che descrivano precisamente i (supposti) meccanismi di contatto, superando le secolari difficoltà del dualismo.

Potenzialmente

Una delle interpretazioni più soddisfacenti della meccanica quantistica è stata proposta nel 1958 da **Werner Heisenberg**, premio Nobel per la fisica nel 1932 per il principio d'indeterminazione, in *Fisica e filosofia*.

Secondo Heisenberg, le difficoltà di interpretazione della meccanica quantistica sono l'effetto di una mancata espiazione del peccato originale della filosofia moderna: il dualismo cartesiano fra materia e mente. Esso è visto come una pericolosa semplificazione, che sta all'origine di gravi difficoltà concettuali.

La prima di tali difficoltà è il *realismo*, che dovette essere assunto da Descartes come dogma (appena mascherato dietro il supposto argomento che Dio non ci inganna) per poter assegnare una valenza ontologica alla materia: il "*cogito, ergo sum*" era stato invece sufficiente per assegnare una valenza ontologica alla mente. Benchè metafisica ufficiale della fisica classica, il realismo è stato rifiutato dapprima dall'idealismo, a partire da Berkeley, e poi anche dalla fisica moderna, a partire da Bohr.

La posizione di Heisenberg rispetto al realismo è intermedia fra l'accettazione e il rifiuto, e si esprime interpretando l'equazione d'onda probabilistica come una versione quantitativa della nozione aristotelica di *potentia* (*Metafisica*, IX), da intendere come una simultanea sovrapposizione di possibilità che predetermina l'attualità futura (analogamente, una sovrapposizione di immagini proiettate contemporaneamente su uno schermo predetermina l'immagine che si può vedere attraverso un filtro che ne isola una sola). Il mondo microscopico è dunque reale e oggettivo per Heisenberg, ma in maniera diversa dal mondo macroscopico: il primo fluttua in una molteplicità eraclitea, mentre il secondo giace in una univocità parmenidea, ed il passaggio dall'una all'altra avviene attraverso le interazioni sperimentali (esemplificate dagli acceleratori, in cui si si passa dalla potenzialità dell'energia all'attualità delle particelle).

Una seconda difficoltà del dualismo cartesiano era stato il *meccanicismo psicologico*: l'impossibilità di rendere conto dell'interazione fra 'res extensa' e 'res cogitans' aveva infatti costretto a postulare un loro parallelismo, e a ritenere che la mente potesse quindi essere descritta negli stessi termini usati per la descrizione della materia.

La posizione di Heisenberg supera il parallelismo fra mente e materia, mediante un'applicazione del principio di complementarità: come le particelle hanno una natura duale (sia corpuscolare che ondulatoria), così *mente e materia sono aspetti complementari di una stessa sostanza*. La sostanza ultima potrebbe forse essere l'energia (come per Eraclito lo fu il fuoco), visto che essa si conserva, ed uno degli attributi fondamentali della sostanza è appunto la sua indistruttibilità; certo non può essere la massa, che si può creare dall'energia e trasformarsi in essa, nè una forza, poichè le forze sono oggi interpretate come scambio di particelle. Potrebbe però anche essere qualcosa di ancora più astratto o 'mentale', ad esempio equazioni differenziali (come per Platone lo furono le forme geometriche), le cui soluzioni potrebbero rappresentare le particelle.

Quanto al tentativo meccanicista di spiegare la mente negli stessi termini usati per spiegare la materia, Heisenberg lo vede sia come un retaggio del cartesianesimo che come un peccato d'ingenuità, per due motivi complementari.

Anzitutto, la fisica (compresa quella quantistica) si basa sulla distinzione fra osservatore ed osservato, che viene a cadere nel momento in cui la coscienza studia se stessa: le difficoltà di una teoria puramente fisica della mente

potrebbero dunque essere analoghe a quelle della cosmologia quantistica, che hanno richiesto radicali reinterpretazioni ontologiche (tipo l'introduzione di molti mondi, coesistenti e paralleli).

Inoltre, in termini più generali, qualunque teoria si basa su un linguaggio: ma parole e concetti, anche quelli matematici, non sono rigidamente definiti ed hanno campi d'azione limitati, che vengono scoperti nel corso dell'evoluzione storica, e si possono trascendere soltanto mediante radicali reinterpretazioni semantiche. Ad esempio, 'spazio' e 'tempo' classici acquistano nella fisica relativistica un significato completamente diverso,⁷ e 'particelle' e 'onde' si possono usare nella fisica quantistica soltanto in maniera classicamente contraddittoria, formalizzata nel principio di complementarità.

Mentre è dunque possibile che si possa ottenere una teoria fisica della mente, è invece improbabile che essa non debba richiedere sostanziali stravolgimenti metafisici e linguistici della fisica attuale, meccanica quantistica compresa. In altre parole, gli sviluppi della fisica moderna preludono più ad un 'ridefinizionismo' che ad un 'riduzionismo'.

Isomorficamente

Una coerente teoria della mente, basata da un lato sulle posizioni ontologiche di Heisenberg appena descritte, e dall'altro su quelle psicologiche di William James (1842–1910),⁸ è stata sviluppata da **Henry Stapp** in una serie di saggi, raccolti nel 1993 in *Mente, materia e meccanica quantistica*.

Nella sua opera principale, *I principi di psicologia* del 1890, William James aveva enunciato alcune posizioni pragmatiche (in accordo con la sua generale filosofia). Anzitutto, una teoria della mente degna di questo nome non può soltanto dissolverla nella descrizione di meccanismi comportamentali o neurofisiologici, ma deve essere in grado di rendere conto delle azioni più apparenti e costanti della coscienza: la libera scelta fra varie alternative, e il controllo del comportamento. Inoltre, poichè tutto ciò che possiamo sperimentare sono percezioni, l'universo deve essere riducibile ad un'unica sostanza (esperienza pura), di cui la coscienza è solo una parte. Infine, il

⁷Una situazione analoga si presenta nella logica, dove gli stessi connettivi e quantificatori sono usati classicamente e intuizionisticamente: le traduzioni di una logica nell'altra sono possibili solo grazie a sostanziali tradimenti dell'interpretazione.

⁸Le idee di James hanno avuto una vasta influenza sul pensiero scientifico del secolo, dalla formulazione della complementarità di Bohr all'approccio alla coscienza di Crick.

riduzionismo psicologico non può basarsi esclusivamente sulla fisica classica, perchè essa non è in grado di assegnare ad un sistema complesso proprietà che non siano riducibili a quelle delle sue costituenti: l'introspezione mostra invece che i pensieri e la coscienza, nonostante la presenza di componenti, sono sistematicamente percepiti come sostanzialmente unitari.

Le ingiunzioni di James sono state sistematicamente disattese dalle teorie psicologiche dominanti del secolo, dal comportamentismo di Watson al darwinismo neurale di Edelman: esse rimuovono tutte il problema della coscienza, limitandosi a descrivere in maniera puramente classica le sue manifestazioni a vari livelli, dal sociologico al neurofisiologico. La fisica quantistica ha maturato i tempi di un cambiamento, ritrovandosi in perfetta sintonia con le posizioni di James: il collasso della funzione d'onda esibisce le stesse caratteristiche di scelta e determinazione della realtà attribuite alla coscienza, l'interpretazione di Copenaghen riduce l'intera realtà all'osservazione, e gli eventi quantistici rivelano un carattere olistico che non permette di ridurli al comportamento individuale delle loro parti.

Mentre von Neumann e Wigner cercavano però di costruire una teoria mentale della meccanica quantistica, attribuendo ad una indefinita coscienza la causa del collasso della funzione d'onda, Stapp ribalta il loro approccio e costruisce una teoria quantistica della mente, definendo la coscienza come la manifestazione del collasso. In altre parole, nel cervello gli eventi si mantengono in inconscia sovrapposizione di stati fino a quando essi vengono resi psicologicamente coscienti dal collasso fisico della funzione d'onda, e la coscienza è quindi la controparte macroscopica del processo di fissazione delle strutture microscopiche del cervello (così come le sensazioni sono la controparte macroscopica del funzionamento dell'organismo).

A causa di un risultato di von Neumann citato in precedenza, non ha importanza in che punto della catena di osservazione si suppone che il collasso avvenga, perchè i risultati sono largamente indipendenti da dove esso si situi: la precedente definizione è dunque compatibile con svariate ipotesi, in particolare che la coscienza sia un fenomeno di basso o di alto livello cerebrale (cioè, neuronale o integrato).

Ciò che invece ha importanza è la relazione fra la struttura degli eventi cerebrali da un lato, e di quelli psicologici dall'altro: ed una volta postulata una corrispondenza fra gli eventi, è naturale estenderla anche alle loro strutture. Stapp propone dunque la seguente definizione: *la coscienza è l'immagine isomorfa del collasso della funzione d'onda degli eventi cerebrali.*

Più precisamente un evento cosciente, cioè l'attualizzazione di una potentia cerebrale, crea una configurazione neuronale temporaneamente stabile detta *simbolo*, a sua volta costituita da componenti: in tal modo si genera una disposizione per l'attivazione di tutti gli altri simboli che hanno componenti in comune con quello, e si crea quindi una nuova potentia che attende di essere attualizzata da un successivo evento cosciente. La tendenza dei simboli a svanire crea la sensazione del *fluire del tempo*, l'insieme dei simboli attuali in un dato momento costituisce uno *schema corpo-mondo* che viene continuamente aggiornato, l'insieme dei simboli che persistono e a cui le sensazioni momentanee vengono riferite costituisce il *senso del sè* (un'esperienza cerebrale come tutto il resto), e l'integrazione quantistica degli eventi cerebrali viene percepita psicologicamente come *l'unità della coscienza*.

Poichè la realtà è costituita dalle attualità, che a loro volta sono determinate dalle potenzialità, ma non tutte le attualità sono eventi di natura cerebrale o umana, si può dire più generalmente che *la mente è la manifestazione del processo di attualizzazione delle potentia*, di cui la coscienza umana è dunque solo un aspetto particolare. Si arriva così per via fisica ad una teoria che ha vari aspetti in comuni con quella filosofica esposta da Whitehead ne *Il processo e la realtà*.

Tutto ciò che esiste, cioè la totalità delle attualità, si manifesta dunque come un atto creativo della mente universale, una scelta che allo stesso tempo è delimitata dallo spazio delle possibilità preesistenti, e restringe lo spazio delle possibilità future. E gli atti creativi della mente universale sono linearmente ordinati, poichè essi corrispondono a cambiamenti nello stato potenziale dell'universo, che è unico in ogni istante: dunque *il tempo mentale è lineare*, in accordo con l'esperienza, e in contrasto con il tempo fisico (in altre parole, l'evoluzione deterministica della funzione d'onda e il suo collasso si riferiscono a due tempi distinti, locale e relativistico l'uno, e globale e classico l'altro).

La teoria di Stapp lascia aperti i problemi del libero arbitrio e del determinismo, perchè non decide se il collasso della funzione d'onda sia frutto del caso o di qualche scelta ad un livello più profondo. Presentando però la coscienza umana ad un tempo come la manifestazione di un processo naturale e la localizzazione di un processo universale, essa reintegra l'uomo nella natura e nell'universo, e contrasta in tal modo le nefaste e tuttora influenti visioni di Bacone e Descartes, che vedevano da un lato la natura come terra di conquista scientifica e tecnologica dell'uomo, e dall'altro la mente come

un fenomeno estraneo alla natura.

Psiconicamente

Postulare un ruolo centrale della mente nel processo di creazione della realtà attuale a partire da quella potenziale è ancora un'attività di natura puramente filosofica: per renderla scientifica è necessario andare oltre le affermazioni generiche, indicando esplicitamente i (supposti) meccanismi attraverso i quali la mente entra in contatto e interagisce con la materia in generale, e con il corpo umano in particolare (creando la coscienza).

L'ipotesi, implicitamente adottata nella discussione precedente perché oggi la più accreditata, è che la coscienza sia in qualche maniera collegata al *cervello*, benché non sia sempre stato così: ad esempio gli egizi, che dedicavano estrema cura alla preservazione (nei vasi canopi) di quelli che essi ritenevano essere i principali organi, iniziavano il processo di imbalsamazione estraendo il cervello mediante dei tubicini, e buttandolo via.

Per uscire dalla filosofia ed entrare nella scienza non è comunque ancora sufficiente dichiarare genericamente il cervello come sede della coscienza, ed è necessario scendere a livelli più concreti. Il primo ad aver raccolto la sfida è stato Descartes, che ha puntato l'attenzione sulla *ghiandola pineale* a causa della sua posizione centrale strategica e della sua unicità (quasi tutte le strutture cerebrali sono invece doppie): può essere interessante notare che, a tutt'oggi, la funzione della ghiandola pineale è sconosciuta.

Ipotesi più moderne per la localizzazione della coscienza sono il *talamo*, che funziona da centralino di coordinamento dell'intero cervello, e la *formazione reticolare*, che seleziona gli input sensoriali e decide quali si debbano considerare (secondo Francis Crick, "se il talamo è la porta della corteccia, la formazione reticolare ne è il guardiano").⁹ Entrambe le ipotesi si basano su motivazioni simili a quelle di Descartes, e cioè centralità (funzionale, non più posizionale) ed unicità, e non vanno dunque oltre la solita genericità.

Il primo a scendere al livello delle microstrutture nella ricerca di una

⁹Nell'analogia fra computer e cervello la formazione reticolare sarebbe la CPU, e le varie parti della corteccia costituirebbero le periferiche per il trattamento di input e output. La differenza fra il cervello umano e quello delle scimmie e altri animali è enorme dal punto di vista corticale, ma minima da quello reticolare: il che significa che nell'uomo si sono potenziate le periferiche, che funzionano in particolare da preprocessori largamente autonomi, ma la struttura della CPU è invece rimasta invariata.

localizzazione cerebrale della (azione della) coscienza è stato **John Eccles**, premio Nobel per la medicina nel 1963 per la spiegazione del meccanismo di interazione sinaptica, che ha sviluppato le sue idee partendo nel 1953 da *Le basi neurofisiologiche della mente*, transitando nel 1977 attraverso la collaborazione con Karl Popper ne *L'io e il suo cervello*, e approdando nel 1994 a *Come l'io controlla il suo cervello*.

Si ricordi che i costituenti della struttura cerebrale sono i neuroni, collegati mediante sinapsi, attraverso cui si propagano impulsi elettrici che stimolano il sistema nervoso. Un collegamento di un neurone ad un altro si può visualizzare come un sacco (bottone sinaptico) di uova (vescichette contenenti alcune migliaia di molecole di trasmettitori) posato su un piano (la parete di un dendrite), dal quale si dipartono degli scarichi (microtubuli): quando si verificano le condizioni appropriate una di queste uova si rompe, e il suo contenuto viene riversato negli scarichi (l'intero processo di chiama exocitosi).

Il sacco contiene circa 2000 uova, di cui la maggior parte sono libere, mentre una cinquantina sono organizzate appunto come nei contenitori delle uova, però in una struttura (paracristallina) esagonale invece che quadrata (griglia vescicolare presinaptica). L'arrivo di un impulso attraverso il neurone può appunto provocare la rottura di *una* delle uova: le sottolineature sono essenziali, perchè la rottura non avviene sempre ma solo ogni tanto (in media circa una volta ogni 5, cioè il 20% delle volte), e quando avviene si rompe comunque un solo uovo. La rottura dell'uovo e il conseguente travaso di molecole dal sacco al piano provocano una piccola differenza di potenziale fra essi, che sommata alle migliaia in arrivo ad uno stesso neurone da altri collegamenti può raggiungere un livello tale da provocare una scarica.

La prima parte della teoria di Eccles si basa sul fatto, scoperto negli anni '80, che la semplice intenzione di effettuare un'azione è sufficiente a provocare uno stimolo di aree cerebrali selezionate, relative agli organi che dovrebbero essere coinvolti nell'azione. L'ipotesi è allora che l'intenzione mentale sia un meccanismo che agisce a livello delle griglie vescicolari, aumentando sostanzialmente la probabilità che avvenga la rottura di una vescichetta: l'azione mentale è dunque resa sia possibile che utile dalla probabilità estremamente bassa dell'exocitosi (se essa fosse sostanzialmente vicina ad 1, non ci sarebbe "spazio per la mente").

La seconda parte della teoria si basa sul fatto, scoperto negli anni '70, che i dendriti che si dipartono dal corpo dei neuroni corticali tendono a

raggrupparsi in fasci di un centinaio, detti dendroni, a ciascuno dei quali si collegano circa 100.000 sinapsi (il numero dei dendroni varia da 200.000 per i mammiferi più primitivi a 40 milioni per l'uomo). Poichè circa una metà dei neuroni della corteccia sono raggruppati in dendroni, questi sembrano essere elementi costitutivi dell'azione cerebrale, ed Eccles postula allora che esistano paralleli elementi costitutivi dell'azione mentale detti *psiconi*: ciascuno di essi agirebbe su un dendrone, e l'azione concertata sulle sue sinapsi tenderebbe ad amplificare l'azione dell'atto mentale.

A prima vista, poichè l'azione mentale degli psiconi avviene senza consumo di energia, essa sembrerebbe essere in disaccordo con le leggi della fisica. Ma in effetti non c'è contraddizione: *la mente è un campo di probabilità, che non trasporta nè materia nè energia*, ed è analogo in questo al campo descritto dall'equazione di Schrödinger (almeno secondo l'interpretazione corrente). Inoltre, *la mente non agisce direttamente sulla materia cerebrale, ma soltanto sulle probabilità di reazione delle griglie vescicolari*: in questo modo vengono a cadere i problemi dell'interazione mente-corpo che avevano turbato il dualismo a partire da Descartes stesso.

A scanso di equivoci, a onor del vero generati da persistenti e poco felici dichiarazioni filosofiche e religiose di Eccles stesso, la teoria non è in contrasto con l'evoluzione. Anzi, come egli ha elaborato nel 1989 in *Evoluzione del cervello e creazione dell'io*, la sua opinione è che la mente sarebbe un fenomeno nato con i mammiferi, come meccanismo di integrazione reso necessario dal potenziamento cerebrale, e dalla conseguente crescita della mole dei dati sensoriali da elaborare: *prima dei vertebrati non c'era coscienza, e prima dell'uomo non c'era autocoscienza*.

La teoria non è neppure in contrasto con le apparentemente rivali teorie dei neuromenti (Changeaux, Crick, Damasio ed Edelman), e si pone semplicemente ad un differente livello: invece di trattare in maniera classica aggregazioni macroscopiche di neuroni, ne descrive in maniera quantistica il comportamento singolo, o di aggregazioni microscopiche. Anzi, le due trattazioni sono complementari, perchè una descrizione classica deve essere necessariamente deterministica,¹⁰ e non può quindi render conto di comportamenti apparentemente volontari (a meno di ridursi ad un completo meccanicismo

¹⁰Non basta invocare fenomeni caotici perchè anch'essi sono teoricamente deterministici, anche se praticamente imprevedibili (in quanto piccole variazioni dei dati possono generare grandi variazioni nei risultati).

mentale).

Infine, benchè la teoria di Eccles si professi dualista, essa non lo è in un senso cartesiano: anzi, la riduzione di entrambe a campi di probabilità può far presumere l'esistenza di una sostanziale *identità di struttura profonda tra mente e materia*. Il dualismo è invece esplicitamente popperiano, nel senso che la mente è un epifenomeno soggettivo, il Mondo 2 della coscienza individuale, che si oppone da un lato al Mondo 1 della materia, e dall'altro ad un ulteriore epifenomeno oggettivo, il Mondo 3 della conoscenza sociale e storica (si dovrebbe quindi più propriamente parlare di trionalismo, a meno di voler scomodare direttamente la Trinità).

Gravitazionalmente

Pur motivato da problematiche completamente differenti, a posizioni simili a quelle di Eccles è pervenuto di recente anche **Roger Penrose**, dapprima nel 1989 con la *La mente nuova dell'imperatore*, e poi nel 1994 con *Le ombre della mente*.

Per motivi che non interessano qui, perchè non hanno niente a che vedere con la meccanica quantistica, Penrose enuncia un dogma centrale secondo il quale nei processi mentali sono presenti aspetti non computabili, che condannano al fallimento i progetti dell'Intelligenza Artificiale.

Penrose ritiene che la fisica moderna, non solo quella classica ma (sorprendentemente) anche quella quantistica, non esibisca però aspetti intrinsecamente non computazionali: per trovarli sarà dunque necessario attendere una teoria della gravitazione quantistica, dalla quale dovrebbe (o potrebbe) derivare una spiegazione del collasso della funzione d'onda. L'idea di Penrose è che la sovrapposizione di stati sia instabile, e che possa essere mantenuta soltanto in situazioni di bassa energia: in presenza di un sufficiente disturbo ambientale (condizione normale ad esempio per i sistemi biologici), gli stati sovrapposti dovrebbero separarsi in maniera sufficiente da rendere impossibile una loro coesistenza, e necessaria una scelta fra essi.

A scanso di equivoci, Penrose ritiene che il problema del collasso vada risolto in maniera autonoma e puramente fisica, in particolare *senza* far intervenire la coscienza. Anzi, una volta trovata una soluzione che faccia emergere sostanziali aspetti non computazionali, si potrà finalmente affrontare il problema della coscienza in maniera riduzionistica. L'attacco di Penrose alla Intelligenza Artificiale non è dunque un attacco contro il riduzionismo in

generale, ma soltanto contro una sua forma particolarmente rozza e semplicistica, che pretende di ridurre la complessità dei processi fisico-chimici del cervello alla semplicità dei processi elettronici dei calcolatori.

Affinchè però l'intero progetto stia in piedi, è necessario che il substrato fisico dei processi mentali si situi ad un livello sufficientemente basso nel cervello, in maniera tale da far intervenire fenomeni quantistici e riduzioni di funzioni d'onda. Qui Penrose si spinge oltre le proposte di Eccles, proponendo di scendere ad un livello più basso delle interazioni sinaptiche: la sua tesi è che *i microtubuli svolgono un ruolo essenziale nell'azione della coscienza*.

L'osservazione fondamentale è che le cellule eucariote (cioè quelle di tutti i sistemi viventi eccetto virus, alghe e batteri, la cui struttura è procariota) hanno due centri vitali: il *nucleo* con l'informazione genetica, che controlla l'ereditarietà e la produzione delle proteine di cui la cellula è composta, e il *centrosoma*, che controlla l'azione della cellula (compresa la divisione mitotica) e la sua organizzazione.

Il centrosoma è il sistema di controllo del *citoscheletro*, una specie di sistema nervoso della cellula, costituito da fibre di *microtubuli*, le cui pareti sono composte di tasselli a forma di arachide (tubulini), con un elettrone piazzato nel mezzo, che può passare da una nocciolina all'altra. Ogni tassello è circondato da altri sei disposti in una struttura esagonale, la cui polarizzazione determina la posizione dell'elettrone nel tassello centrale: in altre parole, ciascun microtubulo funziona come un *automa cellulare*.

Poichè questo vale per ciascuna cellula neuronale, l'intera struttura cerebrale non è dunque un semplice computer, come nei modelli più superficiali, ma uno i cui chip sono a loro volta dei computer (una *connection machine*). In altre parole, *i microtubuli aggiungono un livello di complessità al modello computazionale del cervello*.

Il nuovo livello di complessità produce un salto di qualità nelle potenzialità del sistema. Se infatti cento miliardi (10^{11}) di neuroni capaci di lanciare mille (10^3) segnali al secondo permettono una frequenza di 10^{14} segnali al secondo, i diecimila (10^4) tubulini per neurone, ciascuno in grado di lanciare per conto suo un ulteriore milione (10^6) di segnali al secondo, portano l'intera frequenza a 10^{24} segnali al secondo. E se una frequenza dell'ordine di 10^{14} poteva essere di prossima portata per i computer, una dell'ordine di 10^{24} è per ora semplicemente un miraggio.

Si può sostenere a questo punto che *la coscienza ha a che fare coi microtubuli perchè sono essi a determinare la plasticità cerebrale*. Questa infatti

non dipende dalla struttura neuronale, che rimane abbastanza stabile dopo la formazione del cervello, ma dalle connessioni sinaptiche, che sono determinate proprio dalle fibre di microtubuli: e, a differenza dei neuroni, sia i microtubuli singoli che i collegamenti fra microtubuli diversi sono appunto soggetti ad un continuo processo di crescita e degenerazione, responsabile della continua ristrutturazione delle connessioni neuronali.

È interessante notare che il centrosoma che controlla il citoscheletro, presente in altri tipi di cellule, *non* esiste nei neuroni, il che fa pensare che essi siano controllati in qualche maniera globale. L'ovvia supposizione è che *il cervello esibisce fenomeni di coerenza quantistica responsabili del coordinamento dell'azione dei microtubuli*, a livello sia di singoli neuroni che di sistemi più complessi. La coerenza, in cui molte particelle si trovano in un unico stato ed esibiscono comportamenti quantistici macroscopici, potrebbe addirittura essere responsabile della percezione unitaria della coscienza.¹¹

Se effettivamente la coscienza è collegata all'azione coordinata dei microtubuli, sorge spontanea la domanda se essa possa essere presente in altri sistemi organici eucarioti, eventualmente in tutti. Il fatto che i comuni anestetici abbiano un'azione paralizzante anche su microorganismi unicellulari, potrebbe effettivamente far ipotizzare una risposta positiva. Penrose non si spinge così lontano, accontentandosi di affermare che *la coscienza non è un fenomeno puramente umano*, ed è ad esempio probabilmente presente in elefanti e scimmie.

Quanto alla posizione ontologica, Penrose non si discosta troppo da quella di Eccles e Popper, ed accetta la distinzione nei tre mondi degli oggetti, delle sensazioni e delle idee. Ma, a differenza di Eccles e Popper, egli ritiene che *la vera realtà è il mondo delle idee, di cui gli altri due sono soltanto riflessi*: una posizione certo sorprendente per un riduzionista, anche se forse non per un matematico.

¹¹I fenomeni di coerenza quantistica erano una volta ritenuti possibili solo a basse temperature (come per superconduttività o superfluidità), ma oggi sembra che essi si possano manifestare anche in presenza di oscillazioni ad alta frequenza (dell'ordine di 5×10^{10} oscillazioni al secondo, più o meno quella dei tubulini). La cosa non sembra collegata al ciclo a bassa frequenza (dell'ordine di 40 oscillazioni al secondo) scoperto recentemente, e al quale viene a sua volta da altri (ad esempio, Crick) attribuita l'unità della coscienza.

3 Intoccabili (harijans)

Accreditare alla coscienza il collasso della funzione d'onda, o ricercare nel cervello la porta d'ingresso del teatro cartesiano, possono apparire progetti azzardati. Essi non esauriscono però lo spettro delle proposte che sono state fatte: alcune di queste sono anzi così radicali, che finiscono per far considerare i loro proponenti come degli eretici, quando non semplicemente degli appestati da evitare, o degli svitati da compatire.

Divinamento

Nel 1958 **Erwin Schrödinger**, premio Nobel per la fisica nel 1933 per l'equazione che descrive l'evoluzione dell'onda quantistica, pubblicò le sue riflessioni sul problema della coscienza in *Mente e materia*.

Egli non era nuovo a scorribande ai confini o al di fuori della fisica: ad esempio, nel 1944 aveva già pubblicato il famoso *Che cos'è la vita?*, in cui cercava di spiegare il fenomeno della riproduzione biologica in termini atomici, proponendo in particolare per la prima volta la nozione di codice genetico. Il libro conobbe un grande successo (è ancora letto tuttora), ed ebbe un ruolo importante nello stimolare l'interesse dei fisici (oltre che degli stessi Francis Crick e James Watson,¹² futuri scopritori della struttura del DNA) verso i problemi della biologia molecolare: l'episodio è interessante come precedente, e potrebbe ripetersi per qualcuna delle teorie quantistiche della mente.

Per tornare appunto a questa, nell'appendice a *Che cos'è la vita?* Schrödinger enunciava le solite due premesse, considerate inoppugnabili: da una parte, il funzionamento del corpo è puramente meccanico, e descrivibile mediante le leggi della natura (in particolare, senza che l'indeterminazione quantistica abbia un ruolo biologico rilevante); d'altra parte, l'esperienza diretta ci mostra che noi possiamo dirigere le attività corporali macroscopiche, prevenendone gli effetti. La conclusione tratta era però inaspettata, benchè descritta come l'unica corretta: *la coscienza è in grado di controllare la materia*, in accordo con le leggi della natura.

¹²Crick ha scritto nella sua autobiografia (*What mad pursuit*) che il libro "lasciava immaginare che appena dietro l'angolo ci fossero grandi cose". Watson, dal canto suo, ha dichiarato che dopo la lettura egli si ritrovò "polarizzato verso la scoperta del segreto del gene".

Altre due osservazioni sperimentali, che cioè da un lato la coscienza soggettiva viene sempre sperimentata singolarmente e indivisibilmente, e dall'altro le varie coscienze individuali producono un'unica immagine del mondo, portavano a concludere, altrettanto inaspettatamente, che *la coscienza è una sola*, e la sua molteplicità è solo apparente.¹³

Schrödinger notava che queste conclusioni sono sorprendenti solo per una certa mentalità occidentale contemporanea, mentre ad esse erano invece già giunti dapprima gli induisti a partire dalle *Upanishad*, con la coincidenza fra l'*atman* soggettivo e il *brahman* oggettivo espressa da "*aham brahmasmi*" (io sono brahman), poi i mistici medioevali, attraverso esperienze che essi similmente descrivevano con l'espressione "*deus factus sum*" (sono divenuto dio), e infine anche i filosofi moderni, da Spinoza a Whitehead.¹⁴

In *Mente e materia* venivano invece affrontati due problemi complementari: i ruoli biologico ed epistemologico della coscienza. Per quanto riguarda il primo, ancora una volta Schrödinger prendeva seriamente i fatti: poichè la sopravvivenza degli esseri viventi è legata all'apprendimento per ripetizione, e il controllo di nuovi processi diviene gradatamente inconscio con il consolidarsi della pratica, *la coscienza è associata al processo di apprendimento dei sistemi organici* (non solo umani).

La sua presenza, sia ontogenetica (nell'individuo) che filogenetica (nella specie), è dunque un sintomo del fatto che l'apprendimento è ancora in corso, e che non si è ancora raggiunto il perfetto controllo della conoscenza necessaria per la sopravvivenza: in altre parole, la coscienza è il marchio d'infamia di un'evoluzione ancora imperfetta e in divenire, e non la medaglia al valore di un'evoluzione superiore e completata. Da questa prospettiva, la vita organica incosciente (ad esempio, delle piante e degli animali) è ad un livello di sviluppo evolutivo maggiore di quella dell'uomo.

Un esempio di fenomeno nella zona di evoluzione del comportamento umano è forse la contrapposizione fra i desideri ("io voglio") ed i precetti ("tu devi"): il conflitto fra l'ego e il super-ego sarebbe in tal caso una manifestazione biologica dell'esistenza di un passaggio in atto, ancora in divenire,

¹³C'è un'altra via d'uscita dall'apparente disparità numerica fra la molteplicità delle coscienze individuali e l'unicità dell'immagine del mondo: la molteplicità dei mondi. Questa è la soluzione di Leibniz, che è stata ripresa dall'interpretazione dei molti mondi della meccanica quantistica.

¹⁴Un florilegio di citazioni pertinenti fu compilato nel 1946 da Aldous Huxley in *Filosofia perenne*, citato con ammirazione da Schrödinger in entrambi i suoi libri.

dall'essere individuale ad uno sociale (di cui si possono considerare tappe successive il nazionalismo e l'internazionalismo).

Passando infine al ruolo epistemologico della coscienza, Schrödinger isolava nel principio di realtà il nucleo della difficoltà. L'oggettività è una semplificazione che introduce una separazione artificiale tra ciò che è percepito e colui che percepisce, e permette l'emergere della scienza solo a costo dell'affossamento della *co*-scienza: non ritroviamo l'io nella nostra immagine del mondo perchè esso è quell'immagine, ed essendo il tutto non può esservi contenuto come parte. L'impressione che la fisica moderna abbia incrinato la barriera fra soggetto e oggetto è dunque fuorviante: in realtà non c'è nulla da incrinare, perchè la barriera non esiste, e *soggetto e oggetto coincidono*.

Implicatamente

Volendo usare termini metaforici (per non dire, più apertamente, metafisici) per l'intervento della mente nel collasso della funzione d'onda, si potrebbe dire che i fenomeni quantistici altro non sono che messaggi espressi in un *linguaggio cosmico* di cui conosciamo, attraverso la funzione d'onda, la statistica della sintassi, ma di cui ci sfugge completamente la semantica (così come, nella linguistica moderna, la distribuzione statistica delle lettere individua perfettamente il linguaggio in cui un testo sufficientemente lungo è scritto, ma non dice nulla sul suo contenuto): in altre parole, *siamo finora riusciti a descrivere il linguaggio della mente, ma non ancora a capirlo*.

Un tentativo di scendere (o salire) al livello profondo del linguaggio cosmico è stato fatto da **David Bohm** nel 1980, in *Totalità e ordine implicato* (tradotto nel 1996 come *Universo, mente e materia*).

Il punto di partenza di Bohm è un'analisi degli insegnamenti che si possono trarre sia dalla relatività generale che dalla teoria dei quanti. Entrambe hanno introdotto aspetti globali nella descrizione della realtà, mantenendo però anche caratteristiche locali: più precisamente, nella relatività si considera un unico campo non lineare di cui gli eventi materiali sono discontinuità, ma ci si basa anche in maniera essenziale sulla trasmissione di segnali a velocità non superiori a quella della luce; e nella teoria dei quanti si descrivono connessioni istantanee come nel teorema di Bell, ma si mantiene un'equazione lineare che descrive ancora il comportamento di oggetti (benchè potenziali e non più attuali).

Le difficoltà di unificazione fra le due teorie fisiche del secolo risiede forse

proprio in questa commistione di aspetti globali e locali, che in entrambi i casi ha il sapore di una rivoluzione incompiuta contro la visione metafisica (ancora) dominante: *l'essere di una divisa molteplicità*. In contrapposizione ad essa Bohm propone di passare decisamente all'alternativa del *divenire di una indivisa totalità*, con un esplicito richiamo ad una tradizione che va da Eraclito al Whitehead de *Il processo e la realtà*.

Poichè ogni linguaggio non solo è determinato da un visione del mondo ma a sua volta la determina e tende a nasconderla, il linguaggio ordinario basato sulla struttura soggetto-predicato-complemento è non solo l'effetto della visione frammentata, ma anche la causa del suo perdurare. Il passaggio ad una visione unitaria richiede dunque una revisione linguistica in cui soggetti e complementi (indicanti oggetti) vengano esplicitamente sostituiti da verbi (indicanti azioni). Nella nuova struttura grammaticale, chiamata da Bohm *reomodo* (da *rheo*, "fluire"),¹⁵ frasi come "un fatto è stabilito, o constatato" dovrebbero essere riformulate come "un fare si è stabilizzato, o è divenuto costante", e l'oggetto "verità" dovrebbe essere sostituito dal processo di "verifica", in accordo fra l'altro con l'etimologia delle parole stesse (ad esempio: "fatto" è il risultato di un "fare", e "verificare" un "rendere vero").

Il divenire costante o stabile è appunto il modo mediante il quale dal fluire della totalità indivisa si distaccano momentaneamente strutture, che noi chiamiamo in certe condizioni oggetti e in altre pensieri: dunque *materia e mente sono entrambe astrazioni dal flusso universale*. Si passa così da una visione in cui il tutto è l'interazione delle parti ad una in cui le parti sono astratte dal tutto, mediante la creazione di un *ordine esplicito* frammentario e temporaneo che si forma a partire dall'*ordine implicito* unitario che regola il fluire globale: in termini metaforici, l'ordine esplicito viene visto attraverso una *lente* che permette di separare elementi rilevanti ("messi in rilievo") e autonomi ("auto-descriventisi"), quello implicito mediante un *ologramma* in cui ogni parte rimanda al tutto olonimo.

Come le proprietà sintattiche e semantiche di un messaggio non sono necessariamente in corrispondenza diretta fra loro, così non lo sono le proprietà significative dei due ordini. Bohm fa l'esempio di un contenitore formato da due cilindri concentrici di vetro, e contenente un fluido viscoso come la glicerina: se si fa cadere una goccia di inchiostro insolubile nel fluido essa

¹⁵Si ricordi il *panta rei* (tutto scorre) di Eraclito.

appare come una macchia (ordine esplicito), ma se si ruota uno dei cilindri la macchia scompare uniformemente nel fluido (ordine implicito), salvo ricomparire quando si fa ruotare il cilindro nella direzione opposta. Se si lascia cadere una goccia, si ruota il cilindro, si lascia cadere un'altra goccia, e così via, si ottiene una situazione in cui in ogni momento solo una delle macchie è visibile (ordine esplicito), ma tutte sono presenti contemporaneamente in maniera invisibile (ordine implicito): in particolari condizioni le varie macchie possono anche dare l'illusione di uno o più movimenti continui di qualcosa che non c'è, eventualmente addirittura con apparenti connessioni causali.

Sia l'esistenza di strutture particolari che le loro connessioni al livello dell'ordine esplicito possono dunque non essere significative dal punto di vista più profondo dell'ordine implicito. In particolare, le varie teorie che descrivono l'ordine esplicito sono come visioni prospettiche di uno stesso oggetto (*theoria* significa "visione"): tutte derivano dall'immagine tridimensionale (implicita), ma essa non è riducibile a nessuna delle prospettive (esplicitate). E come i punti di vista determinano le visioni prospettiche, così le teorie determinano quali domande si possono fare e quali risposte si possono ottenere: non ha dunque senso parlare di verità, conoscenza e spiegazione, ad esempio nella forma di approssimazioni successive ad un qualche limite (per non parlare di teorie del tutto), e ci si deve accontentare di adeguatezza, esperienza e comprensione.

Nella terminologia di Schrödinger, Bohm sembra suggerire che *l'ordine esplicito si apprende coscientemente, mentre l'ordine implicito si conosce inconsciamente*: la coscienza ci rende dunque vittime di un'illusione, facendoci concentrare sugli aspetti più superficiali e frammentati della realtà, e distraendoci da quelli più profondi e unitari. Più precisamente, badando solo alle increspature che costituiscono la realtà manifesta (nel senso letterale di "toccabile con mano", cioè tangibile), sia materiale che mentale, perdiamo di vista l'oceano stesso, a cui diamo rispettivamente i nomi di *vuoto* e *inconscio*. In accordo con le moderne teorie sia fisiche che psichiche, questi sarebbero bacini di energia di cui noi percepiamo non l'intensità assoluta ma solo le variazioni. E lo stesso universo potrebbe non essere altro che una gigantesca onda momentanea e fortuita, forse solo una fra tante, il cui rifrangersi noi chiamiamo storia cosmica.

Meditatamente

Le teorie di Bohm sono condivise da **Brian Josephson**, premio Nobel per la fisica nel 1973 per la scoperta dell'effetto tunnel, che ne ha elaborato indipendentemente una versione analoga.

In aggiunta egli ritiene che, come ci sono tre ordini di realtà fisica che possiamo descrivere come classico, quantistico e implicato, così ci sono tre ordini di esperienza soggettiva che si possono descrivere come sensoriale, mentale e trascendentale. La corrispondenza fra i vari ordini non è soltanto metaforica, bensì una vera e propria identità: in particolare, *la mente è l'esperienza del livello quantistico della realtà*, mentre la meditazione (o meglio, l'illuminazione) permette di sperimentare l'ordine implicato.

Josephson nota anzitutto che la fisica avrà poco da dire sulla coscienza, fino a quando si limiterà allo studio di proprietà spazio-temporali: spazio e tempo sono infatti esempi paradigmatici di costrutti mentali. L'immagine che egli offre è quella delle stelle da un lato, e della materia interstellare dall'altro: le proprietà delle condensazioni di materia sono completamente diverse da quelle del medium da cui deriva la condensazione. E la stessa dicotomia si ritrova nell'esempio di Bohm, tra materia e vuoto quantistico.

Se l'oggetto della fisica non è dunque per ora rilevante, il suo metodo è però irrinunciabile: si deve quindi procedere ad un studio diretto della coscienza, ma in maniera sperimentale. E certo la psicologia non è di aiuto, visto che i suoi esperimenti si basano in genere su soggetti alterati e situazioni non riproducibili. Non rimane allora che l'introspezione oggettivata, come la si può trovare negli stati di coscienza pura (*samadhi*): essa è riproducibile in soggetti normali mediante tecniche classiche di meditazione, e genera descrizioni perfettamente coincidenti (da questo punto di vista, non è dunque meno oggettiva degli oggetti concreti). I dati sperimentali sono fra l'altro stati raccolti da una tradizione mistica e letteraria (per la maggior parte orientale) secolare, che sarebbe insensato ignorare. E la più recente tradizione fisica ha ormai abituato a dover considerare anche gli esperimenti più 'oggettivi' come osservazioni introspettive.

Secondo Josephson, la percezione e lo sviluppo delle strutture matematiche e artistiche sarebbe ottenuta combinando fra loro idee e concetti consci, propri dell'ordine esplicito, sullo sfondo dello stato di coscienza pura, che riflette l'ordine implicato. Da questa genesi deriverebbe dunque non solo la rilevanza, ma anche la "irragionevole efficacia" che matematica e arte esi-

biscono rispetto al mondo esterno: esse sarebbero gli intermediari attraverso i quali l'ordine profondo si manifesta nell'ordine superficiale, o la coscienza pura si manifesta nella mente cosciente.

Mediante una opportuna matematizzazione il misticismo sperimentale potrebbe dunque diventare, allo stesso tempo, il fondamento ultimo e la sintesi universale sia della scienza che della religione, in cui Dio verrebbe identificato con l'ordine implicato. E questi sviluppi segnerebbero un ri-congiungimento con l'inizio della filosofia moderna, più precisamente con *La dotta ignoranza* del cardinal Cusano, in cui già si trovano sia la distinzione fra esplicito ed implicato, che un primo abbozzo di teologia matematica.

4 Conclusione

La storia del secolo XX ha testimoniato un paradossale fenomeno di inversione: le scienze umane hanno subito l'onda d'urto del materialismo delle scienze fisiche ottocentesche, divenendo sempre più meccaniciste e riduzioniste; la fisica ha invece subito l'urto dell'onda quantistica, ritrovandosi non deterministica e dualista come le scienze umane dell'ottocento.

Nello spettro che va dall'atomico al culturale, mente e coscienza sono dunque scivolte da un estremo all'altro: eliminate gradualmente dalla storia, dalla sociologia, dalla psicologia e dalla neurofisiologia, esse si ritrovano inaspettatamente oggi nella fisica delle particelle e del cervello.

Non sta a noi decidere se questi sviluppi debbano rallegrare o crucciare: certo non si possono ignorare, a meno di non volerli (in)coscientemente rimuovere. E, come è appropriato concludere in questo frangente, questo è 'quanto'.

Bibliograficamente

- David Bohm:
 - *Wholeness and the implicate order*, 1980 (*Universo, mente e materia*, Rea, 1996).
 - *Unfolding meaning*, 1985.
 - *Thought as a system*, 1994.
- Niels Bohr:
 - *Atomic theory and the description of nature*, 1934.
 - *Essays 1933–1957: on atomic physics and human knowledge*, 1958.
 - *Essays 1958–1962: on atomic physics and human knowledge*, 1963.
- Max Born, *Natural philosophy of cause and chance*, 19??
- Louis de Broglie, *Matter and light*, 19??
- Paul Dirac, *Directions in physics*, 19??
- John Eccles, *Come l'io controlla il suo cervello*, 1994.
- John Eccles e Karl Popper, *The self and its brain*, 1978.
- John Eccles, Brian Josephson, Ilya Prigogine e Roger Sperry, *The reach of the mind*, 1985.
- Werner Heisenberg:
 - *Fisica e filosofia*, 1958 (Saggiatore, 19??).
 - *Philosophical problems in quantum physics*, 1952.
- Brian Josephson e V.S. Ramachandran, *Consciousness and the physical world*, 1980.
- Roger Penrose:
 - *La mente nuova dell'imperatore*, 1989 (Rizzoli, 1992).
 - *Le ombre della mente*, 1995 (Rizzoli, 1996).

- Max Planck, *Where is science going?*, 1933.
- Erwin Schrödinger:
 - *Che cos'è la vita?*, 1944 (Adelphi, 1994).
 - *Mind and matter*, 1958.
 - *La mia visione del mondo*, 1961 (Garzanti, 19??).
- Henry Stapp, *Mind, matter, and quantum mechanics*, 1993.
- John von Neumann, *I fondamenti della meccanica quantistica*, 1932.
- Eugene Wigner, *Symmetries and reflections*, 1967.