

# Opacità del mondo e conoscenza

*Giuseppe Vitiello*

*English title* The world opacity and knowledge

*Abstract* The definitions of opacity and transparency are introduced and the measurement process of interactions in physics is discussed, pointing out that intrinsic opacity regions exist in such a process. The discussion is then extended so to include our relation with the world in which we are embedded and some functional aspects in the brain dynamics, such as the action-perception cycle. It is suggested that the mind activity may find its origin in the fact that brains are open systems.

*Keywords* opacity; knowledge; observables; dissipations; the arrow of time; coherence; cycle action-perception; double; brain; mind.

## 1. Opacità e trasparenza

L'opacità è una proprietà ottica caratterizzante il comportamento di un metallo interagente con la luce.<sup>1,2</sup> L'opacità consiste nell'assorbimento parziale o totale di un fascio di luce o di un'onda elettromagnetica (em)<sup>3</sup> che investe un corpo. Se non c'è assorbimento il corpo è detto trasparente; la luce lo attraversa senza perdita di energia, come

<sup>1</sup> B. Rossi, *Optics*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading (MASS.) 1957, p. 404.

<sup>2</sup> E. Amaldi, *Fisica Generale*, Parte II, Tipo-Litografia Marves, Roma 1962, cap. x, *La luce, Corpi trasparenti e corpi opachi*, p. 497.

<sup>3</sup> La luce è un'onda em; nel seguito, a meno di specifiche particolari, con la parola luce si intende genericamente un'onda em, e vice-versa.

se esso non fosse sul suo cammino, come se fosse *invisibile* alla luce che si propaga. Familiare è l'espedito di apporre un che di *visibile*, cioè opaco, sul vetro di una porta o di una finestra, altrimenti pericolosamente trasparente.

L'opacità e la trasparenza si possono considerare come una *risposta* del corpo all'interazione con la luce, derivante, da un lato, dal comportamento dei suoi componenti elementari e dalle sue proprietà strutturali, dall'altro dall'intensità e dalla frequenza della luce. Si possono avere risposte diverse a diverse intensità e frequenze della luce e a seconda che il corpo presenti, per esempio, una struttura cristallina o amorfa. Opacità e trasparenza non sono quindi proprietà intrinseche dei corpi. Esse descrivono il modo in cui il corpo si "manifesta" quando si usi la luce come strumento di osservazione.

## 2. Opacità intrinseca

Le cose sono in realtà un po' più complesse. Quello che accade è che quando la luce e il corpo "interagiscono" c'è tutta una serie di fenomeni non direttamente osservabili, ma che sono cruciali per il manifestarsi finale dell'opacità o della trasparenza del corpo in questione.

Sebbene, come abbiamo visto, opacità e trasparenza siano associabili all'essere il corpo visibile o, rispettivamente, invisibile a un fascio di luce, esiste un livello dinamico *intrinsecamente* invisibile, diciamo impenetrabile alle nostre osservazioni, a meno di non introdurre interferenze fortemente perturbanti se non addirittura distruttive dei processi dinamici microscopici in atto.<sup>4</sup>

È forse questo livello inaccessibile alla nostra osservazione diretta quello cui possiamo riferirci come a un'*opacità sostanziale* o intrinseca dei fenomeni microscopici.

Un'onda em è caratterizzata da una specifica *frequenza*, cioè dal numero di oscillazioni per secondo del campo elettrico associato all'onda, e dalla *lunghezza d'onda*. Frequenza e lunghezza d'onda sono legate

<sup>4</sup> Non entriamo qui nella discussione del ruolo dell'osservatore nel determinare il risultato dell'osservazione di fenomeni microscopici e quantistici, che esula dagli scopi di questo lavoro.

tra di loro dalla velocità di propagazione dell'onda em che nel vuoto è la velocità della luce. L'onda può essere assorbita in misura maggiore o minore quando si propaga in un corpo.<sup>5, 6</sup>

Consideriamo il caso di un metallo. Il campo elettrico che si propaga con l'onda interagisce con gli elettroni presenti nel metallo generando una corrente elettrica che sottrae energia all'onda dissipandola sotto forma di calore.<sup>7</sup> L'interazione dell'onda con gli elettroni del metallo è tuttavia possibile se e solo se l'elettrone può oscillare con la stessa frequenza dell'onda. Occorre cioè che onda ed elettrone entrino in risonanza. Solo in tal caso l'onda può trascinare l'elettrone con sé nella sua propagazione, generando la corrente elettrica. L'energia che la corrente elettrica sottrae all'onda dipende da vari fattori, per esempio: dallo spessore del metallo, dalla sua conducibilità, temperatura ecc. Di qui l'attenuazione maggiore o minore del passaggio dell'onda (della luce) attraverso il metallo, la maggiore o minore opacità del metallo. Per onde di frequenze molto elevate accade che gli elettroni, per l'inerzia dovuta alla loro massa, piccola ma non nulla, non riescono a seguire le rapide variazioni del campo elettrico, non si genera allora corrente elettrica e non si ha dissipazione dell'energia dell'onda, che passa così attraverso il metallo indisturbata, *non lo vede*.

Nel caso di corpi isolanti, sono gli atomi e le molecole che li compongono, che possono oscillare a frequenze uguali o simili a quelle delle onde che li investono con conseguenti fenomeni di assorbimento o di trasmissione. Tipicamente gli assorbimenti determinano anche il colore delle varie sostanze. Esso è determinato dalle frequenze non assorbite o riflesse (dette anche complementari alle frequenze assorbite), quando queste si trovino nello spettro della luce visibile.

<sup>5</sup> B. Rossi, *Optics*, cit.

<sup>6</sup> E. Amaldi, *Fisica Generale*, cit.

<sup>7</sup> Tale processo di dissipazione va sotto il nome di *effetto Joule*. Siamo certi che il lettore *sa* cosa sia l'effetto Joule. Egli infatti *sa* che la corrente che circola nella resistenza di una stufa elettrica o nel filamento di una lampada a incandescenza (lampade ormai non più usate) genera calore. La lampada, come la stufa, si riscalda ed è bene non toccarla... Questo è l'effetto Joule.

### 3. Osservabili e dinamica

Nel descrivere l'interazione di un'onda em con un corpo, si è accennato al fatto che esiste una regione *opaca*, inaccessibile alla nostra osservazione, pena un'interferenza distruttiva del fenomeno che si vuole osservare. Al fine di individuare aspetti generali che ricorrono in un processo di osservazione è utile considerare la descrizione dell'interazione tra componenti elementari di un sistema, come schematizzato per esempio nella fisica delle particelle elementari<sup>8</sup> e rappresentato in fig. 1, dove si possono distinguere tre regioni. A partire da sinistra, nella regione "in" si possono individuare con opportuni rivelatori le "particelle entranti", di cui si vuole studiare l'interazione. I rivelatori devono essere posti a distanza dalla regione centrale o "dinamica", tale da evitare ogni possibile interferenza con l'interazione di cui si vogliono studiare gli effetti, e anche tale che le particelle entranti possano considerarsi come "libere", "non ancora" interagenti tra di loro, "isolate" le une dalle altre. Tale richiesta è giustificata dal fatto che se vogliamo studiare l'interazione tra la particella A e la particella B dobbiamo essere certi che siano effettivamente A e B le particelle che entrano nella regione di interazione. L'identificazione delle particelle entranti deve essere fatta dunque lontano nello spazio dalla regione dinamica e anche molto tempo prima del tempo in cui avviene la loro interazione. Infine, nella regione "out" si dispongono i rivelatori per individuare ciò che l'interazione ha generato, le "particelle uscenti". Anche questi rivelatori devono essere disposti "lontano" nello spazio e nel tempo dalla regione di interazione, sempre per evitare interferenze con la regione dinamica e per poter ben identificare i prodotti dell'interazione, che devono essere perciò "liberi", "non più" interagenti tra di loro. D'ora in poi le regioni "in" e "out", per il loro essere lontane nello spazio e nel tempo dalla regione di interazione, saranno dette "asintotiche".

<sup>8</sup> Le nostre osservazioni possono darci informazioni anche su interazioni mediate da altre *forze*. Oltre alle interazioni di natura em conosciamo infatti l'interazione gravitazionale, quella *debole* (circa mille volte più debole dell'interazione em), responsabile, per esempio, del processo di decadimento del neutrone e quella *forte* (circa mille volte più forte dell'interazione em) responsabile dell'interazione tra protone e neutrone, particelle di cui è composto il nucleo atomico (in realtà la forza di riferimento è quella tra i quark che sono i costituenti di protoni e neutroni).

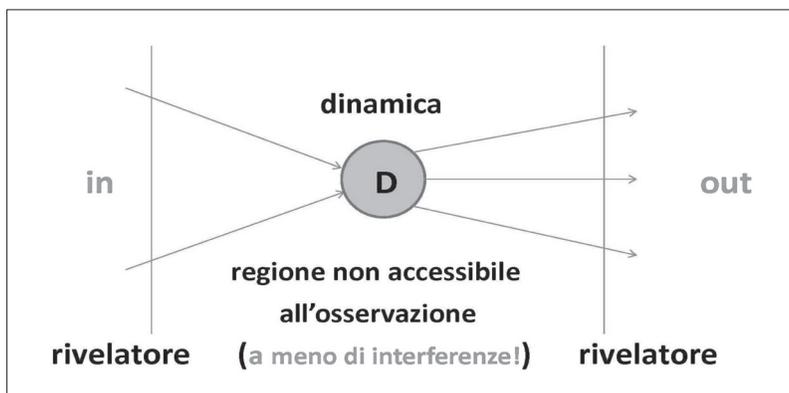


Figura 1

È facile convincersi che questa schematizzazione è effettivamente generalizzabile a molte altre situazioni, anche diverse dal caso delle interazioni tra particelle. Essa ci mostra che ci si muove comunque su due “livelli” di descrizione, quello delle particelle osservabili nelle regioni asintotiche e il livello “dinamico”, inaccessibile alla nostra osservazione. La schematizzazione poggia tuttavia su alcune assunzioni che bisogna esplicitare e discutere, cosa che faremo nel seguito. Qui constatiamo che, tutto sommato, la parte interessante del gioco, la regione dinamica, lì dove ci sono gli “avvenimenti”, resta per noi *invisibile*, intrinsecamente *opaca*. L’accesso è a noi concesso solo nelle regioni asintotiche, dove “le cose” sono da noi rilevate (percepite) come non interagenti. Su quanto avviene nella regione dinamica possiamo solo formulare delle *ipotesi teoriche*. La *credibilità* di queste ipotesi (teoria) è affidata alla loro *verificabilità* nel confronto tra le *predizioni* teoriche, fondate sulle osservazioni nella regione “in” e sui calcoli conformi alla teoria, e le osservazioni nella regione “out”.

#### 4. Il pregiudizio ontologico

La schematizzazione su introdotta gioca un ruolo fondamentale in fisica e in generale in tutti gli studi scientifici e le applicazioni che ne

derivano. Essa è tuttavia molto utile anche nei nostri comportamenti quotidiani, nelle nostre valutazioni, previsioni e decisioni.

Il formalismo matematico di cui disponiamo, detto formalismo canonico, è fondato su di essa. L'assunto, o postulato fondamentale su cui poggia, consiste nel fatto che effettivamente sia possibile "isolare", al fine della loro identificazione, ciascuna delle particelle entranti e uscenti (qui e nel seguito si continuerà a chiamare "particella" l'entità o il sistema oggetto del nostro interesse). Come già osservato, questo richiede che siano tra di loro "non interagenti". In altri termini si assume che sia possibile "spegnere" la loro interazione nelle regioni asintotiche e "accenderla" nella regione dinamica. In realtà si tratta di un doppio postulato, in quanto si assume anche che le particelle possano avere una loro esistenza, indipendente da e in assenza di ogni possibile interazione: vale a dire possono essere "esistenti di per sé".

Come vedremo nel seguito, questo postulato si fonda tuttavia solo su un nostro *pregiudizio*, che chiameremo *pregiudizio ontologico*. Ovviamente noi *abbiamo bisogno*, per una questione di stabilità psichica, di credere che la nostra stessa identità sia indipendente dalla nostra interazione con il mondo e con gli altri. Noi *vogliamo* credere che restiamo noi stessi quand'anche il mondo e gli altri non esistessero. Estendiamo quindi questa nostra *credenza* a quanto ci circonda, agli altri, a tutte le cose, al mondo, che risulta quindi costituito da un insieme di "identità" sciolte tra di loro, "libere" da ogni vincolo di interazione reciproca; si assume allora che si sia in grado di "scegliere" e "dosare" le interazioni con il mondo; in pratica, ci si ritrova in una costante lotta per tagliare vincoli non graditi, non voluti, per allontanare presenze di cui crediamo di poter fare a meno.

Nel seguito saranno discussi i limiti di reale applicabilità di questo doppio postulato. Qui osserviamo che la possibilità, in molti casi effettiva ed efficace, di dosare o graduare le forze, permette di considerare l'insorgere di una forza, precedentemente "spenta" nella regione asintotica "in", come *perturbazione* allo stato non interagente. È possibile allora pensare alla transizione dallo stato non interagente a quello in cui l'interazione è "completamente accesa" (nella regione dinamica, Fig. 1) come a una successione di perturbazioni crescenti cui lo stato libero della particella è via via assoggettato. L'apparato matematico che descrive un tale processo prende il nome di teoria delle perturbazioni e la fisica cor-

rispondente è detta fisica perturbativa. Il potere di calcolo e la capacità predittiva che offre un simile approccio si è dimostrato enorme. Basta poco a convincersi che anche nelle nostre attività quotidiane procediamo secondo questo *schema perturbativo*, attribuendo a forze deboli (piccole perturbazioni) effetti deboli (o trascurabili per forze trascurabili).

### *5. La visione ingenua del mondo*

Lo schema perturbativo discusso fin qui non è l'unica possibilità che ci si offre. Esiste tutta una serie di sistemi, il cui studio ha dato origine alla fisica dei sistemi dinamici nonlineari, in cui si osserva che non necessariamente a forze deboli corrispondono effetti deboli. Vi sono infatti numerosi esempi, in fisica come in biologia, in chimica, ecc., in cui accade il contrario di quanto accade nello schema perturbativo, e cioè a interazioni deboli, o come si dice, ad accoppiamenti deboli, corrispondono effetti notevoli o addirittura catastrofici. La nonlinearietà tipica nella matematica che descrive tali fenomeni consiste nel fatto che il sistema interagisce con sé stesso (auto-interagisce) o con altri sistemi dando luogo a incrementi delle ampiezze nelle funzioni che descrivono il fenomeno dell'interazione altrimenti non ottenibili in dinamiche lineari. Volendo banalizzarlo, in queste sono possibili incrementi dovuti a "sovrapposizioni" o somme, in quelle nonlineari gli incrementi sono dovuti a "prodotti". Da un punto di vista tecnico, le soluzioni nonlineari dipendono dall'intensità di interazione, misurata dalla quantità, diciamo  $\lambda$ , detta costante di accoppiamento, come una potenza positiva di  $1/\lambda$  e quindi  $\lambda$  non può mai essere uguale a zero. Questo significa che non è mai possibile eliminare, "spegnere" l'interazione (cosa che accadrebbe ponendo  $\lambda = 0$ ), cioè non è mai possibile avere oggetti (particelle) liberi, sottratti a ogni interazione. In tali casi, le regioni asintotiche "in" e "out" in fig. 1 semplicemente non esistono. Esiste unicamente la regione dinamica. L'approccio perturbativo perde di significato e lascia posto alla fisica *non-perturbativa*. La visione di un mondo fatto di parti, entità isolate le une dalle altre, esistenti di per sé, che possono o non possono entrare in interazione reciproca non è giustificabile in un mondo di fenomeni non-lineari. Una tale visione ap-

pare essere la *visione ingenua del mondo*.<sup>9</sup> Un tale convincimento viene rafforzato dalla scoperta delle teorie quantistiche nelle quali un ruolo cruciale è giocato dalle fluttuazioni quantistiche dello stato di energia minima del sistema, detto vuoto. Tali fluttuazioni e le interazioni del sistema quantistico con esse non possono essere mai eliminate. Paradigmatico diventa l'esempio dei quark, i componenti elementari di tutte le particelle a noi note. I quark sono permanentemente *confinati* nelle particelle di cui sono i componenti. Non esistono quark liberi, non è possibile spegnere l'interazione che li lega. In questo senso, si può dire che i quark non sono pre-esistenti alla loro interazione. Non sono essi i "soggetti", la fonte dell'interazione. Anzi è l'interazione che "definisce" gli interagenti, non il contrario.<sup>10</sup>

Dato il carattere *fondamentale* del mondo quantistico, nel senso che da esso emerge e su di esso è costruito l'intero mondo dei fenomeni naturali, microscopici e macroscopici, risulta allora che la visione non-perturbativa è quella valida a livello fondamentale e l'approccio perturbativo appare essere solo *di comodo* ai fini di rendere più semplici i calcoli dell'apparato matematico.

Il panorama che allora ci si prospetta è quello di sistemi per i quali l'interazione con altri sistemi è ineliminabile, sistemi *aperti* sul mondo in cui sono immersi.

## 6. Sistemi aperti e sistemi chiusi

Un sistema aperto è in continuo scambio di energia, materia, quantità di moto ecc., col mondo in cui è immerso. I sistemi aperti sono perciò anche detti sistemi dissipativi. Il mondo o ambiente, ha il ruolo di "serbatoio" per il sistema. In esso il sistema trova la sorgente di energia cui attingere, se di energia ha bisogno nella sua evoluzione, e il deposito in cui versare l'energia di cui debba disfarsi.

<sup>9</sup> E. Cassirer, *Storia della filosofia moderna* (1906, 1907, 1920, 1950), trad. it., Il Saggiatore, Milano 1968, vol. 3, p. 21.

<sup>10</sup> È un po' come per il teatro e le novelle: è la trama dello spettacolo o della novella che definisce i personaggi. In assenza di trama non esistono personaggi.

D'altra parte, il formalismo matematico, detto *canonico*, in cui sono formulate le teorie di cui disponiamo attualmente, è in realtà limitato a sistemi *chiusi*, quelli che possono essere considerati come isolati, sottratti a ogni interazione con altri corpi e sistemi.

Denotiamo genericamente con  $A$  le variabili (o gradi di libertà) che descrivono il nostro sistema aperto e con  $\tilde{A}$  i gradi di libertà dell'ambiente in cui esso è immerso. Da quanto detto sui limiti del formalismo canonico, è allora impossibile studiare il sistema aperto  $A$ , cui siamo interessati, senza considerare al tempo stesso il suo ambiente  $\tilde{A}$ , in modo tale che *il tutto*,  $A$  e  $\tilde{A}$ , costituisca un sistema chiuso, cui poter quindi applicare il formalismo di cui disponiamo. Dal punto di vista del bilanciamento dei flussi, per esempio di energia, tra il sistema  $A$  e il suo ambiente, quest'ultimo può essere considerato nel suo complesso come un sistema che riceve da  $\tilde{A}$ , quanto da  $A$  esce, e cede ad  $A$  quanto  $A$  riceve: "out" per  $A$  è "in" per  $\tilde{A}$ , e vice-versa, "in" per  $A$  è "out" per  $\tilde{A}$ . In termini formali questo "scambio" in  $\leftrightarrow$  out è descritto invertendo il segno del tempo nella descrizione di  $\tilde{A}$ , che allora risulta essere l'immagine "invertita nel tempo", o se si vuole l'immagine nello "specchio del tempo" del sistema  $A$ .<sup>11,12</sup> Poiché  $\tilde{A}$  rappresenta l'ambiente che bilancia i flussi per il sistema  $A$  (cioè relativamente al sistema  $A$ , o "dal punto di vista" del sistema  $A$ ), esso è detto il *Doppio*<sup>13</sup> di  $A$ . Dal punto di vista matematico, tutto questo si realizza con il formalismo algebrico<sup>4</sup> che "raddoppia i gradi di libertà":  $A \rightarrow \{A, \tilde{A}\}$ . Lo stato del sistema  $\{A, \tilde{A}\}$  risulta essere uno stato coerente in cui  $A$  e  $\tilde{A}$  sono legati l'uno all'altro (*entanglement*).

Come accade per la fisica dei quark, la bontà predittiva dell'apparato teorico che descrive la loro interazione, può essere verificata solo dal comportamento collettivo del sistema  $A\tilde{A}$ , cioè, nel caso dei quark, della particella di cui essi sono i componenti elementari. Come già detto, non è dato osservare quark "liberi".

<sup>11</sup> E. Celeghini, M. Rasetti, G. Vitiello, "Quantum dissipation", in «Annals of Phys.», 215, 1992, pp. 156-170.

<sup>12</sup> G. Vitiello, "Dissipation and memory capacity in the quantum brain model", in «Int. J. Mod. Phys.» B9, 1995, pp. 973-989.

<sup>13</sup> G. Vitiello, *My Double unveiled*, John Benjamins Publ. Co., Amsterdam 2001.

## 7. La freccia del tempo

Per considerare il ruolo del tempo, osserviamo che per i sistemi chiusi, contrariamente a quanto avviene per i sistemi aperti, l'energia del sistema è una quantità conservata. Non esistono infatti perdite o guadagni di energia per il sistema, che altrimenti non sarebbe chiuso. Nel formalismo canonico la conservazione dell'energia è derivabile, secondo il teorema di Noether, dalla simmetria della dinamica sotto trasformazioni che traslano di una costante  $c$  la variabile tempo:  $t \rightarrow \tau = t + c$ . In altri termini, le equazioni che descrivono l'evoluzione del sistema non cambiano il loro aspetto formale (la loro forma) quando la posizione dell'origine sull'asse della variabile tempo viene spostata di una quantità costante. L'operazione è simile a quanto avviene regolando gli orologi di un'ora in avanti o indietro, quando si introduce l'ora legale o si torna a quella solare. Nel caso di sistemi chiusi, la posizione esatta dell'origine sull'asse del tempo non ha quindi un valore sostanziale. Essa può essere spostata a piacimento. Il tempo non ha un valore assoluto, solo gli intervalli di tempo sono importanti perché restano immutati sotto traslazione dell'origine dell'asse temporale:  $\tau - \tau' = (t + c) - (t' + c) = t + c - t' - c = t - t'$ . Non esiste nozione di presente, nozione di "ora", "in questo momento", né nozione di passato o di futuro. L'uno può fluire nell'altro senza cambiamenti osservabili nel sistema. Non ci sono quindi orologi da sincronizzare, né esiste una "direzione del tempo" univoca dal momento che l'origine del tempo può essere spostata anche "all'indietro". Non c'è *storia*, né inizio, né fine. Il fluire del tempo distrugge ogni origine che fittiziamente possa essere assegnata sul suo asse. È come se... Kronos avesse mangiato i suoi figli...<sup>14</sup>

Tutto cambia per i sistemi aperti. Per questi, la dissipazione implica che l'energia non si conservi e non può accadere che ci sia simmetria sotto traslazione spaziale. In tal caso, per il teorema di Noether, avremmo conservazione dell'energia, il che non accade. Abbiamo dunque che l'origine sull'asse temporale è fissata, non traslabile a piacere. Essa segna, ricorda la "nascita" del nostro sistema che non può essere modifi-

<sup>14</sup> G. Vitiello, "...and Kronos ate his sons", in I. Licata (a cura di), *Quantum physics and spacetime dynamics beyond peaceful coexistence*, Imperial College Press, London 2016 in corso di stampa.

cata. La memoria diventa possibile, acquista un senso. Il sistema dissipativo ha una storia, invecchia e ha un tempo di vita. Ha bisogno del suo Doppio con cui scambiare energia. Non ci sono orologi arbitrari. Il Doppio è il suo orologio che tiene il conto del tempo, misura il tempo che passa. La direzione del tempo non è invertibile, esiste la *freccia del tempo*. “È la vendetta dei figli di Kronos”.<sup>15, 16</sup>

### 8. Il ciclo azione-percezione

Siamo partiti da semplici considerazioni sulla definizione dell'opacità nei metalli e negli isolanti e via via la discussione si è allargata fino a riconoscere “regioni di opacità” negli aspetti strutturali delle interazioni che si studiano in fisica, estendibili fino a includere aspetti della nostra relazione con il mondo che ci circonda. Una tale possibilità nasce dal fatto che l'attività funzionale del cervello, che è un sistema aperto, nel suo relazionarsi al mondo, è caratterizzata dal *ciclo azione-percezione*.<sup>17, 18</sup>

Il cervello può essere considerato come un sistema che cerca di collocarsi nell'ambiente in cui è inserito formulando ipotesi e sottoponendole a verifica con azioni intenzionali attraverso tentativi-ed-errori (*trial-and-error*), in un processo di costruzione di conoscenza.<sup>19</sup> Gli stimoli cui il cervello è sottoposto attraverso i canali percettivi, vengono inquadrati nell'ambito delle esperienze percettive acquisite in precedenza e in tale processo le informazioni diventano “significati”. Ogni nuova percezione in tal modo non è semplicemente “aggiunta” all'esperienza percettiva già acquisita, come accade per una nuova “voce” ag-

<sup>15</sup> *Ibidem*.

<sup>16</sup> G. Vitiello, “Il meccanismo di Higgs e la freccia del tempo”, in «Rivista di Filosofia Neo-Scolastica», 2016 in corso di stampa.

<sup>17</sup> W. J. Freeman, *Mass Action in the Nervous System*, Academic Press, New York 1975

<sup>18</sup> M. Merleau-Ponty, *The Structure of Behavior*, trad. ingl. Beacon, Boston 1942/1963.

<sup>19</sup> G. Vitiello, “Essere nel mondo: Io e il mio Doppio”, in «Atque», 5, 2008, pp. 155-176.

giunta a un elenco di voci già compilato, per esempio, per un dizionario. Nel caso del cervello, ogni nuova percezione modifica l'intero paesaggio dei significati formatisi fino ad allora. La memoria non è memoria di informazioni, ma memoria di significati.

Essendo un sistema aperto, si estendono al cervello le considerazioni sul Doppio svolte nelle sezioni precedenti. Risulta allora che il cervello (il *self*) e il suo Doppio sono indissolubilmente legati l'uno all'altro, l'uno aperto sull'altro. La loro relazione è dinamica, opaca per un osservatore esterno, mai direttamente accessibile. L'atto di coscienza consiste probabilmente nel dialogo tra il *self* e il suo Doppio,<sup>20, 21, 22</sup> tutto interno a questo rapporto, sempre nuovo nel suo essere dinamico. L'atto di coscienza è così un'esperienza "*first person*" (di prima persona), inaccessibile, come nello schema discusso nelle Sezioni precedenti, a ogni osservazione di una "terza persona", sebbene coinvolgente l'ambiente in cui il *self* è immerso. Questo fatto appare problematico ed è fonte di lunghi dibattiti se inquadrato nella metodologia per lo studio dei sistemi chiusi, dove ogni esperienza o fenomeno deve essere accessibile a ogni osservatore indipendentemente dalla sua localizzazione spaziale e temporale.

Tali difficoltà sono invece superate se si inquadra il fenomeno della coscienza nel contesto dei sistemi aperti, per i quali, come si è discusso più sopra, il tempo gioca un ruolo privilegiato e "regioni opache" all'osservazione sono caratteristiche della fenomenologia dei sistemi aperti (dissipativi).

### 9. Cervello e mente

Le "ipotesi" formulate dal cervello nel ciclo azione-percezione, sono dovute al Doppio, cioè alla visione "anticipatrice" che il cervello si fa del mondo, e che determinano in "retro-azione" ("dal futuro", anticipando situazioni che nel futuro possono verificarsi) l'attività dei cen-

<sup>20</sup> G. Vitiello, "Dissipation and memory capacity in the quantum brain model", cit.

<sup>21</sup> G. Vitiello, *My Double unveiled*, cit.

<sup>22</sup> F. Desideri, *La percezione riflessa*, Raffaello Cortina Editore, Milano 2011.

tri motori del cervello e le conseguenti azioni che il corpo intraprende. Questo è quanto comunemente accade nel costante controllo che abbiamo nei nostri comportamenti; si pensi per esempio alla guida di un autoveicolo che richiede infatti una capacità di “pre-visione” di quanto accadrà sulla strada che percorriamo.

È dunque il Doppio che formula le ipotesi. Queste non appartengono al bagaglio delle memorie, ma all’immaginazione (visione) che proietta all’indietro nel tempo (“nel passato” rispetto all’evento previsto) quanto “sta per accadere” e su tale base il cervello esplica il suo controllo sulle azioni da intraprendere. È questa “la mente”.<sup>23</sup>

Nello studio delle neuroscienze esiste il problema della comprensione dell’“attività mentale” che non è attività attribuibile in modo semplice all’attività dei neuroni. Esistono infatti diverse linee di pensiero. Esiste per esempio una visione “dualista” che postula un doppio livello, quello della materia, fisico o strettamente neuronale, e quello sciolto o separato dal livello fisico, ideale, cui apparterrebbe l’attività mentale, in tal senso meta-fisica. Quello strettamente idealista, in cui l’attività neuronale sarebbe “derivata”, non indipendente, condizionata dalla “mente”. Quello unicista, in cui non c’è dualismo, ma nemmeno è possibile distinguere tra attività mentale e attività neuronale. C’è poi uno spettro fine di distinzioni all’interno di ciascuna posizione. L’ipotesi che si avanza in Freeman e Vitiello,<sup>24</sup> è invece diversa. Essa si fonda su un’analisi radicata nello studio del cervello come sistema fisico in tutta la sua complessità derivante dai suoi componenti cellulari e biochimici, caratterizzato tuttavia dall’essere un sistema aperto, dissipativo, il cui studio richiede l’adozione della strategia per i sistemi aperti, come esposto nelle Sezioni precedenti, e quindi l’introduzione del Doppio come esigenza dettata dalla fisica e dalla matematica.

Nel modello dissipativo quantistico del cervello, che ne deriva, l’ambiente in cui il cervello è immerso costituisce il serbatoio dove fluisce e da cui deriva l’energia scambiata con il cervello. È per tale ineludibile “esigenza di scambio” che il cervello costruisce, parten-

<sup>23</sup> W.J. Freeman, G. Vitiello, “Matter and Mind are entangled in two streams of images that guide behavior and inform the subject through awareness”, in «Mind and Matter», 2016 in corso di stampa.

<sup>24</sup> *Ibidem*.

do dalla percezione, la sua più adeguata (al fine di tale scambio) visione del mondo, il suo Doppio. È quindi al Doppio che è delegata l'immaginazione di quanto accadrà nel mondo sulla cui base l'azione deve essere programmata. L'azione è del cervello; la previsione, legata alla percezione, è del Doppio. Il Doppio è la mente, inscindibilmente legata al cervello, sebbene da esso funzionalmente distinguibile.

La possibilità dell'attività di retro-azione è osservabile in laboratorio nella formazione di dominî (o assemblee, nel gergo delle neuroscienze) di neuroni oscillanti all'unisono, modulati in ampiezza e coerenti in fase. La formazione di questi dominî si propaga non solo a partire da un vertice, come di coni in espansione, ma anche come coni che si contraggono, convergenti a un vertice. Nel modello dissipativo questi coni sono descritti da soluzioni divergenti e convergenti, formalmente in avanti nel tempo e indietro nel tempo (*time-reversal*). Le osservazioni di laboratorio danno al Doppio una consistenza strutturale a livello neuronale.<sup>25, 26, 27</sup>

La possibilità offerta dal modello dissipativo di descrivere la dinamica dei processi che legano l'attività della massa corticale dei neuroni (*neuropil*) con l'attività mentale, il dialogo tra il *self* e il Doppio, fa intravedere una possibile soluzione al problema di riempire il *gap* tra l'attività strettamente neuronale e la "qualità" dell'esperienza soggettiva mentale (*qualia*), "the hard problem of consciousness".<sup>28</sup>

Sono dunque questi i processi alla base della costruzione della conoscenza, sostenuti interamente dall'esperienza percettiva, dalla formulazione di ipotesi attraverso un'attività tipicamente mentale (immaginazione intenzionale), che, sebbene sciolta dal mondo, si fonda sulla percezione per modellare "intenzionalmente" il mondo (percezione

<sup>25</sup> W.J. Freeman, G. Vitiello, "Matter and Mind are entangled in two streams of images that guide behavior and inform the Subject through awareness", cit.

<sup>26</sup> W.J. Freeman, G. Vitiello, "Vortices in brain waves" in « Int. J. Mod. Phys. » 24, 2010, pp. 3269-3295.

<sup>27</sup> W.J. Freeman, R. Livi, M. Obinata, G. Vitiello, "Cortical phase transitions, nonequilibrium thermodynamics and the time-dependent Ginzburg-Landau equation", in « Int. J. Mod. Phys. », 26, 2012, 1250035 (29 pagine).

<sup>28</sup> H. Atmanspacher, "Quantum approaches to consciousness", in Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2015 <http://plato.stanford.edu/entries/qt-consciousness/>.

intenzionale), e infine dalla verifica “nei fatti” delle ipotesi attraverso l’“azione” che rende percettibile la sequenza temporale (*freccia del tempo*) e simultaneamente la sequenza causale. Questa, ulteriormente verificata, porta alla credibilità della visione stessa del mondo (del Doppio e delle sue ipotesi).

La conoscenza così costruita diventa strumento di accesso al mondo che ci circonda, gli dà significato, sottrae spazio all’opacità che ci separa da esso.

*Riassunto* Partendo dalle definizioni di opacità e trasparenza, si discutono aspetti strutturali dei processi con cui si osservano le interazioni in fisica evidenziando l'esistenza di regioni di opacità intrinseca. Si estendono tali considerazioni ad aspetti della nostra relazione con il mondo che ci circonda e all'analisi di aspetti funzionali della dinamica cerebrale relativi al ciclo di azione-percezione. Si suggerisce che l'attività mentale sia intrinsecamente legata alla caratteristica del cervello di essere un sistema aperto.

*Parole chiave* opacità; conoscenza; osservabili; dissipazione; freccia del tempo; coerenza; ciclo azione-percezione; Doppio; cervello; mente.

*Giuseppe Vitiello* È professore ordinario di Fisica teorica presso l'Università di Salerno, Dipartimento di Fisica "E.R. Caianello" e associato all'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. Svolge attività di ricerca nella fisica delle particelle elementari e nella fisica dei sistemi biologici e del cervello. È autore di circa centosettanta pubblicazioni su riviste scientifiche specialistiche, di una trentina di capitoli in volumi monografici e di ottanta rendiconti di conferenze internazionali, coautore dei testi *Quantum Field Theory and its macroscopic manifestations* (Londra 2011), e *Quantum Mechanics* (Napoli 1985, tradotto in giapponese nel 2005), e autore del volume *My Double unveiled* (Amsterdam 2001), sul modello dissipativo quantistico del cervello. Ha curato con Gordon G. Globus e Karl H. Pribram la pubblicazione del volume *Brain and Being. At the boundary between science, philosophy, language and arts* (Amsterdam 2004). Collabora dal 2009 con Luc Montagnier, Premio Nobel 2008, UNESCO, Parigi, in ricerche sulle proprietà elettromagnetiche del DNA di virus e batteri.