

Soggettività, oggettività e fisica quantistica

ALDO STELLA^A, TIZIANO CANTALUPI^B, MANUELA FANTINELLI^C

^A Dipartimento di Culture Compare, Università per Stranieri di Perugia; Dipartimento di Psicologia, Università "La Sapienza" di Roma.

^B Gruppo di Ottica e Informazione Quantistica, Università di Camerino.

^C Facoltà di Medicina, Università di Bologna.

ABSTRACT

In questo lavoro si riflette sul tema della realtà oggettiva e, in particolare, sulle forme mediante cui la fisica quantistica intende determinare tale realtà. Dette forme risultano necessariamente segnate da un limite, rappresentato dal fatto che si finisce per determinare ciò che, almeno implicitamente, è stato postulato come indeterminabile. Da un certo punto di vista, ciò configura una contraddizione; da un altro punto di vista, risulta un approdo inevitabile. Chi è animato dall'intenzione di cogliere la realtà autentica, cioè la realtà oggettiva, non può evitare di dare alla propria ricerca forme determinate, ma deve mantenere viva la consapevolezza che tali forme finiscono per condizionare quella realtà, che invece è richiesta come condizionante e, dunque, come emergente oltre ogni condizionamento.

INTRODUZIONE

La presente ricerca si configura come una riflessione teoretica sul concetto di "realtà oggettiva". Tale riflessione, tuttavia, non intende disporsi esclusivamente sul terreno della speculazione pura, come molte indagini che hanno caratterizzato e tuttora caratterizzano la filosofia teoretica, bensì intende misurarsi con le forme più raffinate mediante cui la scienza descrive tale realtà.

Per questa ragione, essa prende le mosse proprio dalla fisica teorica e, in particolare, dalla fisica dei quanti, della quale descrive alcuni punti di arrivo, per sottometerli ad adeguata riflessione e tematizzazione. L'obiettivo è mostrare che le "determinazioni" della *realtà oggettiva*, e in particolare quelle fornite dalla fisica dei quanti, risultano necessariamente segnate da un *limite*, rappresentato dal fatto che si finisce per determinare ciò che, almeno implicitamente, è stato *postulato come indeterminabile*.

Ciò configura indubbiamente una contraddizione, ma

una contraddizione che cercheremo di dimostrare come "inevitabile". La sua inevitabilità è data dal fatto che il conoscere, da un lato, è animato dall'*intenzione* di cogliere la realtà autentica, cioè la realtà oggettiva; se non che, da un altro lato, esso non può evitare di esprimersi in forme determinate (un conoscere indeterminato non è un conoscere affatto), con la conseguenza che la determinatezza delle forme proprie del conoscere finisce per condizionare quella realtà, che invece è richiesta come *condizionante* e, dunque, come emergente oltre ogni condizionamento.

IL CONCETTO DI "SOVRAPPOSIZIONE DEGLI STATI" IN MECCANICA QUANTISTICA

Il problema fondamentale che si incontra in meccanica quantistica (Landau, & Lifshitz, 1981) è sostanzialmente legato ai processi di misurazione. Ogni tentativo di estrarre informazioni sullo stato di un sistema fisico va incontro a delle difficoltà legate principalmente all'intervento degli apparati strumentali usati che modificano in maniera significativa il sistema fisico osservato. Se nella fisica classica il problema dell'influenza dello strumento sulla grandezza che viene misurata in genere non si pone (ad esempio, l'osservazione al telescopio della posizione della luna non produce alterazioni apprezzabili sullo stato di questo corpo e lo strumento può essere considerato esterno alle elaborazioni teoriche nell'ambito delle quali viene utilizzato), di contro già con l'elettromagnetismo il concetto di "misura ideale" comincia a mostrare, per così dire, i primi segni di crisi, dal momento che la misurazione delle grandezze elettriche fondamentali, che viene realizzata attraverso l'*ordinaria* strumentazione elettromagnetica, perturba lo *status* fisico che viene misurato.

Tuttavia, è con la fisica dei quanti e con il *principio di indeterminazione* di Heisenberg (1929) che il problema legato alle misurazioni si pone in tutta la sua forza (Boffi, 1990). Ciò è da ricondurre al fatto che, nella fisica non

quantistica, la perturbazione indotta dallo strumento può essere, almeno in linea di principio, resa arbitrariamente piccola fino a diventare praticamente irrilevante, mediante la costruzione di apparecchi sofisticati e adeguati (si pensi, ad esempio, a tutti quegli strumenti basati sui principi caratterizzanti gli elettrometri assoluti di Kelvin). L'esistenza del quanto d'azione di Planck, invece, introduce nella fisica che si occupa di particelle elementari un punto di vista totalmente nuovo nei riguardi della descrizione del processo di misura: ogni interazione tra un micro-oggetto M e uno strumento D non è più riducibile ad una registrazione da parte di D del valore della grandezza misurata su M , ma comporta un'importante modificazione anche del sistema M . Tale modificazione non è eliminabile né praticamente né concettualmente e questa è una delle conclusioni cui perviene il *principio di indeterminazione*.

In effetti, il problema nasce dal fatto che per acquisire informazioni circa le proprietà di un micro-oggetto non si può non perturbarlo e questa perturbazione non può essere resa arbitrariamente piccola, ma deve avere la costante di Planck come valore minimo. In pratica, come indica il *principio di indeterminazione*, ogni interazione tra apparecchiatura di misura e particella elementare osservata deve comportare sempre la cessione di una certa quantità di moto su una certa distanza spaziale o scambio di energia per un certo tempo.

La situazione si complica ulteriormente quando ci si affida completamente al formalismo quantistico, il quale trova espressione nella coesistenza di due differenti modalità di evoluzione della funzione d'onda che, come è noto, viene sempre associata allo stato di un qualsiasi sistema quantistico. Da un lato, infatti, si ha l'equazione di Schrödinger (1928), che regola in modo rigorosamente deterministico l'evoluzione temporale dei sistemi fisici osservati; dall'altro, si ha la descrizione probabilistica della stessa evoluzione temporale che viene data da Born (1927; 1969) e che condiziona il tipo di misurazioni effettuate per determinate proprietà dei sistemi fisici osservati.

Il ricorso a entrambe queste modalità di descrizione, l'una deterministica e l'altra probabilistica, è inevitabile. E si tratta della stessa inevitabilità che si incontra allorché si intende determinare l'evoluzione di un microsistema (Gudder, 1988). Il probabilismo borniano – questo è ciò che intendiamo dire – nasce sostanzialmente dal comportamento ondulatorio-corpuscolare della materia (Boffi, & D'Anna, 1999), e dal fatto che tale comportamento non consente di formulare previsioni univoche e certe circa l'evoluzione dei microsistemi.

Se, dunque, l'equazione d'onda di Schrödinger ci dice che una particella può occupare tutte le possibili posizioni all'interno dell'onda associata, allora ne consegue che la particella non ha più una localizzazione ed una traiettoria definite: la mancanza di queste "condizioni" non consente più di formulare previsioni precise circa il suo comportamento futuro.

La meccanica classica ammette che sia possibile com-

piere previsioni deterministiche solo nel caso in cui siano disponibili informazioni contemporanee dei valori delle coordinate canoniche (posizione, quantità di moto) dell'oggetto in esame in un dato istante. Il probabilismo evidenziato da Born (unitamente all'indeterminismo insito nei principi formulati da Heisenberg), di contro, mette in risalto l'impossibilità di conoscere con precisione le coordinate canoniche di partenza di qualsiasi micro-ente e dunque preclude la possibilità di eseguire previsioni certe circa il futuro comportamento di ogni micro-oggetto, nonché di tutti gli "oggetti" che interagiscono con esso.

L'interpretazione probabilistica dell'equazione di Schrödinger data da Born costituisce, dunque, un aspetto peculiare e fondamentale della teoria quantistica, poiché con essa le leggi rigidamente deterministiche della meccanica classica vengono sostituite da leggi probabilistiche.

Un ulteriore aspetto peculiare, a dire il vero forse il più peculiare che caratterizza la meccanica quantistica, è costituito dalla *sovrapposizione degli stati*. L'espressione "sovrapposizione degli stati" è stata coniata fra le altre cose per descrivere il comportamento duale della materia. Come accennato in precedenza, la materia manifesta una duplice natura: ondulatoria e corpuscolare.

Il problema è che queste due caratteristiche della realtà fisica sono antitetiche per definizione, dal momento che un'onda è qualcosa che occupa un certo volume, laddove una particella è qualcosa di "concentrato" nello spazio. Ebbene, nel paradigma quantistico tali caratteristiche, ancorché antitetiche, devono coesistere, così che lo *status* che le ingloba non può non venire configurato come la conciliazione di due stati inconciliabili, in quanto fa coesistere due caratteristiche che si escludono reciprocamente. Precisamente per questa ragione si è parlato di "stato sovrapposto": la materia è uno *status* fatto di sovrapposizioni: nella fattispecie, sovrapposizioni di stati ondulatori e corpuscolari.

Con questa ulteriore precisazione, di fondamentale importanza: solo il tipo di misurazione che viene scelta dallo sperimentatore determina la *forma* in cui la materia viene *rilevata* e cioè se essa compare come un ente con carattere ondulatorio oppure con carattere corpuscolare. Che è come dire: solo la misurazione produce la *riduzione della funzione d'onda*. Prima della misurazione, insomma, la "realtà" risulta indistinta, sovrapposta, e solo in seguito ad un atto di misura essa assume caratteristiche definite: onda o corpuscolo.

IL POSTULATO DI UNA REALTÀ OGGETTIVA

Come si evince da quanto affermato alla fine del precedente paragrafo, il tema concernente il concetto di "realtà" si impone come centrale. Ciò non può destare meraviglia: ogni ricerca scientifica è mossa dall'intenzione di cogliere la realtà. Il problema più rilevante, non di meno, è stabilire quando la realtà è stata *effettivamente* colta, ossia quando si è pervenuti alla cosiddetta "realtà oggettiva".

Con tale espressione, infatti, si intende indicare la realtà nel suo *essere*, e non nel suo *apparire*. Come è noto, già il pensiero greco pone la distinzione tra “apparire” ed “essere”: un conto è cogliere il fenomeno che configura la realtà “per noi” (*pros emas, quoad nos*); altro conto è cogliere l’essere delle cose, cioè la realtà “in sé” (*kata physin, in se*), cioè la realtà oggettiva. Conoscere, a rigore, significa essere mossi dall’intenzione di cogliere l’autentica realtà, dunque la realtà oggettiva, andando oltre la realtà che appare.

Non è un caso che lo stesso Francesco Bacone affermava che, per cogliere l’autentica realtà, la realtà oggettiva appunto, lo scienziato si deve liberare di tutti i suoi presupposti (pregiudizi, anticipazioni, *idola*).

Solo dopo questa *expurgatio intellectus* – indicata nel *Novum Organum* (1620) – sarà possibile accogliere la realtà come è in sé, senza alterarla, cioè senza nulla aggiungere e nulla togliere ad essa. Che è come dire: senza che l’importo soggettivo ne pregiudichi l’oggettività.

Se non che, il problema concerne proprio la possibilità di effettuare questa eliminazione di tutte le anticipazioni, che consenta di accogliere la realtà per come essa è in sé, cioè di restituirla nel suo essere autentico, senza alterarla nell’accoglierla. E che sia un problema lo aveva già intuito anche un realista come Tommaso d’Aquino, il quale, soffermandosi sul processo del ricevere le forme provenienti dal mondo esterno, aveva evidenziato che l’accogliere la realtà può venire definito un “recepire”. Tuttavia, il *receptum*, cioè il *receptum*, è *receptum* – questa la grande intuizione di Tommaso, che compare nel *De veritate* – nei modi e nelle forme di chi lo riceve: il *receptum* è *receptum per modum recipientis*, in modo tale che il soggetto in qualche modo *modella* la realtà nel recepirla.

La distinzione kantiana di “fenomeno” e “noumeno”, del resto, non fa che riproporre la medesima tematica: ciò con cui noi entriamo in contatto non è mai la realtà in sé, ma solo quella realtà fenomenica che è modellata dagli a priori della sensibilità (spazio/tempo) e dell’intelletto (categorie). Per questa ragione, ciò che costituisce il mondo della nostra esperienza è rappresentato da un insieme di fenomeni e sarebbe un errore assumere i fenomeni come se fossero realtà in sé, cioè come realtà autonome, autosufficienti e indipendenti dal soggetto. L’oggetto è sempre un *ob-iectum*, cioè costituisce una realtà che è gettata di fronte al soggetto. Se venisse meno il soggetto, verrebbe meno anche l’oggetto, perché verrebbe meno colui di fronte al quale l’oggetto è “gettato”.

Non di meno, la posizione di Kant non comporta una valorizzazione del soggetto al punto tale che l’oggetto risulti soltanto una sua “creazione”. Egli, anzi, critica sia l’«idealismo empirico di Descartes» sia l’«idealismo mistico e fantastico di Berkeley» – che nei *Prolegomeni* (1783) contrappone al proprio «idealismo trascendentale», il quale non mette in discussione l’esistenza delle cose esterne (trad. it., p. 49) –, perché ritiene che nella concezione propria dell’idealismo «materiale o comune», come scrive nella *Critica della ra-*

gion pura (1781-1787; trad. it., p. 401), il soggetto finisce per produrre la realtà, la quale viene in tal modo assunta come una sua oggettivazione. Da un tale idealismo Kant intende prendere le distanze, perché nella sua concezione il fenomeno si costituisce in forza dell’incontro della realtà oggettiva (la realtà noumenica) con gli a priori della soggettività. Dietro ogni fenomeno, questo è ciò che afferma Kant, è presente un noumeno che lo fonda, ossia una realtà oggettiva che è *irriducibile* alle forme del soggetto. Tale realtà oggettiva, allorché viene modellata dal soggetto, si trasforma in fenomeno e acquista la forma che contraddistingue gli oggetti dell’esperienza ordinaria.

La posizione di Kant evidenzia in modo chiaro e inequivocabile che non si può prescindere dal ricorso ad una *realtà oggettiva*. Se il riferimento alla realtà oggettiva viene meno, infatti, allora i dati di esperienza diventano mere creazioni del soggetto.

Usando una diversa modalità espressiva, potremmo dire che il dato (d) è funzione tanto del sistema con cui lo si rileva (S), quanto dei vincoli imposti dalla realtà oggettiva (R), così che si potrebbe proporre la seguente formula: $d = f(S, R)$. La vera questione, a nostro avviso, concerne proprio la determinazione dei vincoli imposti dalla realtà oggettiva.

A questo proposito, la nostra opinione è che la soluzione kantiana lasci aperto il problema di una realtà che, da un lato, si afferma come in sé, dunque come appartenente ad un livello pre-categoriale (ante-predicativo) e poi, dall’altro, viene intesa nella forma di una pluralità di noumeni (*noumena*), uno a fondamento di ciascun fenomeno, applicando la categoria di “molteplicità” a ciò che, di contro, si è postulato come pre-categoriale.

Come conciliare, dunque, l’oggettività del reale, richiesta come fondamento autentico del processo conoscitivo, con la possibilità di *entrare in un qualche rapporto* con essa? Questa è la domanda da porre, per la ragione che, se si rinuncia al riferimento alla realtà oggettiva, allora si finisce nell’idealismo assoluto; se, però, si determina in qualche modo tale realtà, allora si nega il *postulato*, cioè quell’oggettività che la pone oltre ogni punto di vista soggettivo, oltre ogni sistema di rilevazione o di riferimento e, dunque, oltre ogni determinazione.

Ebbene, a nostro giudizio la fisica dei quanti precisamente a questa domanda cerca di dare risposta e con questo problema si misura. La soluzione che essa fornisce, pertanto, non riguarda un singolo ambito di ricerca, la fisica atomica, ma ogni scienza che si occupi di esperienza. Più in generale, la fisica dei quanti affronta il tema filosofico fondamentale, quello del rapporto con la realtà. Poiché, inoltre, la realtà fisica è in genere considerata la realtà “in ultima istanza”, ne consegue allora che la soluzione offerta dalla fisica dei quanti può avere un valore enorme in ordine alla soluzione del problema concernente la “realtà oggettiva”.

LA SOLUZIONE QUANTISTICA AL PROBLEMA DELLA REALTÀ E LE RELATIVE IMPLICAZIONI FILOSOFICHE

Qual è la soluzione offerta dalla fisica dei quanti? La realtà fisica oggettiva viene pensata come uno stato sovrapposto, secondo la seguente concettualizzazione: poiché la materia può venire rilevata *aut* in forma ondulatoria *aut* in forma corpuscolare, ciò significa che tali forme sono relative al sistema con cui si rileva la realtà. Quest'ultima, pertanto, non può venire ridotta all'una né all'altra, ma dovrà venire pensata come l'*insieme* dei due stati, ancorché i due stati tendano reciprocamente ad escludersi. La realtà oggettiva sarà dunque *et* ondulatoria *et* corpuscolare.

Ciò che vorremmo mettere in evidenza è che si tratta di una soluzione *problematica*, ossia di una soluzione che apre vari problemi, di pertinenza della stessa fisica quantistica. A noi, però, interessa ora prendere in esame alcuni problemi di natura logica e concettuale, cioè alcuni problemi teoretici, insiti in questa soluzione.

Un problema teoretico che i ricercatori si sono posti può venire riassunto dalla seguente domanda: se la realtà oggettiva è l'*insieme* di due stati che reciprocamente si oppongono, a quale condizione tale realtà è logicamente pensabile? A questa domanda si è cercato di dare risposta affermando che la realtà ipotizzata, ossia quella di uno stato sovrapposto, non viola tanto il principio di non contraddizione, essenziale per *identificare* "qualcosa", quanto il principio del "terzo escluso". Tuttavia, la violazione del principio del terzo escluso non indica di per sé l'illogicità della soluzione, perché tale principio vale solo in determinati ambiti.

Più precisamente, i logici per primi hanno affermato che il superamento della logica bivalente (e quindi del principio del terzo escluso) rispetta perfettamente il principio di non contraddizione e Reichenbach (1944) – ma anche Rougier (1955) ed altri – ha mostrato la fecondità della logica a tre valori per la fisica quantistica (Boniolo, 1997), dal momento che tale logica è in linea con la natura probabilistica di quest'ultima. In effetti, lo stesso Aristotele, parlando dell'*opposizione*, aveva distinto la *contrarietà* dalla *contraddizione* (*Metafisica*, X, 7). Contrari sono quei termini che ammettono termini intermedi (ad esempio, il bianco e il nero, che ammettono una gradazione di grigi); contraddittori quelli che non li ammettono (ad esempio, bianco/non bianco). I contraddittori, dunque, danno luogo ad un'alternativa che, per così dire, divide in due sezioni il campo del reale: il "qualcosa" cade necessariamente nell'uno o nell'altro dei due campi. Essi non hanno nulla in comune fra loro, se non il fatto di essere l'uno la negazione completa dell'altro, e non ammettono termini intermedi, giacché il medio coinciderebbe proprio con la contraddizione. Di contro, i contrari, oltre ad avere in comune il genere, non stabiliscono all'interno di esso un'alternativa "forte", nel senso appunto della relazione disgiuntiva esclusiva (*aut*, *aut*), e perciò possono ammettere termini intermedi. Essi, insomma, sono i termini estremi di un genere che ammette

vari termini intermedi, i quali danno luogo ad un *continuum* che sostanzialmente si colloca *fra* i due contrari e definisce varie forme e gradi del loro reciproco combinarsi.

Si potrebbe dire, quindi, che mentre per i contraddittori vige il principio del terzo escluso (*tertium non datur*), di contro per i contrari questo principio non vale. Il principio del terzo escluso, gioverà ricordarlo, è stato formulato per la prima volta da Baumgarten (1739) e quindi non è stato direttamente trattato da Aristotele. Tuttavia, è possibile affermare che il punto di vista aristotelico sull'opposizione viene ripreso e precisato successivamente – anche Kant, nella *Critica della ragion pura*, distingue l'opposizione analitica, che non ammette il medio, dall'opposizione dialettica, che invece lo ammette (trad. it., pp. 405-412) –, senza venire mai smentito, nel senso che per la logica formale la conciliazione dei contrari viene sostanzialmente ammessa dal principio di non contraddizione e rifiutata esclusivamente dal principio del terzo escluso.

La teoria quantistica, proprio per le ragioni addotte, è parsa violare soltanto il principio del terzo escluso, nel suo parlare di stati sovrapposti, non il principio di non contraddizione. Si potrebbe, infatti, pensare che onda/corpuscolo configurino una opposizione di contrarietà, così che risulterebbe possibile ipotizzare una realtà in cui trovino composizione i contrari.

Se non che, vanno sollevate, a questo proposito, almeno due questioni. La prima questione è la seguente: onda e corpuscolo possono venire considerati contrari se, e solo se, essi rappresentano due stati estremi di un *continuum*. Ma così non è: tra onda e corpuscolo, infatti, non è possibile individuare, almeno a livello empirico-sperimentale, una serie di gradi intermedi. Ciò significa che, a rigore, essi sono *contraddittori*, nel senso che ciascuno stato è la negazione dell'altro, cioè ciascuno stato esprime il "non" dell'altro. Se questo è vero, allora la loro conciliazione è la contraddizione stessa, così che il principio di non contraddizione risulta necessariamente violato.

Né si supera la difficoltà facendo ricorso a logiche polivalenti, per la ragione che qui il "possibile" o l'"indeterminato" o l'"indecidibile" viene di fatto determinato, così che il costruito che costituisce la soluzione al problema posto dall'onda/corpuscolo propone in sé un nuovo problema.

Del resto, che la soluzione indicata sia effettivamente problematica lo si evince anche dal fatto che lo stato ipotizzato, e riferito alla realtà oggettiva, non è pensato come "medio", ma come uno "stato sovrapposto". Non può venire pensato come medio perché onda e corpuscolo non lo ammettono; viene pensato come "stato sovrapposto" perché si spera, in tal modo, di eludere proprio la contraddizione. Se non che, uno stato che concilia in sé due stati inconciliabili non può non essere uno stato intrinsecamente antinomico (antilogico) e, dunque, non può non violare il principio di non contraddizione.

La seconda questione è ancora più radicale e configura un problema teoretico che va ben oltre quello concernente

la distinzione di contrari e contraddittori o l'uso di logiche polivalenti. Tale problema può così venire indicato: da un lato, si afferma che la realtà oggettiva è il fondamento della realtà rilevata o fenomenica; dall'altro, non soltanto si determina la realtà oggettiva, ma altresì la si determina a muovere dalle categorie che sono state usate nel processo del rilevamento. In tal modo, il fondamento viene a costituirsi solo a muovere da ciò che esso dovrebbe unilateralmente fondare.

Cerchiamo di essere più chiari. Nel dire che la realtà oggettiva è costituita da uno stato sovrapposto di onda/corpuscolo noi *de facto* abbiamo determinato tale realtà, laddove l'abbiamo postulata come oggettiva, ossia *de iure* come indeterminabile. Se, infatti, la realtà oggettiva viene determinata, allora essa subisce il condizionamento di ciò che la determina e cessa per ciò stesso di valere come fondamento. La caratteristica del fondamento, e questo non lo si può dimenticare, è quella di condizionare il suo "fondato" senza venire condizionata da esso. Se tra fondamento e fondato si instaurasse una reciprocità scambievole, per cui l'uno condiziona l'altro tanto quanto l'altro condiziona l'uno, allora non si potrebbe più parlare di autentico "fondamento".

Ciò che intendiamo sostenere, dunque, è che il principio di non contraddizione viene violato per una ragione ancora più radicale, rispetto a quella indicata in precedenza. Esso, cioè, non solo viene violato per il fatto che si concepisce una realtà che è la sintesi di due contraddittori, ma anche e soprattutto per il fatto che nel medesimo tempo e sotto il medesimo rispetto (come direbbe Aristotele) *si postula* una realtà oggettiva, perché soltanto una realtà oggettiva funge da autentico fondamento, *et si nega* il postulato, dal momento che si determina quella realtà che, in quanto oggettiva, non può non emergere oltre ogni determinazione che viene ad essa imposta dal soggetto.

Nel caso della fisica dei quanti, inoltre, la realtà oggettiva è determinata utilizzando quei dati (ondulatorio/corpuscolare) che vengono posti in essere dal rilevamento, cosicché ci si trova nella situazione di determinare due stati in forza della rilevazione e poi di affermare che l'insieme di questi due stati, che pure sono l'esito della rilevazione, vengono considerati la causa della rilevazione o, se si preferisce, il fondamento della rilevazione stessa. Con questa gravissima conseguenza, almeno dal punto di vista logico-teoretico: la priorità onto-logica della realtà oggettiva rispetto alla realtà rilevata viene contraddetta dal fatto che la realtà oggettiva non soltanto viene determinata, ma inoltre viene determinata in forza della realtà rilevata.

Detto con altre parole: se si intende far valere il *postulato* che il fenomeno rilevato è posto in essere dalla realtà oggettiva, che funge da suo fondamento, allora è logicamente contraddittorio attribuire alla realtà oggettiva quei caratteri che sono del fenomeno e che solo dal fenomeno vengono dedotti.

Del resto, e questo costituisce un aspetto che non può mai venire dimenticato, è *inevitabile* cercare di determi-

nare il fondamento rappresentato dalla realtà oggettiva. Il conoscere, infatti, per un verso è animato dall'*intenzione* di cogliere precisamente tale realtà, cioè l'oggetto "in sé", proprio perché non si accontenta dell'oggetto che viene modellato dal soggetto conoscente, cioè dell'oggetto "per noi". Per altro verso, l'unica realtà cui è in grado di pervenire risulta *vincolata* alle forme del suo dispiegarsi come conoscere e tale vincolo è inevitabile: il conoscere non può prescindere dalla determinazione dell'oggetto, perché solo così si determina come conoscere.

In effetti, anche affermare che la realtà oggettiva è *indeterminabile* configura non altro che una nuova modalità di determinazione di tale realtà: la realtà oggettiva è stata *determinata come indeterminabile* e ciò ci fa comprendere che, poiché chi si accinge a conoscere si colloca nell'ordine dell'esperienza ordinaria e del discorso, nel quale vige e opera il categoriale, non può evitare di categorizzare anche ciò che postula come emergente oltre l'empirico e il categoriale.

Il conoscere, insomma, si dispone tra due necessità, di diverso valore: da un lato, la necessità di postulare un fondamento oggettivo, che costituisca il fondamento *innegabile* del processo conoscitivo; dall'altro, la necessità di procedere mediante determinazioni che a tale fondamento cercano di approssimarsi, e ciò costituisce l'*inevitabile* configurarsi (presentarsi in forme determinate) del processo conoscitivo stesso.

IL TENDERE DELLA FISICA VERSO LA REALTÀ OGGETTIVA

Ciò che vorremmo emergesse dalle presenti considerazioni è il seguente concetto: anche la fisica *in-tende* pervenire alla realtà oggettiva. Se non che, quando *pre-tende* di averla determinata, ossia la esprime secondo forme specifiche, allora essa si trova a dover riconoscere che ciascuna forma presenta un *limite*, il quale dimostra che la realtà descritta non esaurisce in sé la realtà oggettiva che si intende descrivere.

Ciò risulta con chiarezza anche se prendiamo in considerazione il concetto di "indeterminabilità" del reale. In effetti, nell'usare questo concetto è come se si dicesse che la realtà, prima dell'applicazione delle forme che provengono dai sistemi con cui la si rileva, è la *possibilità* stessa di assumere un'infinità di forme: la realtà oggettiva è una realtà *potenzialmente passibile di infinite determinazioni*. Quando si esce dalla "potenza" e una tra le infinite forme passa all'"atto", la realtà è stata determinata e la sua oggettività è venuta meno.

A nostro giudizio, la sostanziale indeterminabilità della realtà oggettiva – e il fatto che essa emerge oltre ogni determinazione, che è comunque vincolata al sistema di riferimento (di rilevazione) con cui la si determina – risulta con chiarezza anche da due famosi esperimenti: il primo (semplicemente "mentale") conosciuto come "la scatola di de Broglie" (Broglie, 1959) e il secondo "l'esperimento della doppia fenditura" (Born, & Wolf, 1980).

Per quanto concerne il primo esperimento, ricordiamo che esso può venire indicato in questa forma. Si consideri una ipotetica scatola B con le pareti perfettamente riflettenti (cioè non in grado di assorbire radiazione o particelle cariche) e che sia divisibile in due parti, B_1 e B_2 , da una doppia parete scorrevole. Si supponga che B contenga inizialmente un elettrone la cui funzione d'onda Ψ_B esprima la probabilità di trovare l'elettrone nello spazio caratterizzato dal modulo quadro della Ψ_B . Si divida, ora, B in due parti e si porti, ad esempio, B_1 a Parigi e B_2 a Tokio. A questo punto il formalismo quantistico indica che non è possibile affermare se l'elettrone si trovi in realtà dentro B_1 o dentro B_2 , perché una tale affermazione comporterebbe una localizzazione spaziale dell'elettrone più esattamente definita di quella data da $\Psi_{B_1} + \Psi_{B_2}$, che nel loro insieme costituiscono la funzione d'onda Ψ_B .

Ebbene, ciò secondo il paradigma quantistico non fa che indicare quanto segue: prima di qualsiasi misurazione l'elettrone può trovarsi contemporaneamente sia a Parigi che a Tokio ed è solo in seguito ad una osservazione che si verifica la riduzione della funzione d'onda e l'elettrone viene trovato in un luogo definito. Questo dimostra, almeno dal punto di vista dell'elettrone (che in questo caso dovrebbe costituire la cosiddetta "realtà oggettiva"), che esso, prima di una misurazione, può trovarsi allo stesso tempo, seguendo l'esempio fatto, sia nella scatola B_1 sia nella scatola B_2 , la qual cosa non solo apre a scenari definiti *non localistici* o *entangled*, come dicono gli anglosassoni (Tarozzi, 1992), ma altresì indica che anche in questo caso la realtà oggettiva è ipotizzata come conciliazione di inconciliabili e descritta a muovere dalla rilevazione.

Per quanto concerne, invece, l'esperimento della doppia fenditura, esso prevede che vengano prodotti due fasci di onde luminose i quali dopo aver interferito terminano la loro corsa su uno schermo sensibile alla luce (una sorta di lastra fotografica). La suddivisione in due fasci luminosi è ottenuta opponendo ad una sorgente di luce un diaframma con due fenditure.

Ora, come è facile immaginare, nella parte centrale a destra del diaframma le onde concentriche dei fasci luminosi uscenti dalle fenditure interferiscono tra di loro e, nel caso in cui tali onde risultino "in fase", si avrà sullo schermo una banda chiara (*interferenza costruttiva*); viceversa, nel caso in cui tali onde risultino "in opposizione", si avrà sullo schermo una banda scura (*interferenza distruttiva*). Secondo le leggi dell'ottica, l'interferenza appena descritta può aver luogo solo nel caso in cui entrambe le fenditure siano attraversate dai fasci luminosi. Nel caso in cui solo una delle fenditure sia percorsa da un fascio di luce – non avendosi nessuna interferenza – nessuna banda può prodursi sullo schermo. Ebbene, la cosa straordinaria è che anche inviando un solo fascio di luce, o meglio anche inviando un solo fotone per volta, si formano ugualmente sullo schermo bande chiare e scure tipiche dell'interferenza costruttiva e distruttiva.

Come può accadere tutto ciò, si chiedevano perplessi i fi-

sici all'inizio del XX secolo? La risposta venne dalla meccanica quantistica ed in particolare dai lavori di Born, Bohr ed Heisenberg, i quali dimostrarono che qualsiasi "microsistema" (fotone, elettrone, atomo, ma anche molecola) non è obbligato da leggi deterministiche a percorrere traiettorie precise. Il "probabilismo" borniano, unitamente al "principio di sovrapposizione", vietano esplicitamente a qualsiasi micro-ente di possedere una traiettoria definita. Nel caso dell'esperimento a due fenditure, in particolare, anche un solo fotone percorre quindi tutte le possibili ("potenziali") traiettorie "sovrapposte" comprese tra la sorgente e il diaframma (Feynman, & Hibbs, 1965). La spiegazione quanto-meccanica dell'esperimento della doppia fenditura, venne accolta (al suo apparire) con scetticismo da una parte della comunità scientifica. Svariati fisici, soprattutto quelli che più di altri si riconoscevano nelle posizioni realistiche (secondo le quali gli "oggetti del mondo" hanno sempre e comunque una realtà definita, ad esempio posizione e quantità di moto, e questo a prescindere dall'essere percepite o misurate), non ritenevano ammissibile che un ente, seppur speciale come un fotone, un elettrone o un atomo, potesse "sdoppiarsi" e percorrere contemporaneamente strade diverse.

Per avere la certezza della giustezza delle posizioni quantistiche fu allora proposto un esperimento semplice quanto decisivo: se effettivamente un solo fotone passa per entrambe le fenditure e auto-interagisce con sé stesso, producendo le bande tipiche dell'interferenza, allora basta chiudere una delle due fenditure e verificare se effettivamente le bande continuano a prodursi. Come è noto, l'esperimento fu effettivamente compiuto e un solo fotone per volta fu inviato all'interno dello strumento: l'esito fu chiarissimo e dimostrò che la chiusura di una delle fenditure bloccava la formazione delle bande chiare e scure sullo schermo.

Anche se può risultare difficile credere che un unico oggetto possa avere la capacità di "sondare" allo stesso tempo due luoghi diversi, di essere contemporaneamente qui e altrove, questo è ciò che avviene, cioè questo è ciò che gli esperimenti dimostrano. E anche per questa via si perviene alla configurazione di una realtà oggettiva che vale come conciliazione di inconciliabili, una conciliazione che viene delineata, inoltre, a muovere dal fenomeno rilevato.

Conclusioni

Cosa riteniamo di poter concludere, dunque, in base alle considerazioni svolte? Nel tentativo di pervenire alla realtà oggettiva, la fisica quantistica si avvicina a *concetti-limite* che poi coincidono il *limite stesso di ogni concetto*, quel limite che esso denuncia allorché pretende di risolvere in sé l'oggettivo. Quando si categorizza il pre-categoriale, ossia quando si determina ciò che si è postulato come oggettivo, dunque come non determinabile, è il processo stesso della categorizzazione che si rivela insufficiente, ancorché non vi sia un'alternativa ad esso, ossia ancorché non si possa evitare di continuare a categorizzare: la scelta mistica, cioè la scelta per *l'ineffabile*, non può infatti appartenere

alla scienza. Più precisamente, si potrebbe dire che quella *contraddittorietà*, che sembrerebbe essere intrinseca alla realtà oggettiva – cioè il fatto che, per esempio, l'elettrone, nel primo esperimento, “risulti” contemporaneamente in due spazi distinti, cioè nelle scatole B_1 et B_2 , oppure, nel secondo esperimento, il fotone “attraversi” nello stesso tempo l'una et l'altra fenditura (contraddizione sottolineata anche dal fatto che in entrambi gli esperimenti non è possibile individuare termini intermedi tra gli enti rappresentati dalla scatola B_1 e dalla scatola B_2 o tra la fenditura inferiore e superiore) –, in effetti altro non è che l'espressione della contraddizione che sussiste tra il postulato di una realtà autonoma (e autosufficiente) e il processo conoscitivo che quella autonomia (e autosufficienza) tende continuamente a violare, *ipotecendo con mezzi soggettivi l'oggettivo*.

Il nodo fondamentale che emerge dalla nostra riflessione critica, pertanto, può venire così sintetizzato. Da un certo punto di vista, determinare la realtà oggettiva costituisce la *negazione del postulato*: la realtà oggettiva, infatti, costituisce l'autentico fondamento del conoscere solo per la ragione che *condiziona unilateralmente* le forme della conoscenza, nel senso che non ne può subire il condizionamento. Se non che, da un altro punto di vista, l'attività conoscitiva, di qualunque conoscenza si tratti, si configura precisamente come il progetto volto a condizionare quella realtà che pure è stata postulata come non condizionata e non condizionabile dall'attività del soggetto.

Se, insomma, l'intenzione che anima il conoscere è *inevitabilmente* quella di cogliere proprio la realtà oggettiva, perché solo se oggettiva essa è veramente reale e fondante, le forme conoscitive in cui *inevitabilmente* l'intenzione si realizza finiscono per determinare proprio ciò che è stato richiesto come emergente oltre ogni determinazione. L'intenzione innegabile, insomma, deve trovare una qualche forma di conciliazione con la prassi inevitabile del conoscere.

Del resto, anche affermare che la realtà oggettiva non può venire determinata, come abbiamo cercato di evidenziare, configura una forma di determinazione: la realtà oggettiva è stata determinata come *indeterminabile* e ciò dimostra che, se ci si pone nell'universo del conoscere messo in atto dal soggetto, anche ciò che risulta emergente oltre l'orizzonte, perché oggettivo, tuttavia viene in qualche modo riconosciuto come tale, dunque determinato ed espresso mediante le forme (categorie) che sono proprie del conoscere stesso.

Inoltre, questa *determinazione dell'indeterminabile* ha un valore insostituibile, perché costituisce il motore stesso della ricerca. Le conoscenze, infatti, altro non sono che *modelli* atti a descrivere la realtà. I modelli sono più o meno *validi*, nel senso che esprimono una maggiore o minore funzionalità o efficacia operativa in ordine a determinati obiettivi e a muovere da determinate premesse. Essi, dunque, valgono come “verità relative”, proprio perché vincolati. Considerali, invece, veri in senso assoluto, perché coincidenti con la realtà oggettiva, costituisce l'*errore*

fondamentale, perché in tal modo non soltanto essi vengono negati nel loro essere “modelli”, ma altresì si produce l'insensato arresto della ricerca, dal momento che si pretende essere pervenuti alla verità. D'altra parte, se i modelli vengono tutti collocati allo stesso livello, perché giudicati tutti parimenti “non veri”, allora si finisce per negarne la validità, cioè la verità relativa, e dunque per negare il progresso delle conoscenze.

Il punto decisivo, quindi, è mantenere la *duplice consapevolezza*, del *limite* che costituisce innegabilmente ogni conoscenza e del *valore* che riveste l'intenzione che si volge alla verità, cioè alla realtà oggettiva: tale intendere, infatti, spinge sempre avanti la ricerca, che si arresta solo quando lo intendere si capovolge nel pre-tendere di essere arrivati alla verità definitiva, assoluta. Per questa ragione, riteniamo che la fisica teorica, la quale più di ogni altra scienza ha come obiettivo la conoscenza della realtà, intesa nella sua oggettività ultima, esibisca in maniera esemplare la dialettica che sussiste tra l'intenzione di verità (*realtà*), che è appunto innegabile, e le *forme* mediante cui tale intenzione di volta in volta si esprime. Queste ultime, ancorché forme di quella intenzione, inevitabilmente nel *tradurla la tradiscono*, perché finiscono per subordinare il fondamento del conoscere a quel conoscere che, invece, vorrebbe restituire il fondamento nel suo autentico essere. Ma questo *tradimento* è anche la condizione che consente il progresso nel processo del conoscere.

Precisamente questa dialettica indica che ciò che si trova, la realtà *conosciuta*, non esaurisce mai ciò che veramente si cerca, la realtà *oggettiva*, così che il conoscere, incluso quello espresso dalla fisica teorica, si rivela *inesauribile*. Per esprimere questo concetto nei termini della fisica dei quanti, si potrebbe dire che quando si parla di stato sovrapposto o di presenza contemporanea della stessa particella in due spazi distinti e lontani si usa un linguaggio che non deve venire inteso soltanto in senso *letterale*, bensì e soprattutto in senso *metaforico*.

Con tali espressioni, insomma, si indica una realtà che è oggettiva proprio perché vale come *infinita possibilità*. Il ridurla a quella determinazione, che risulta conseguire dalle modalità con cui è condotta la rilevazione, costituisce pertanto una inevitabile necessità pratico-operativa, alla quale la scienza non può mai rinunciare, ma anche una innegabile contraddizione, da un punto di vista teoretico-concettuale.

Ebbene, questo *status*, che sembrerebbe aporetico, trova adeguata composizione soltanto nella *coscienza critica*, la quale, proprio in ragione del fatto che discute ogni assunto (premessa, presupposto), intende la realtà non seguendo un realismo ingenuo, ma un realismo *sofisticato* (Kuhn, 1962; Fraassen, 1980; Feyerabend, 1999).

La coscienza critica pone di volta in volta gli oggetti di conoscenza, ma insieme ne rileva il *limite*. In tal modo, essa consente di intenderli come forme inevitabili attraverso le quali il conoscere si esprime, ma anche come forme insufficienti ad esprimere la realtà oggettiva, la quale viene

sempre pensata come *emergente* oltre ogni determinazione (costrutto, modello) e ogni categorizzazione.

Così pensata, la realtà oggettiva costituisce l'unico fondamento della ricerca, perché soltanto essa vale come quella condizione che è in grado di tenerla sempre viva.

BIBLIOGRAFIA

Aristotele, *Metaphysica*; trad. it. (1978), *Metafisica*, Milano: Rusconi

Bacone, F. (1620), *Novum Organum, sive indicia vera de interpretatione naturae*, trad. it. (1965), in *Opere filosofiche*, Roma-Bari: Laterza

Baumgarten, A. G. (1739), *Metaphysica*; rist. anas. (1982), New York: Hildesheim

Boffi, S. (1990), *Il Principio di Indeterminazione*, Pavia: Università di Pavia Editore

Boffi, S., & D'Anna, M. (1999), *Le radici del dualismo onda-corpuscolo*, Napoli: Bibliopolis

Boniolo, G., et al. (1997), *Filosofia della Fisica*, Milano: Bruno Mondadori

Born, M. (1927), *The Mechanics of the Atom*, London: Bell

Born, M. (1969), *Atomic Physics*, London: Blackie; trad. it. (1976), *Fisica Atomica*, Torino: Boringhieri

Born, M., & Wolf, E. (1980), *Principles of Optics*, Cambridge: Cambridge University Press

Broglie, de L. (1959), *L'Interprétation de la Mécanique Ondulatoire*, *Jour. Phys. Rad.*, 20, 963-979

Feyerabend, P. (1999), *Conquest of Abundance: A Tale of Abstraction Versus the Richness of Being*, Chicago: University of Chicago Press; trad. it. (2002), *Conquista dell'abbondanza. Storie dello scontro fra astrazione e ricchezza dell'essere*, Milano: Raffaello Cortina

Feynman, R.P., & Hibbs, A.R. (1965), *Quantum Physics and Path Integrals*, New York: McGraw-Hill

Fraassen, v. B. (1980), *The Scientific Image*, Oxford: Oxford University Press; trad. it. (1985), *L'immagine scientifica*, Bologna: CLUEB

Gudder, S. (1988), *Quantum Probability*, San Diego: Academic Press

Heisenberg, W. (1929), *Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie*, Heidelberg: Verlag; trad. it. (1963), *I Principi Fisici della Teoria dei Quanti*, Torino: Boringhieri

Kant, I. (1781-1787), *Kritik der reinen Vernunft*, in *Gesammelte Schriften*, hrsg. V. der Königlichen Preussischen Akademie der Wissenschaften (1912), Berlin: Reimer; trad. it. (1977), *Critica della ragion pura*, Roma-Bari: Laterza

Kant, I. (1783), *Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik die als Wissenschaft wird auftreten können*, in *Gesammelte Schriften*, cit.; trad. it. (1979), *Prolegomeni ad ogni futura metafisica*, Roma-Bari: Laterza

Landau, L.D., & Lifshitz, E.M. (1981), *Quantum Mechanics. Non-relativistic theory*, Oxford: Butterworth-Hei-

nemann; trad. it. (1994), *Meccanica Quantistica. Teoria non relativistica*, Roma, Editori Riuniti

Reichenbach, H. (1944), *Philosophic Foundations Of Quantum Mechanics*, Berkeley and Los Angeles: University Of California Press

Rougier, L. (1955), *Traité de la connaissance*, Paris: Gauthier-Villars

Schrödinger, E. (1928), *Collected Papers on Wave Mechanics*, London: Blackie

Tarozzi, G., et al. (1992), *Il Paradosso della Realtà Fisica*, Modena: Mucchi

Tommaso d'Aquino, *De veritate*, trad. it. (1992), *La verità*, Napoli: Guida Editori