

Relazione di Alfredo Spadoni

Mentale e materiale

Il problema dell'essere mi pare avere sempre permeato il dibattito culturale. L'essere è stato prevalentemente connesso col materiale almeno da quando l'atomismo è diventato dominante. Lo spirito, il mentale, il non materiale sono considerati esistenti solo come manifestazioni, o epifenomeni emergenti dal materiale. Constatare che la fisica oggi pare tendere a cancellare il dualismo fra materiale e mentale, o almeno a ridurre il dualismo ad un monismo costituito da non ben definiti eteri, per il momento solo matematicamente descritti, mi pare non privo di interesse.

Il vuoto oggi è considerato un mezzo complicato, un condensato di campi quantistici. Il vuoto e questi campi, detti anche eteri, obbediscono alle leggi della meccanica quantistica e in particolare al principio di indeterminazione di Heisenberg per cui il prodotto delle incertezze del tempo, Δt , e dell'energia, ΔE , non può essere inferiore alla costante h di Planck. Per questo può apparire energia in quantità tanto maggiore quanto più breve è il suo tempo di vita. Il vuoto è un mezzo dinamico, pieno di un continuo apparire e scomparire di energia nel rispetto del principio $\Delta t \cdot \Delta E \geq h$. Ma l'emergere di energia è emergenza di massa per la relazione di Einstein $m = \Delta E / c^2$ (dove c è la velocità della luce). Oltre alle particelle, dette virtuali, che compaiono e spariscono in tempi brevi, i campi quantistici generano particelle e antiparticelle in analogia a quanto accade nel campo elettromagnetico, nel quale si condensano fotoni dalle vibrazioni del campo.

Il fisico delle particelle elementari F. Wilczek, premio Nobel nel 2004, all'inizio del libro "La leggerezza dell'essere" scrive:-

Ciò che ai nostri occhi appare come spazio vuoto si rivela alla nostra mente come un mezzo complesso, brulicante di attività spontanea... Oltre l'attività spontanea... lo spazio è riempito da diversi strati di qualcosa di più permanente e sostanziale... che i fisici chiamano eteri *materiali condensati*. Si può dire che essi si condensano spontaneamente dallo spazio vuoto come la rugiada del mattino... Fra tutti i condensati, quello che comprendiamo meglio consiste nelle coppie quark-antiquark. Stiamo parlando di particelle reali, oltre alle effimere particelle virtuali che vanno e vengono spontaneamente... Quindi lo spazio perfettamente vuoto è un ambiente esplosivo, pronto a deflagare con molecole reali di quark-antiquark:-

Il vuoto è un condensato di particelle e antiparticelle che o scompaiono o, avendo cariche opposte, tentano di legarsi e sovrapporsi per annullarsi. Ma la sovrapposizione comporterebbe una incertezza nulla nella posizione, Δx , che è vietata dal principio di indeterminazione, in quanto $\Delta t \cdot \Delta E \geq h$, moltiplicando entrambi i termini per c , può anche scriversi: $c \cdot \Delta t \cdot \Delta E \geq h \cdot c$, dove $c \cdot \Delta t = \Delta x$, e quindi: $\Delta x \cdot \Delta E \geq h \cdot c$, di cui nessun termine può essere nullo.

Da ciò discende che, non potendo essere né $\Delta x = 0$ né $\Delta E = 0$, si ha un $\Delta E = h \cdot c / \Delta x$. Si crea così una particella di massa $m = \Delta E / c^2 = h / (c \cdot \Delta x)$ (1).

Ma Δx , in quanto distanza fra quark e antiquark legati dalla forza forte, mediata da gluoni, non può assumere tutti i valori, può assumere solo quelli che consentono onde stazionarie per le onde associate ai quark, per il dualismo onda corpuscolo. Pertanto $\Delta x = n \lambda$, con n numero intero e λ lunghezza dell'onda associata. Sostituendo in (1) si ha: $m = h / (c n \lambda)$. Con $n=1$ possiamo scrivere: $m = h / (c \lambda)$ ma essendo $\lambda = c / \nu$, ν frequenza dell'onda, avremo: $m = h \nu / c^2$. La massa, dunque la materia delle particelle, è data, dalle vibrazioni stazionarie dell'onda associata all'energia emersa dai campi quantistici. Quanto precede è una estrema semplificazione di quanto può vedersi nel libro di F. Wilczek "La musica del vuoto". Le frequenze del vuoto richiamano la kepleriana "armonia della sfera" ed è frequente questa metafora che lega la musica all'armonia che si scopre nel creato. Pertanto a fondamento del reale sarebbero questi eteri, questi vuoti e prima ancora le leggi a cui obbediscono.

Quando poi parla dei quark e dei gluoni, le particelle più fondamentali costitutive dei nuclei atomici di cui siamo fatti, Wilczek dice:-

Se interpretati nel modo corretto, modificano la nostra interpretazione della natura della realtà fisica in un modo fondamentale. Infatti i quark e i gluoni sono bit anche in un altro senso (oltre a quello di unità costitutive), più profondo, quello che usiamo parlando di bit di informazione. In una misura qualitativamente nuova nella scienza, sono idee incarnate...Il punto che desidero mettere in evidenza qui, sin dall'inizio, a partire dal titolo, è che i quark e i gluoni, o più precisamente i loro campi, sono oggetti matematici completi e perfetti.:-

Lo spazio e il tempo, inseparabili dopo le relatività di Einstein, vengono presentati come uno spazio-tempo vuoto, ma un vuoto di materia ed energia pieno di potenzialità, descritte da leggi matematiche, esistenti di per sé ed anteriori a spazio, tempo ed energia. La fisica dunque ha qualcosa da dire su problemi che hanno a lungo coinvolto il pensiero filosofico. Senza la pretesa di sostituirsi ad esso ma, come spesso ha fatto, per dare informazioni utili alla riflessione filosofica. Basta ricordare le tesi contrapposte di materialismo e idealismo o il dualismo cartesiano di *res cogitans* e *res extensa*. La fisica contemporanea sembra andare nella direzione di un monismo immateriale, con le caratteristiche del mentale, da cui scaturirebbe il tutto in un processo evolutivo verso la complessità. In qualche modo sembra che proponga un ritorno ad un certo tipo di pitagorismo. Per Pitagora a fondamento del tutto starebbero i numeri, oggi si direbbe: le funzioni matematiche dei campi quantistici. Per esprimere in modo sintetico il suo pensiero Wilczek lo semplifica pressappoco così: dalla formula di Einstein $m = E/c^2$ deriva che la massa è energia; dalla formula di Planck $E = h \cdot \nu$, segue che l'energia è vibrazione; ma a vibrare è il nulla dello spazio-tempo. Oppure, citando il grande fisico J. Wheeler, che aveva il dono di inventare espressioni eleganti e facili da ricordare, che però colgono il senso di idee profonde, scrive: "Its from bit".

La natura di questi campi quantistici, o eteri, non è ben chiara e ridurli a pura matematica non è universalmente accettato, anzi è più diffusa l'idea che questi eteri siano in qualche modo riconducibili a un qualche tipo di materia sconosciuta ma diversa da quella di cui siamo fatti, e che la matematica non sia altro che un nostro linguaggio per descrivere la realtà percepita.

La lettura dell'ultimo libro di Wilczek "*Una bellissima domanda*" edito da Einaudi è una ricca argomentazione in cui l'autore sostiene che la fisica contemporanea mostra la realtà come l'incarnazione di bellissime idee. A me pare che la tesi sia proprio che incarnazione vada presa alla lettera nel senso che le idee si fanno carne, materia. L'argomentazione insiste sul rapporto fra simmetria, semplicità, potenza esplicativa e bellezza.

Wilczek sinteticamente dice che le simmetrie sono "cambiamento senza cambiamento".

Nella elaborazione teorica contemporanea i fisici, consapevoli della fundamentalità delle simmetrie, ipotizzano leggi che godono di invarianza rispetto a trasformazioni in spazi delle proprietà particellari e cercano successivamente il controllo nella ricerca sperimentale. Spesso, anche se non sempre, le previsioni teoriche hanno trovato conferma. La fiducia in una tale metodologia è consolidata, oltre che dai successi sperimentali, anche dal teorema di Emmy Noether (1882-1935) che dimostra come i principi di conservazione delle grandezze fisiche dipendano da simmetrie sottostanti.

La consapevolezza dell'importanza delle simmetrie è maturata tardi, ma già Maxwell, nella sua elaborazione teorica, si era lasciato guidare dalla ricerca di sistemi di legge simmetrici.

Per renderci conto in che senso si può sostenere che la realtà è l'incarnazione di bellissime idee, piuttosto che fare riferimento alla fisica delle particelle, ritengo più semplice partire da conoscenze fisiche più diffuse. Farò riferimento al principio di conservazione dell'energia che per il teorema di Emmy Noether dipende dalla simmetria legata all'invarianza delle leggi per traslazioni temporali. Nella fisica classica l'energia cinetica e l'energia potenziale sembrano concetti teoretici più che entità fisiche. I corpi, la materia, erano gli enti di cui si cercava di descrivere il divenire.

L'energia cinetica è l'energia che si attribuisce ad un corpo in virtù della sua velocità e l'energia potenziale è l'energia che un sistema di corpi interagenti possiede in virtù delle posizioni relative.

Così se portiamo una massa ad una certa altezza dalla superficie della terra, questo cambiamento delle posizioni fa assumere al corpo una energia che si trasformerà in cinetica se lo lasciamo cadere. Questi cambiamenti di energia sembravano altro dalle masse in gioco. Sembravano idee, concetti, utili per descrivere i movimenti dei corpi ma non avere il loro stesso statuto esistenziale. Un'altra simmetria, quella alla base della teoria della relatività ristretta, aggiunta a quelle della meccanica di Galileo e Newton, ossia l'invarianza della velocità della luce rispetto osservatori in moto, comporta che l'energia sia equivalente alla massa. Non si conservano separatamente massa ed energia, quello che si conserva è la massa-energia in quanto medesime entità che possono trasformarsi l'una nell'altra. Che l'energia sia massa è particolarmente evidente a livello delle particelle elementari. Basta pensare che in un atomo di idrogeno il nucleo, formato da tre quark, interagenti tramite un campo di forze, quello nucleare forte, ha una massa molto superiore alla somma delle masse dei tre componenti. Tale massa nucleare è soprattutto dovuta alle energie cinetica e potenziale dei quark che formano il nucleo. I concetti di energia sono così diventati materia, massa, si sono per così dire incarnati. Basta pensare che la somma a riposo dei 3 quark che compongono un protone è di circa 10 Mev, mentre riuniti nel protone la massa diventa di 1000 Mev, per rendersi conto che il 99% della massa è determinata dalle energie di legame, cinetiche e potenziali. Sono le relazioni fra i tre quark le cause formali della massa risultante. La massa finale non è la somma delle singole masse componenti, emerge come proprietà dell'insieme, proprietà olistica del composto.

E' la famosa formula: $m=E/c^2$ per cui la massa in gran parte è dovuta ad E, all'energia, e l'energia è vibrazione. Quanto detto per il nucleo di idrogeno è ripetibile per tutti i nuclei, poiché sono formati da protoni e neutroni. Da queste idee viene la possibilità di affermare che gli atomi sono "massa senza massa", se per massa considerassimo solo quella a riposo dei quark e degli elettroni. Occorre poi ricordare che anche le masse dei quark sono vibrazioni dei campi quantistici. Anche noi siamo fatti di questi atomi leggeri.

Nell'ambito della ricerca nello studio delle particelle elementari la convinzione che le simmetrie matematiche determinino l'essere, che l'informazione formalizzata matematicamente sia a fondamento del reale comincia a diffondersi.

Nell'articolo "Lo spazio è digitale?" di Michael Moyer , apparso sulla rivista "Le Scienze" di aprile 2012 , Moyer scrive:-

Nel corso degli ultimi vent'anni i fisici hanno capito molto di come l'universo immagazzina informazione, arrivando a ipotizzare che sia l'informazione, e non la materia e l'energia, a costituire l'unità fondamentale dell'esistenza...L'universo è informazione...e i frammenti fondamentali di informazione, che generano l'universo, vivono alla scala di Planck...

"Credo che lo spazio-tempo sia, come si suol dire, una proprietà emergente", afferma Herman Verlinde, fisico della Princeton University,...che "viene fuori da un mucchio di 0 e 1."

La scala di Planck è definita dalla lunghezza di Planck che vale 10^{-35} m. Sono le dimensioni alle quali non valgono più le leggi della fisica che conosciamo:-.

C'è ancora molto da scoprire sul rapporto fra mentale e materiale anche a livello macroscopico.

Aggiunta alla relazione precedente: Alfredo Spadoni

Campi quantistici

Il Modello Standard della fisica delle particelle è la teoria attualmente più efficace per spiegare il mondo che ci circonda. Quark, fotoni, computer, calore, luce, televisori, batteri e stelle sono tutte sue applicazioni. E' la teoria più completa della realtà evidente ai nostri occhi. In esso a fondamento della realtà stanno i campi quantistici, che non sono costituiti da niente altro, sono loro i costituenti fondamentali del mondo. Tutto è prodotto da campi o da loro combinazioni.

Quelle che chiamiamo particelle non sono altro che onde vibranti in questi campi. C'è un campo elettronico e le onde vibranti in esso fanno emergere elettroni, come i fotoni emergono dal campo elettromagnetico e così per i quark e per ogni tipo di particella sia fermionica che bosonica.

Ogni particella ha dimensioni che sono legate alla lunghezza d'onda dell'onda di cui è vibrazione.

Essendo energia, $E=h\nu$, (con h costante di Plank e ν frequenza dell'onda), dunque massa, $m=E/c^2$, abbiamo: $m= h\nu/c^2$, ma essendo $\nu=c/\lambda$ (c velocità della luce e λ lunghezza d'onda dell'onda associata), si ha: $m= hc/\lambda c^2$ e semplificando: **$m= h/\lambda c$** .

Da questa relazione, essendo h e c costanti, risulta che più grande è la massa più piccolo è λ , più concentrata spazialmente la sua massa-energia e più evidente l'aspetto particellare. Particelle di massa piccola invece, avendo λ grande, hanno l'energia diffusa in uno spazio più ampio.

Ma cosa sono questi campi?

I campi sono descritti da funzioni che forniscono i valori da assegnare ad ogni punto dello spazio.

Questi valori danno le probabilità che dai quei punti possano emergere determinate quantità di energia sotto forma di onde vibranti. Onde vibranti che noi percepiamo come particelle dalle dimensioni legate alla lunghezza d'onda λ . Una rappresentazione spaziale di questi campi darebbe l'impressione di un paesaggio collinare dove le quote darebbero i valori delle quantità di energia possibili emergenze da ciascun punto del piano. Queste funzioni, che descrivono i campi, forniscono come le mappe del paesaggio. Sono informazione ma sono reali, la mappa pesa.

Wilczek in "La leggerezza dell'essere", dove i campi li chiama anche griglie, dice:

Perciò la recente scoperta astronomica del fatto che la Griglia pesa - che l'entità che percepiamo come spazio vuoto ha una densità universale, diversa da zero - dà l'ultimo tocco alla tesi della realtà fisica della Griglia.

Il vuoto in realtà sarebbe pieno di campi al valore zero, ma questi campi, obbedendo alle leggi quantistiche, presentano vibrazioni a causa dell'intrinseca indeterminazione quantistica per cui ΔE e Δt non possono mai essere esattamente zero. Le vibrazioni sarebbero attorno a un qualche valore medio che tipicamente è zero. Per questo il vuoto in realtà è un vulcanico ambiente pieno di attività, di onde vibranti, di particelle.

Il fisico Sean Carroll, in "La particella alla fine dell'Universo", ed. Codice, scrive:

Quando parliamo di fisica delle particelle, di solito non sottolineiamo che stiamo in realtà parlando di fisica dei campi. Ma è così ... i mattoni fondamentali della realtà, così come la comprendiamo oggi, sono i campi quantistici. I campi non sono "fatti di qualcosa" ... sono la sostanza stessa di cui è fatto il mondo. Non conosciamo alcun livello di realtà più fondamentale ... Secondo la teoria quantistica dei campi, quando osserviamo un campo, con sufficiente accuratezza, lo vediamo risolversi in particelle, sebbene il campo in sé sia reale ... Se lo osserviamo abbastanza da vicino, vedremo particelle apparire e sparire nello spazio vuoto, a seconda delle condizioni locali.