



Gennaro Auletta è direttore scientifico della specializzazione in «Scienza e filosofia» dell'Università Gregoriana di Roma. È vice-coordinatore del progetto internazionale «Stoq», che indaga questioni sul confine fra ricerca scientifica, tecnologia e domande ontologiche. Domenica 7 ottobre a BergamoScienza, assieme al fisico Samuel Braunstein, ha spiegato lo stato degli studi e delle sperimentazioni che cercano di aprire la strada verso una nuova tecnologia fantascientifica: il teletrasporto. Per gli oggetti della vita quotidiana è ancora una meta lontana, ma è stato realizzato in molti laboratori di fisica nucleare a livello di particelle subatomiche, utilizzando in particolare i fotoni.

In laboratorio il fotone, «trattato» con particolari specchi semiriflettenti (chiamati *beam splitters* letteralmente, specchi dividi-raggio) viene a trovarsi contemporaneamente in due punti diversi. Il fenomeno, definito dai fisici come un vero teletrasporto, sia pure per ora limitato al mondo della meccanica quantistica, sarebbe spiegabile in termini di «*entanglement*», una parola inglese difficile da tradurre, che suggerisce l'immagine di un collegamento intricato, una relazione amorosa complicata, un rapporto coinvolgente ai limiti della vischiosità. Per la fisica quantistica è un'interrelazione, una sorta di «immediato passaggio di informazione» fra le particelle di cui è composto l'universo, in grado di legarne misteriosamente il destino anche quando si trovano molto distanti una dall'altra: se ne «tocchi» una, istantaneamente si modifica anche l'altra.

Sono studi ancora molto teorici, ma non sono più ipotesi vaghe: la meccanica quantistica ormai sta facendo balenare la possibilità di applicazioni tecnologiche che, una volta realizzate, sarebbero assolutamente rivoluzionarie. E molti scienziati sono convinti che entro pochi anni esse saranno alla nostra portata.

Professor Auletta, in che mondo stiamo entrando? Siamo sull'orlo di un nuovo salto epocale?

«La meccanica quantistica, nata attorno al 1910, è stata per circa un secolo una disciplina di carattere essenzialmente teorico. È vero che anche la bomba atomica è un effetto degli studi del '39 di Niels Bohr e di John Wheeler, come pure applicazioni che ormai ci sono molto familiari come le cellule fotoelettriche e il laser. Ma finora i principi fondamentali della quantistica non sono stati sfruttati fino in fondo sul piano tecnologico. Per esempio, è noto che le nostre telecomunicazioni sono sorvegliate. Con la tecnologia attuale però è impossibile controllare il traffico telefonico o internet di miliardi di persone. E resta comunque il problema di immagazzinare, rintracciare, gestire i dati. Così i controlli avvengono a campione, oppure scattano quando incontrano una parola-chiave. Con la computazione quantistica sarà invece possibile processare una quantità spaventosa di informazioni. Il professor Braunstein ha detto nella sua conferenza che un sistema di 300 atomi potrebbe processare 2 alla 300ª bit: più di tutto l'universo, che si stima contenga 10 alla 87ª particelle elementari».

Un computer quantistico potrebbe quindi far «girare» sui suoi dischi più di un universo?

«Sono scenari sorprendenti. Eppure alcuni modelli teorici esistono già. L'algoritmo di Grover, ad esempio, permette di fare ricerche rapidissime all'interno di un database; l'algoritmo di Shor consentirebbe di ricercare i fattori primi di qualsiasi numero in pochi nanosecondi: operazioni per le quali un computer attuale impiegherebbe anni luce. I presupposti teorici ci sono tutti, la parola oggi passa a ingegneri e tecnici».

La quantotecnica offre solo opportunità o presenta anche aspetti pericolosi?

«Non esistono tecnologie buone o cattive in sé. O meglio: tutte le tecnologie sono al tempo stesso buone e cattive, dipende dall'uso che se ne fa. Ogni grande innovazione, proprio quando è tale, comporta sempre degli immensi rischi e naturalmente rappresenta al tempo stesso delle straordinarie opportunità. Con le tecnolo-



INFINITAMENTE GRANDE E INFINITAMENTE PICCOLO Una nebulosa. Sotto, collisioni di particelle

UNIVERSO

Le cose più lontane sono legate fra loro

Auletta: «Grazie alla quantistica sta per iniziare una rivoluzione tecnologica straordinaria e rischiosa»

gie quantistiche sarebbe possibile esercitare un controllo sociale capillare, e nelle mani sbagliate una potenza di calcolo simile avrebbe effetti devastanti sulla società umana. Sono avanzamenti tecnologici che ci pongono di fronte a interrogativi seri di ordine morale, sociale, politico».

Che rischi possiamo correre?

«Faccio un esempio. Nelle trasmissioni basate su interrelazioni quantistiche nessun ascoltatore terzo potrebbe inserirsi per copiare e duplicare le informazioni. Ciò significa che domani due persone che avessero la possibilità di accedere a questo tipo di tecnologia sarebbero al riparo da qualsiasi intercettazione».

Una formidabile barriera a difesa della privacy!

«È evidente. Ma se cadesse in mano a mafiosi o terroristi, cosa accadrebbe?».

Il settore militare si sta occupando di queste cose?

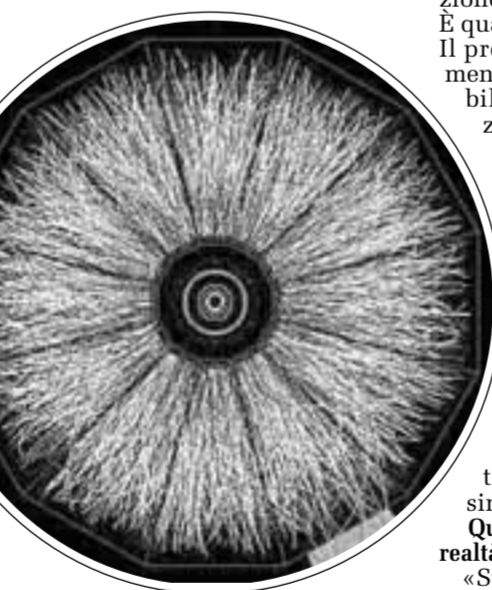
«Certo, questa è tutta tecnologia che viene studiata e prodotta sotto controllo. Ma sono questioni che riguardano tutti noi e il futuro dei nostri figli. Non sono cose solo da scienziati pazzi».

Braunstein ha detto che le informazioni quantistiche viaggeranno su canali assolutamente tradizionali: ha parlato addirittura di «segnali di fumo».

«Sono tecnologie che devono far uso di componenti classiche, ma prima bisogna risolvere il problema dell'enorme sensibilità all'ambiente dei sistemi quantistici, che sono molto fragili, tendono a perdere la loro specificità e dunque l'informazione che contengono».

La quantistica ci ha mostrato che esistono interazioni fisiche che cadono completamente al di fuori del quadro teorico che abbiamo costruito negli ultimi 300 anni?

«Non "interazioni" ma "interrelazioni". Nelle interazioni due elementi sono collegati sul piano locale, scambiano energia o materia. L'interrelazione invece può avvenire a distanza,



Computer infinitamente potenti diventeranno anche un mezzo di controllo sociale molto capillare. Ci aspetta un mondo del tutto nuovo, nel quale la Teoria della Relatività di Einstein invecchierà presto. Ma ci vorranno ancora 50 anni perché la scienza si risvegli dal sonno dogmatico attuale

senza alcun contatto. Il modello-tipo della fisica classica è quello dell'urto di elementi. Supposto che tutto nell'universo possa essere ridotto a collisione fra particelle, non si dovrebbero osservare relazioni di ordine non dinamico, cioè interdipendenze».

Invece ci sono.

«L'entanglement è precisamente il

fenomeno per cui a una variazione di stato di un sistema corrisponde da qualche parte nell'universo la variazione di stato del sistema interrelato. È qualcosa che ci appare misterioso. Il problema è che misurare direttamente un'interrelazione non è possibile: misurare è sempre un'operazione "locale", le interrelazioni invece non lo sono. Pensiamo a una relazione fra un uomo e una donna: per capire che rapporto intercorre fra due esseri umani l'unico modo è osservare il comportamento di uno, poi quello dell'altro e inferire quindi l'esistenza di un certo tipo di rapporto che, in sé, non è un oggetto osservabile. Il fenomeno dell'entanglement, che anche qui a BergamoScienza ha suscitato tanto interesse, è qualcosa di simile».

Queste relazioni a distanza sono però realtà materiali: non «spirituali».

«Stiamo parlando della realtà più fondamentale di tutto l'universo. La meccanica quantistica ormai è una certezza scientifica: è la teoria più testata della storia umana. Solo che questo ci costringe a cambiare la nostra idea di realtà. Aristotele direbbe che l'entanglement è una forma di realtà "potenziale"».

Si torna all'antico?

«Werner Heisenberg l'aveva capito, ma i fisici all'inizio del '900 non erano attrezzati per comprendere una cosa del genere. Purtroppo la scienza moderna ha rigettato il pensiero aristotelico, buttando via il bambino con l'acqua sporca dei cattivi commenti all'opera del filosofo».

Questi legami quantistici ignorano le distanze spaziali. Anche quelle temporali?

«Sì, perché sono interrelazioni istantanee: cambia una cosa qui, si modifica una cosa anche là. La meccanica quantistica ci induce a pensare l'universo come una combinazione di globale e di locale. Ci sono fenomeni globali, regolati dalla meccanica quantistica, e fenomeni locali che

CHI È

Uno scienziato che riscopre l'ontologia



Gennaro Auletta, epistemologo e filosofo della scienza, è nato il 27 agosto 1957 a Napoli. Sposato, padre di due figli, è Direttore della specializzazione «Scienza e Filosofia» all'Università Gregoriana di Roma, dove tiene corsi su meccanica quantistica, comunicazione ed elaborazione quantica. Si è occupato di storia della fisica classica, filosofia della natura, filosofia nordamericana, storia della filosofia (in particolare di Bacon, Descartes, Leibniz). Con Giorgio Parisi e Mauro Fortunato sta lavorando a un manuale di meccanica quantistica, e si occupa della relazione tra feedback degli esseri viventi e sistemi esperti.

IL PROGRAMMA

Chimica, giovedì arriva Silvia Giordani

Ultima settimana per godersi le mostre e i laboratori allestiti al chiostro di San Francesco, in Provincia, a Palazzo Frizzoni, al Palamonti, in Cittadella. Le iniziative sono segnalate dai inconfondibili cartelloni con la banda con i colori della città. Da vedere anche le iniziative delle scuole: al Liceo Artistico, al Sarpi, al Natta. Domani alle 21 alla Borsa Mercuri si conversa sull'ingegnerizzazione delle cellule con Roberto Sitia, Irene Cantone, Michela De Palma e Jessica Caprioli. Giovedì 18, al Centro Congressi Giovanni XXIII, per «Orientagiovani-chimica» interviene Silvia Giordani, la chimica bergamasca che in Irlanda ha vinto un milione di euro per il suo progetto di ricerca.

seguono le leggi della fisica classica». Questi studi confermano una vecchia idea: che l'infinitamente grande e l'infinitamente piccolo sono collegati.

«In modo dinamico. La cosa interessante è che né l'uno né l'altro aspetto può essere assolutizzato. Il nostro universo è un continuo gioco, un inesauribile rimescolamento fra questi due estremi».

Allora la rivoluzione portata da Hei-

senberg è più grande della Relatività di Einstein?

«Certamente. Si tratta di una scoperta enorme, una vera rivoluzione concettuale di cui non ci siamo ancora resi conto. Per svegliarsi dal sonno dogmatico della scienza classica ci vorranno, immagino, ancora cinquant'anni».

Il potenziale di informazione contenuta nei sistemi quantistici è enorme, ma essa non è completamente accessibile. Perché?

«Perché i sistemi quantistici sono più ordinati che esistono in natura: la loro entropia - la misura del disordine - è zero. Ma un sistema troppo ordinato non fornisce alcuna informazione. Accediamo all'informazione quando si crea un certo grado di disordine, quando i sistemi interagiscono con altri. Essi producono eventi nel momento in cui collasano su alcune posizioni e scaricano il "resto" nell'ambiente, cosa che provoca quello che viene chiamato il *quantum noise*, il rumore quantistico di fondo. Per avere accesso a una parte dell'informazione occorre perciò necessariamente rinunciare all'altra parte».

È come se noi, per vedere un oggetto, dovessimo essere ciechi alla gran parte di ciò che esiste.

«Aristotele diceva che il Sole non si può guardare».

Possiamo dire che il limite è connotato alla conoscenza?

«Dico una cosa ancora più radicale: la conoscenza non è altro che una forma, una manifestazione di questa fondamentale realtà ontologica: che l'universo è un gioco prospettico. La conoscenza umana non è che la manifestazione a livello simbolico di quello che è già vero a livello fisico e a livello dell'informazione».

A questo punto lo studio della fisica classica può sembrare più un ostacolo che un aiuto alla comprensione. Non sarebbe meglio cominciare al contrario, dai quanti piuttosto che dalla mela di Newton?

«Noi esseri umani siamo degli universali-locali. La nostra mente è universale perché è capace di conoscere cose come la struttura dell'atomo o il Big Bang, ma è anche locale, perché parte sempre dalla prospettiva dei nostri cinque sensi, con la struttura del cervello che abbiamo, la lingua che parliamo, il sistema simbolico che ci è stato consegnato dalle generazioni precedenti, le nostre esperienze infantili e adulte, le nostre angosce, paure, presupposizioni... E sarà sempre così, in saecula saeculorum...».

Carlo Dignola
Susanna Pesenti