

L'anima passionale della ragione scientifica: verso la comprensione del movimento spontaneo della materia

Emilio Del Giudice,
Istituto Nazionale Fisica Nucleare (INFN) , via Celoria 16, Milano
International Institute of Biophysics (IIB), Neuss , Germania

Sia la soggettività che l'oggettività sono state descritte nella storia del pensiero in due modi alternativi, uno che le concepiva come entità passive, capaci soltanto di essere mosse dall'esterno, l'altra come entità attive, capaci di fare emergere dal loro interno l'azione verso l'esterno. Per quanto riguarda la soggettività, queste due concezioni hanno dato luogo l'una all'interazione con l'esterno sulla base dei principi logici, espressione di un Logos , di una ragione che trascendeva il singolo essere, l'altra come movimento emotivo capace di risuonare con il mondo esterno accoppiandosi ad esso in una sorta di connessione orgastica [1]. Per quanto riguarda invece la oggettività, abbiamo avuto anche qui due opposte concezioni: una per cui il movimento della materia è sempre conseguenza di una causa esterna, di forze prodotte da altri corpi, per cui risalendo indietro nella concatenazione causale si arriva in ultima analisi al primo motore aristotelico, l'altra invece che concepisce il movimento come qualità intrinseca della stessa materia che diviene sulla base di una determinazione interna [2].

E' evidente che l'estremizzazione della prima concezione porta necessariamente all'affermazione dell'esistenza di una divinità trascendente , mentre nell'altra concezione il divino perde ogni autonomia ed è unicamente il fattore di movimento di una materia che non può mai essere considerata passiva.

L'esistenza di un movimento spontaneo della materia è stata nei secoli una delle principali affermazioni delle varie scuole olistiche, dal taoismo cinese alle concezioni di Epicuro e degli stoici fino alle concezioni alchemiche rinascimentali e a Giordano Bruno. In tali concezioni, nessun corpo è mai libero, perché la sua interazione con gli altri è parte integrante e inseparabile della sua stessa natura.

Contro queste concezioni premoderne nasce la meccanica classica, il cui punto di partenza è il corpo libero, cioè infinitamente lontano da tutti gli altri; il suo moto è definito dal principio di inerzia. Per connettere insieme una pluralità di corpi liberi in modo da costruire un sistema reale , bisogna introdurre forze il cui valore vada a zero al crescere della distanza relativa tra i corpi , in modo da recuperare nel limite la nozione di corpo libero. Queste forze agiscono sui corpi dall'esterno; non vi è alcun rapporto di necessità tra i corpi e le forze , per cui è possibile simulare ogni tipo di moto a patto di introdurre una forza conveniente.

La meccanica classica ha conosciuto i suoi maggiori successi con la decifrazione del sistema planetario sulla base dell'introduzione della forza di gravitazione universale e con la completa comprensione del comportamento macroscopico dello stato gassoso a partire dal modello di un gas come un insieme poco denso di molecole libere capaci di interagire soltanto attraverso collisioni casuali.

L'introduzione dell'elettromagnetismo in fisica cambiò il quadro. Da un lato appariva una forza- la forza elettromagnetica che accoppia le cariche in movimento- la quale si propaga nello spazio alla velocità della luce ed è diversa da zero a grandissime distanze. Inoltre, una particella carica è soggetta non soltanto all'azione dei "campi di forza" prodotti dagli altri corpi, ma anche all'azione del suo stesso campo di forza. La particella non è più una pallina che termina alla propria superficie esterna , ma siccome è inseparabile dal suo campo di forza si estende a grandi distanze e l'auto-interazione delle particelle con loro stesse attraverso il loro stesso campo dà luogo a soluzioni singolari delle equazioni del moto che sono all'origine di instabilità nella teoria.

D'altra parte il fatto che le equazioni della meccanica classica possano in generale non dar luogo a soluzioni stabili per particolari configurazioni di corpi e forze è ormai riconosciuto. Questo è il cosiddetto "caos deterministico". Ma la sua esistenza contrasta con il fatto ben noto che la materia è stabile, ordinata e capace di mutamenti descrivibili in modo preciso. Un enorme mutamento della fisica è avvenuto con la teoria dei quanti. L'evoluzione di un sistema fisico, secondo la teoria quantistica, non segue, come nella fisica classica, una traiettoria ben definita, alla maniera di un disciplinato granatiere prussiano, ma piuttosto ne segue molte simultaneamente, in modo fluttuante, come un ubriaco appena uscito dall'osteria. Di qui il nome "zitterbewegung" dato dai pionieri tedeschi della fisica quantistica al moto di un oggetto. Questa moderna concezione quantistica appare straordinariamente simile alla concezione del moto di Epicuro, che Tito Lucrezio Caro ha efficacemente espresso nel "De rerum natura".

La teoria quantistica raggiunge la sua massima potenzialità quando il sistema considerato è un sistema di particelle accoppiate con un campo di forze dipendenti dal tempo , capaci di non annullarsi a grandi distanze, un campo a lunga portata[3]. Esempi di tali teorie dei campi sono l'elettrodinamica che descrive le interazioni fondamentali nella materia ordinaria e la cromodinamica che descrive le interazioni fondamentali tra i quark , che sono i componenti elementari costituenti i cosiddetti adroni, i quali includono protoni e neutroni.

La potenzialità della teoria quantistica dei campi ha cominciato ad essere sfruttata solo recentemente[4]. In precedenza la prevalenza di una mentalità meccanicistica ha portato molti fisici a ricercare soltanto quelle soluzioni in cui la configurazione di minima energia del sistema, quella che nel gergo dei fisici è chiamata il suo stato fondamentale, coincide, a meno della fluttuabilità minimale delle singole particelle imposta dai principi quantistici, con la configurazione classica di minima energia. I componenti elementari del sistema continuano perciò ad essere concepiti come separabili, potendo diventare “corpi liberi”, ed esistono limiti in cui il campo di interazione a lungo raggio può essere trascurato. In questi casi la coesione tra i componenti resta affidata a forze statiche di corto raggio, simili ad uncini.

L'immagine della materia resta perciò quella di una struttura meccanica in cui i componenti sono legati da molle, viti e bulloni. Questa impostazione ha prevalso finora nella fisica dei solidi e dei liquidi ed ha anche dato luogo, nell'ambito della fisica delle particelle elementari, ad una formulazione della cromodinamica incapace di spiegare il fatto che i quark non riescono mai a diventare “corpi liberi” e possono esistere in natura soltanto in forma collettiva, nell'ambito di quelle comitive di quark chiamate adroni.

Anche quando la fenomenologia ha imposto la considerazione di comportamenti collettivi della materia nel cui ambito è impossibile discernere il componente singolo la teoria convenzionale ha cercato la soluzione in una collettivizzazione dei legami a corto raggio, senza l'intervento del campo a lungo raggio[5].

E' questo il caso delle teorie della superfluidità dell'elio al di sotto della temperatura di 2 gradi Kelvin (271 gradi centigradi sottozero) o della superconduttività dei metalli al di sotto di pochi gradi Kelvin. Non a caso quest'ultima teoria ha forti difficoltà a spiegare la superconduttività dei nuovi materiali ceramici (superconduttori caldi) scoperti due decenni fa, che presentano questa proprietà collettiva fino ad un centinaio di gradi Kelvin (circa 170 gradi centigradi sottozero), dove l'agitazione termica mette a dura prova il fragile edificio teorico fondato sugli uncini.

Un campo dove l'eredità della fisica classica è ancora trionfante è la biologia molecolare, in cui si tenta di ricostruire la dinamica della materia vivente, che ha un comportamento ben determinato nello spazio e nel tempo, attraverso l'uso delle forze chimiche che hanno un raggio di azione cortissimo (dell'ordine del diametro molecolare). E' vero che due biomolecole, una volta incontratesi, interagiscono sulla base del meccanismo donatore-recettore (o, se si vuole, chiave-serratura); questo è un risultato ormai ben acquisito. Però manca il meccanismo per spiegare come facciano due molecole “destinate ad incontrarsi” a trovarsi partendo da grande distanza in mezzo a moltissime altre molecole; e questo in breve tempo e senza errori dal momento che gli “errori biochimici”, le molecole “mostruose” derivanti dall'interazione di partner incongrui, non sono molti. Come possono fare moltissime chiavi a trovare in breve tempo e senza errori la rispettiva serratura in mancanza di un campo di forza a lungo raggio come il campo elettromagnetico? [6]

La teoria quantistica dei campi è però capace di mostrare che le configurazioni “classiche” spesso non sono le configurazioni di minima energia di un sistema fisico; esse spesso sono configurazioni instabili che il sistema non può assumere per più di un tempo brevissimo. Il campo a lunga distanza, infatti, amplifica le oscillazioni dei singoli elementi generando fluttuazioni collettive dell'intero sistema tali da portarlo in configurazioni di bassa energia, impossibili o improbabili nello schema concettuale classico[7].

Queste configurazioni sono caratterizzate dal moto collettivo coerente dei componenti, tenuti in riga dal campo che oscilla in fase con essi nell'ambito di regioni, la cui dimensione è data dalla lunghezza d'onda del campo. Emerge qui una proprietà stupefacente della natura; mentre l'imposizione del determinismo a livello microscopico (meccanica classica) può condurre al caos a livello macroscopico, l'accettazione della fluttuabilità a livello microscopico (fisica quantistica) conduce a situazioni macroscopiche ordinate e prevedibili. Questo risultato rovescia il diffuso pregiudizio di una meccanica classica deterministica e di una fisica quantistica indeterministica.

Le configurazioni “collettive” sono protette dalle fluttuazioni e dalle eccitazioni esterne da robuste barriere energetiche, salti di energia che il sistema deve compiere a partire dallo stato collettivo. Questi salti, come nel caso dei quark, possono essere anche infiniti, dando allora luogo a sistemi collettivi i cui componenti non potranno mai liberarsi.

La situazione fisica all'interno di un sistema materiale descritto da un'unica funzione d'onda, come sono appunto gli stati quantistici descritti sopra, è paradossale alla luce dell'intuizione comune modellata sul paradigma classico. Infatti gli oggetti componenti questi stati sono reciprocamente connessi da correlazioni che viaggiano con quella che nel gergo dei fisici è chiamata velocità di fase. In un fenomeno ondulatorio abbiamo il trasporto di due distinte variabili fisiche: l'energia e la fase, coincidendo quest'ultima con il ritmo dell'oscillazione. Prendiamo l'esempio di un'orchestra. Il fenomeno ondulatorio da essa prodotto, cioè la musica, ha appunto due componenti:

l'energia prodotta dagli esecutori attraverso i loro strumenti, che risulta nell'intensità del suono, e la fase, comunicata agli orchestrali dal direttore d'orchestra. Costui non contribuisce alla musica con la sua energia ma con il ritmo, appunto la fase. Queste due variabili si muovono con velocità diverse. L'energia, in accordo ai requisiti della teoria della relatività, non può viaggiare ad una velocità superiore a quella della luce. La velocità di fase invece può eccedere questo limite e può essere perfino infinita.

All'interno dei sistemi quantistici le correlazioni viaggiano appunto con la velocità di fase [8], esse cioè possono essere istantanee e la loro dinamica essere perciò "sincronica". Invece le relazioni tra diversi sistemi quantistici, essendo mediate dallo scambio di energia, seguono una dinamica "diacronica" e obbediscono al principio di causalità. L'esistenza di queste due dinamiche [9] era già emersa nel dialogo tra il fisico Wolfgang Pauli e lo psicanalista Carl Gustav Jung, il cui epistolario è stato pubblicato non molto tempo fa [10].

L'esistenza di correlazioni di fase, chiamata nel gergo dei fisici "entanglement", distrugge la possibilità di avere corpi isolati, caposaldo della fisica classica. Proprio questo risultato aveva turbato Albert Einstein, che fu il primo a rendersi conto di questa possibilità, a tal punto da convincerlo che la fisica quantistica non potesse essere lo strumento concettuale giusto per comprendere la realtà fisica [11]. Questo stesso motivo invece attirò alla fisica quantistica la simpatia di chi, come appunto Jung, era convinto della sostanziale interconnessione di tutte le parti dell'universo e del fatto che alla base di questa interconnessione vi fosse un ritmo di oscillazione, una "musica dell'universo", una reciproca risonanza di tutte le sue parti.

L'unità dell'universo, la sua "oneness", il suo essere uno, non riposa perciò centralmente sul concetto di forza, mediata da un'energia, ma sulla condivisione di una fase, l'universo cioè non è tenuto insieme dalla forza ma da un'influenza sottile avvertibile nel silenzio e che trova la sua massima espressione nel "vuoto quantistico" [12].

A livello degli esseri viventi, questa dinamica di fase potrebbe corrispondere seguendo l'intuizione di Jung o anche di Wilhelm Reich e di altri con il sistema emotivo, che d'altra parte è all'origine dell'espressione artistica. Già Schelling all'inizio dell'800 aveva definito l'esperienza artistica come la risonanza di un soggetto con un oggetto e nel 900 Walther Benjamin aggiungerà che un capolavoro non può essere definito di per sé, ma qualsiasi oggetto può diventare un capolavoro per quel soggetto che risuoni con esso. L'esperienza artistica viene perciò ad essere una manifestazione della dinamica quantistica alla base dell'universo e la soggettività, separata dall'arbitrarietà, acquista una dimensione oggettiva, come anticipato da Kant nella "Critica del giudizio".

La fisica quantistica perciò, avendo rotto la polverizzazione dell'universo in una miriade di corpi isolati dialoganti fra di loro soltanto attraverso lo scambio di energia, cioè l'uso della forza, come sostenuto dalla fisica classica, prodotto concettuale di una società fondata sul primato degli individui, apre una diversa e affascinante prospettiva. Questa prospettiva è l'interconnessione di tutti i corpi dell'universo in un dialogo mantenuto dal sussurro sommesso delle correlazioni di fase che diventano evidenti soltanto a chi si sia disposto ad ascoltarle [13]. Questo è ben chiarito da un principio di indeterminazione dimostrabile dalla Teoria Quantistica dei Campi. Il prodotto dell'incertezza del numero di "quanti" di un campo quantistico (quali gli atomi nel caso del campo di materia o i fotoni nel caso del campo elettromagnetico) per l'incertezza della fase dello stesso campo non può essere più piccolo della costante di Planck. Questo risultato significa, in analogia con le conseguenze dell'analogo principio di Heisenberg sulla relazione tra posizione e impulso di una particella, che non è possibile avere una esatta conoscenza di entrambe le variabili. In altri termini, in accordo con Niels Bohr [14], abbiamo un principio di complementarità nell'universo. Se ci concentriamo sulla determinazione del numero dei quanti, cioè sulla struttura atomica dell'universo, cioè sul riconoscimento degli individui che ne fanno parte, perdiamo la possibilità di conoscerne la fase, cioè diventiamo sordi alla pitagorica "musica dell'universo". Se invece ci concentriamo su quest'ultima, la struttura microscopica dell'universo svapora e anneghiamo le individualità in un'unica avvolgente musica. Diceva Vico: il vero poetico è più vero del vero fisico. Ma la fisica quantistica riesce a recuperare la poesia nella sua verità [15].

BIBLIOGRAFIA

- 1) W. Reich - Etere, dio e diavolo - Sugarco, 1974
- 2) Si veda la discussione contenuta nella tesi di dottorato di Karl Marx - Differenza tra la filosofia della natura di Democrito e quella di Epicureo - scritta nel 1843 e pubblicata nel febbraio 1844 nell'unico numero apparso degli "Annali franco-tedeschi". Questa tesi è oggi rinvenibile in: FilosoficoNet HTML mark-up: Mishù, febbraio 2004-Archivio Marx-Engels.
- 3) H. Umezawa - Advanced field theory: micro, macro and thermal concepts - American Institute of Physics - 1993
- 4) G. Preparata - An introduction to a Realistic Quantum Physics - World Scientific - 2002
- 5) P.W.Anderson - Basic Notions of Condensed Matter Physics - Benjamin-Cummings - 1984

- 6) E. Del Giudice – The psycho-emotional- physical unity of living organisms as an outcome of quantum physics – nel volume : Brain and Being. At boundary between Science, Philosophy, Language and Arts
(eds. Globus, Pribram and Vitiello) – John Benjamins -2004 , pag.69-85
- 7) E. Del Giudice – Old and New Views on the Structure of Matter and the special case of Living Matter – Journal of Physics: Conference Series 67, 012006 -2007
- 8) E. Del Giudice e G.Vitiello – Role of the Electromagnetic Field in the Formation of Domains in the Process of Symmetry-breaking Phase Transitions – Physical Review A74, 022105 (1-9) - 2006
- 9) W. Pauli – Fisica e Conoscenza - Bollati-Boringhieri – 2007
- 10) Pauli-Jung , Il Carteggio, a cura di Carl A. Meier, Il Minotauro, 1999
- 11) A.Einstein, B. Podolsky, N. Rosen – Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete –Physical Review 47,777 – 1935
- 12) G. Preparata – L’architettura dell’Universo – Bibliopolis – 2001
- 13) G. Vitiello – My Double unveiled - John Benjamins - 2001
- 14) N. Bohr – The philosophical writings of Niels Bohr (3 volumi) – Ox Box, Woodbridge, Connecticut, USA – 1987
- 15) E. Del Giudice – Prometeo ovvero l’anima passionale della ragione scientifica – nel volume “ Scienza e Società “ (curato da Thomas Elze) – Aracne Editrice, Roma – 2009 – pag. 135-148