

i libri di WUZ

Fausto Intilla

Verso una nuova scienza di confine

Le nuove frontiere della ricerca scientifica
nel terzo millennio

Lampi di stampa

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633.

Le riproduzioni per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da AIDRO, corso di Porta Romana n. 108, 20122 Milano, e-mail segreteria@aidro.it e sito web www.aidro.org.

Questo volume riproduce fedelmente il testo fornito dall'autore

Copyright © 2007 Lampi di stampa
Via Conservatorio, 30 – 20122 Milano
ISBN 978-88-488-0580-3
e-mail: [lampedistampa@lampedistampa.it](mailto:lampidistampa@lampedistampa.it)
www.lampedistampa.it

Indice

Prefazione	9
PARTE I	11
Lene Vestergaard Hau	13
Da Aarhus ad Harvard.	13
Le basi di ricerca (i condensati di Bose-Einstein)	21
Ronald L.Mallett e João Magueijo	31
Uno strano ...progetto	31
Due teorie a confronto	40
Operazione Orion	47
Se non decoerisce funziona!	47
Qualche curiosità	55
Le basi di ricerca	56
Kevin Warwick,l'uomo cyborg	61
Il progetto cyborg	61
Le basi di ricerca	66
I Bio Computers	68
Synchro Energy Project	73
Dai "nuclei inconsci" alla Sincronicità.	73
Il magnetometro SQUID:	85
La meditazione, un "rimedio"alla retrocausalità?	86

Le Nanotecnologie	97
I “vantaggi” di un mondo invisibile	97
...Gli aspetti negativi, di un mondo invisibile	101
PARTE II - Biografie	107
<i>John Von Neumann</i>	109
<i>Andrew Wiles</i>	111
<i>Gregory Bateson</i>	111
<i>Claude Shannon</i>	112
<i>Norbert Wiener</i>	113
<i>Marvin Minsky</i>	115
<i>Alan Turing</i>	116
<i>Alfred North Whitehead</i>	120
<i>K.Eric Drexler</i>	123
<i>Richard Feynman</i>	124
 Bibliografia:	 126
Sitografia:	126

*“Ogni passo avanti nella scienza
è partito da un nuovo spunto
dell’immaginazione”.*
John Dewey

*“La scienza non fa veri progressi se non quando una verità nuova
trova un ambiente pronto ad accoglierla.”*
Pëtr Kropotkin

Prefazione

In questi ultimi anni, sono stati fatti degli importanti progressi in merito alla manipolazione di luce e materia, o meglio in merito alla manipolazione relativa alla loro reciproca interazione. A fornire dei ricchi e validi sistemi di analisi in tale campo, sono stati i lasers a risonanza e le loro interazioni con delle dense e fredde nubi atomiche. Tali “campi di luce” (lasers a risonanza), interagiscono fortemente con gli elettroni interni degli atomi, e si accoppiano direttamente con i movimenti esterni degli atomi attraverso delle quantità di moto di “rimbalzo”, trasmesse nel momento in cui i fotoni vengono assorbiti ed emessi. La propagazione della luce ultra-lenta nei condensati di Bose-Einstein, rappresenta un esempio estremo di manipolazione della “risonanza luminosa” (risonanza della luce), con l’impiego di atomi freddi. Negli esperimenti compiuti ad Harvard dalla Dr.ssa Lene Hau e colleghi (Naomi S.Ginsberg, Sean R.Garner), si è dimostrato che un impulso lento di luce può essere fermato e “immagazzinato” in un condensato di Bose-Einstein (in sigla: BEC), per poi venire nuovamente “ravvivato” da un altro condensato completamente differente, posto a 160 micrometri di distanza. L’informazione viene trasferita attraverso la conversione dell’impulso ottico, in un’ “onda viaggiante di materia”. I risultati ai quali sono giunti la Hau e colleghi, forniscono quindi una stupenda dimostrazione, sull’interazione che sussiste tra informazione ottica coerente, e i processi dinamici definiti dalle “onde di materia”.

In queste poche righe, ho descritto soltanto i tratti essenziali inerenti alle ricerche di uno solo, dei personaggi che verranno menzionati in questo piccolo volume, nel quale mi propongo di spiegare, spero con parole non troppo ostiche ai non “*addetti ai lavori*”, le più recenti

teorie (supportate in alcuni casi da esperimenti che ne dimostrano la loro fondatezza), che in ambito scientifico, stanno realmente rivoluzionando il nostro modo di intendere la realtà.

Tra le pagine del presente volume, ho riportato anche la descrizione e i primi risultati del Synchro Energy Project, un progetto nato circa due anni fa (su mia iniziativa) che si proponeva di unificare in un'unica teoria, i concetti di Sincronicità (Junghiana), Non Località e collasso della funzione d'onda. Non mancheranno quindi al lettore attento, degli ottimi spunti di riflessione, in relazione ad un ambito ancora quasi del tutto inesplorato della ricerca sull'interazione tra psiche e materia.

Buona lettura!

FAUSTO INTILLA, CADENAZZO, FEBBRAIO 2007

Ringraziamenti

Ringrazio di cuore Cinzia Turnaturi (*operatrice tecnica all'Istituto di Igiene presso il Policlinico Universitario A. Gemelli di Roma*), per avermi aiutato ad approfondire (grazie alle sue brillanti osservazioni) alcuni aspetti relativi all'interazione che sussiste tra i processi psichici inerenti alle tecniche di meditazione e il Principio di Retrocausalità (strettamente legato, anche se in modo implicito, alla teoria Junghiana della Sincronicità e quindi "indirettamente" alla mia teoria sui "nuclei inconsci").

Una "curiosità" auto-biografica:

Molti dei miei lettori, che hanno avuto il piacere di leggere il mio primo libro ("*Viaggio oltre la vita*"), si saranno sicuramente chiesti come mai, nella mia breve nota biografica riportata nei quarti di copertina, vi è indicato che svolgo la professione di *disegnatore*. Ebbene il mistero è presto risolto: Quando terminai il liceo, non mi iscrissi immediatamente alla facoltà di fisica, bensì a quella di ingegneria civile; per un anno intero quindi, onde potermi pagare gli studi, lavorai presso uno studio di ingegneria in qualità di *disegnatore tecnico*. E fu proprio durante quel periodo di un anno, che oltre a brevettare la mia prima invenzione (la Struttura ad albero per ponti e viadotti), scrissi anche il mio primo libro.

PARTE I

Lene Vestergaard Hau

Da Aarhus ad Harvard

Lene Vestergaard Hau, nacque a Vejle (una città danese di circa cinquantamila abitanti situata sull'omonimo fiordo^{*1}, nella parte nord-occidentale di Fredericia, sulla costa orientale dello Jutland) il tredici novembre del 1959. Nonostante provenisse da una famiglia priva di qualsiasi legame con il mondo della scienza (il padre lavorava nell'industria calorifera, e la madre in un semplice negozio), ella sviluppò sin da piccola una grande abilità nello studio e nella comprensione della matematica; una dote, questa, che le permise addirittura di tralasciare l'ultimo anno di scuole secondarie (medie), ed entrare direttamente al ginnasio. Considerando ella stessa le sue grandi capacità di apprendimento nel campo delle cosiddette “scienze dure” (dall'inglese: *hard sciences*), decise quindi di proseguire i suoi studi in fisica e matematica, iscrivendosi all'Università di Aarhus^{*2} (situata a pochi chilometri dalla città in cui viveva).

Il suo primo approccio con la fisica, non fu per lei così interessante, nel senso che non corrispondeva affatto alle sue aspettative.

*1 Un **fiordo** (dal norvegese *fjord*, islandese *fjörður*, da una radice indoeuropea che significa “approdo”) è un braccio di mare che si insinua nella costa (anche per vari km) inondando un'antica valle glaciale o fluviale. Solitamente infatti le pareti del fiordo sono molto simili a quelle dei calanchi, ripide e scoscese, ma coperte di foreste.

*2 **Århus** (o **Aarhus**) è la seconda città più popolosa della Danimarca nonché il principale porto del paese e capoluogo della provincia omonima. Situata sulla costa orientale della penisola dello Jutland, in corrispondenza della foce del fiume Århus, è affacciata sulla baia omonima.

Riprendendo le sue stesse parole: *“Quando iniziai per la prima volta a frequentare l’Università di Aarhus, lo studio della fisica mi annoiava. I professori ci insegnavano solo la termodinamica e la meccanica classica, e questo mi annoiava parecchio. Ma mi piaceva la matematica, e quindi in quel periodo preferivo dedicarmi a quest’ultima, piuttosto che passare le giornate al cinema. Dopo qualche tempo però, scoprii la meccanica quantistica, il che riaccese il mio interesse per la fisica”*. Dopo aver conseguito la laurea in matematica nel 1984, la Hau continuò i suoi studi all’università di Aarhus, al fine di ottenere un Master in fisica, che ricevette soltanto due anni dopo. Per le sue ricerche di dottorato sulla teoria quantistica, la Hau lavorò su idee simili a quelle inerenti al trasporto della luce in fibre ottiche, con la differenza che i suoi studi, includevano anche gruppi di atomi in un cristallo di silicio per il trasporto di elettroni. Mentre lavorava per l’ottenimento del dottorato, la Hau trascorse sette mesi al CERN^{*3}. Strada facendo, dovette necessariamente approfondire le sue conoscenze della lingua inglese, francese e tedesca. La conoscenza (seppur discreta) del francese, fu per lei di vitale importanza durante i sette mesi di ricerca che condusse al CERN. Ricordando il periodo trascorso a Ginevra, disse: *“Mi piaceva molto la vita al CERN. La gente era veramente appassionata del proprio lavoro. Persino alle tre del mattino, era possibile scorgere sempre qualcuno nei laboratori”*.

Conseguì il Ph.D. nel 1991, ma le sue ricerche cambiarono direzione molto prima di quella data. Torniamo quindi un attimino indietro nel tempo, per capire meglio le cose. Nel 1988, ricevette

^{*3} Il **CERN, European Organization for Nuclear Research**, (storicamente il nome è l’acronimo di Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), è il più grande laboratorio al mondo di fisica delle particelle. Si trova al confine tra Svizzera e Francia alla periferia ovest della città di Ginevra. Qui i fisici cercano di esplorare i segreti della materia e le forze che regolano l’universo. La convenzione che istituiva il CERN fu firmata il 29 settembre 1954 da 12 stati membri. Oggi fanno parte del CERN 20 stati membri più alcuni osservatori anche extraeuropei. Il CERN esiste soprattutto per fornire ai ricercatori gli strumenti necessari per la ricerca in fisica delle alte energie attraverso complessi esperimenti. Questi strumenti sono principalmente gli acceleratori di particelle, che portano le particelle ad energie molto elevate e i rivelatori che permettono di scoprire nuovi tipi di particelle che si creano durante le collisioni.

una borsa di studio dalla Fondazione Carlsberg*⁴, che le permise di dedicarsi per un anno intero alla sola ricerca. Un periodo che la Hau ricorda con queste parole: “ *Fui davvero fortunata ad essere di nazionalità danese. La Danimarca ha una lunga tradizione scientifica, nella quale troviamo incluso anche il grande fisico Niels Bohr, uno dei principali fondatori della teoria quantistica. In Danimarca, la fisica è ampiamente rispettata sia dagli scienziati che dai profani in materia; dove questi ultimi, molte volte contribuiscono anche al suo sviluppo. Per fare un esempio, la ricerca nel campo della meccanica quantistica, è stata supportata in Danimarca dai produttori di birra Carlsberg sin dagli anni venti ; io stessa, fui supportata dalla stessa Carlsberg, grazie ad una borsa di studio che mi permise di dedicarmi al solo ambito della ricerca, per un periodo di un anno*”.

In quello stesso anno (1988), la Hau si trasferì all’università di Harvard, negli Stati Uniti, dove incontrò Jene A. Golovchenko, colui con cui discusse le sue idee a proposito di quelle che sarebbero state, da lì a poco, le sue “future ricerche”. Golovchenko lavorava sia all’Università di Harvard che al *Rowland Institute for Science**⁵, situato anch’esso a Cambridge, nello stato del Massachusetts. Così ricorda la Hau, le sue prime discussioni con Jene Golovchenko: “*Dissi a Jene quello che sino ad allora avevo fatto, e che volevo procedere verso un totale cambiamento di rotta. Volevo lavorare sugli atomi freddi. Egli mi disse che non sapeva nulla sugli atomi freddi, ma che comunque ci avremmo potuto lavorare sopra insieme. E così, qualche tempo dopo,*

*⁴ **Carlsberg** è una delle più importanti società produttrici di birra al mondo, presente in circa 50 nazioni. Gli uffici centrali sono situati a Valby, quartiere di Copenaghen. Il marchio principale della società è la Birra Carlsberg, ma produce anche la birra Tuborg oltre a singoli marchi nazionali. La Compagnia è stata fondata nel 1847 da J.C. Jacobsen. Dopo la fusione con il gruppo birrario norvegese Orkla nel Gennaio 2001, Carlsberg è diventata il 5 gruppo mondiale nella produzione di birra, e impiega attualmente circa 31000 persone.

*⁵ L’istituto Rowland, situato ad Harvard e fondato dall’inventore della fotografia Polaroid (Edwin H. Land), è dedicato alla scienza sperimentale su una vasta gamma di discipline. La ricerca attuale è effettuata nell’ambito della fisica, della chimica e della biologia, con un’ enfasi sul lavoro interdisciplinare e sullo sviluppo di nuovi attrezzi sperimentali. L’istituto è situato a Cambridge, Massachusetts, vicino al ponte di Longfellow sopra il fiume Charles, ad alcune miglia di distanza lungo il corso del fiume, dalla città universitaria principale.

il Rowland Institute mi concesse il beneficio di un laboratorio tutto personale e di uno staff con il quale lavorare e portare avanti così le mie ricerche”.

Anche se durante il suo primo anno ad Harvard, le ricerche della Hau furono in gran parte supportate dai finanziamenti della Carl-berg, più avanti ella si avvale della carica (o nomina se preferite) di Gordon McKay Professor di Fisica Applicata ad Harvard, in qualità di “*Principale investigatore per i gruppi atomici freddi*” al Rowland Institute. Un articolo del 1992, intitolato: “*Bound states of guided matter waves: An atom and a charged wire*”, descrive il lavoro con il quale ella ottenne il dottorato. La sua notorietà comunque, non fu dovuta tanto al suo lavoro di tesi, ma piuttosto ai suoi successivi esperimenti atti a rallentare la luce. Il diciotto febbraio del 1999, la rivista Nature*⁶ scelse come articolo di copertina il saggio intitolato: “*Light speed reduction to 17 metres per second in an ultracold atomic gas*” (tradotto: “*Riduzione della velocità della luce a diciassette metri al secondo in un gas atomico ultrafreddo*”), scritto da Lene Hau in collaborazione con Stephen Harris dell’Università di Stanford e due studenti di Harvard (Zachary Dutton e Cyrus Behroozi). Nei successivi esperimenti si arrivò a rallentare la luce fino alla velocità di un miglio orario, poi nel 2001 il suo team fu in grado di fermare letteralmente la luce per un millesimo di secondo. Uno strabiliante risultato che la Hau commentò con queste parole: “*Questa è una durata di tempo straordinaria. Ma crediamo che la luce possa essere fermata per molto più tempo (...)*”. Il modo in cui questo risultato è stato realizzato, implica necessariamente una descrizione tecnica. Il primo passo fu la creazione del “candelabro”^{*7}, un dispositivo di

*⁶ *Nature* è una delle più antiche ed importanti riviste scientifiche esistenti, forse in assoluto (insieme a *Science*) quella considerata di maggior prestigio nell’ambito della comunità scientifica internazionale. Viene pubblicata fin dal 4 novembre 1869. Essa pubblica articoli di ricerca riguardanti un ampio intervallo di campi scientifici. Alcune delle più importanti ricerche scientifiche sono apparse su questa rivista: ad esempio, la scoperta dei raggi X e la struttura a doppia elica del DNA.

*⁷ Il dispositivo che la Hau e colleghi chiamarono “candelabro”, incorpora uno “stoppino” costituito da una lamina d’acciaio inossidabile placcata in oro, in grado di assorbire il metallo di sodio fuso e di riscaldarlo fino al punto in cui si vaporizza. A tal punto, un “getto” di atomi caldi di sodio “spara fuori” da

fondamentale importanza che la Hau e Jene Golovchenko concepirono e costruirono nel 1994; un apparecchio che Lene Hau descrisse con queste parole: "Il candelabro è un dispositivo con il quale vengono estrapolati degli atomi di sodio da un metallo di sodio*⁸ fuso, e proiettati in un apparato refrigerante, che grazie a dei lasers, raffredda gli atomi ad una temperatura di 50 bilionesimi di grado sopra lo zero assoluto*⁹". Questo dispositivo, che la Hau e colleghi chiamarono "candelabro", servì quindi negli esperimenti atti a rallentare la luce. In tale congegno, gli atomi di sodio vengono in seguito intrappolati in un magnete e raffreddati maggiormente da un processo di evaporazione. Il risultato è quello di un condensato di Bose-Einstein*¹⁰ contenente milioni di atomi. Tale condensato fu predetto da Satyendranath Bose e Albert Einstein nel 1924, ma la sua verifica non la si poté mai eseguire sperimentalmente fino al 1995, anno in

un foro piccolissimo ed entra immediatamente nell'apparato refrigerante che li raffredda ad una frazione molto piccola di un grado sopra lo zero assoluto. Un atomo a temperatura ambiente si muove ad alta velocità, ma quando viene bombardato da ben tre direzioni con dei fasci di luce laser, perde energia e rallenta, ovvero si raffredda (diventa "freddo"). In una complicata serie di fasi, il dispositivo del Dr. Hau, usa dei lasers per raffreddare gli atomi di sodio ma solo parzialmente, lasciando quindi che quelli più veloci (ovvero i più caldi) evaporino, mentre quelli più freddi restino "intrappolati" nel suo dispositivo. Al termine di questa operazione di raffreddamento (che dura esattamente 38 secondi), la "nuvola" di atomi intrappolata nel dispositivo, si raffredda sino ad una temperatura di cinquanta bilionesimi di grado sopra lo zero assoluto.

*⁸ Il sodio, nella sua forma metallica, è un componente essenziale nella produzione di esteri e di composti organici. Questo metallo alcalino è anche uno dei componenti del cloruro di sodio (NaCl) che è essenziale per il metabolismo cellulare.

*⁹ Lo **zero assoluto** è la temperatura più bassa che teoricamente si possa ottenere in qualsiasi sistema macroscopico, e corrisponde a 0 K (-273,15 °C; -459,67 °F).

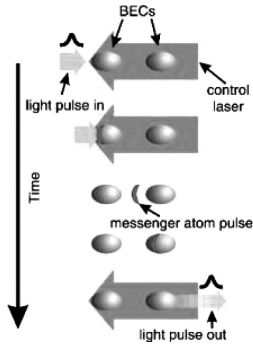
*¹⁰ Il **condensato di Bose-Einstein** (in sigla *BEC*) è uno stato della materia che si ottiene quando si porta un insieme di bosoni a temperature estremamente vicine allo zero assoluto (0 K, oppure -273,15 gradi Celsius). In queste condizioni di grande raffreddamento, una frazione non trascurabile delle particelle si porta nello stato quantistico di più piccola energia, e gli effetti quantistici si manifestano su scala macroscopica. Questo stato della materia venne predetto per la prima volta, sulla base della meccanica quantistica da Albert Einstein, basandosi sul lavoro di Satyendra Nath Bose, nel 1925. Settanta anni più tardi, il primo condensato di questo tipo fu prodotto da Eric Cornell e Carl Wieman nel 1995 al laboratorio NIST-JILA dell'Università del Colorado, usando un gas di rubidio alla temperatura di 170 nanoKelvin (nK). Cornell e Wieman e Wolfgang Ketterle hanno vinto il Premio Nobel per la Fisica nel 2001.

cui, grazie all'enorme sviluppo tecnologico avutosi in più di mezzo secolo di ricerche in ogni ambito della scienza, fu possibile produrre delle temperature abbastanza basse da creare un condensato in un esperimento, e stabilire quindi definitivamente la fondatezza delle teorie di Bose ed Einstein. Nonostante il condensato in questione contenga milioni di atomi, esso si comporta come se fosse costituito da un singolo atomo, continuando ad esibire il classico comportamento dualistico onda-particella. Il motivo del comportamento del condensato di Bose-Einstein è essenzialmente dovuto al Principio di Indeterminazione di Heisenberg, per il quale, a tali temperature così basse, il momentum*¹¹ degli atomi è conosciuto accuratamente. Ciò varrebbe a dire che più precisamente il momentum (velocità) di una particella è conosciuto, e meno precisamente è possibile misurare la sua posizione, e vice-versa.

Negli esperimenti della Hau, una volta che il condensato è stato creato, uno speciale laser sintonizzato per entrare in risonanza con la massa bloccata di atomi, viene irradiato in tale massa affinché atomi e fotoni di luce restino "impigliati" tra di loro, comportandosi come se fossero una singola cosa (entità). Una sonda a pulsazioni laser, viene poi "sparata" nel condensato (già rivestito a sua volta dalla precedente irradiazione laser) da una diversa direzione, e una parte della luce vi passa attraverso, ma ad una velocità, venti milioni di volte più lenta di quella della luce nel vuoto.

Molto più recentemente (febbraio 2007), la Dr.ssa Hau e il suo team di studenti e scienziati, hanno eseguito nuovamente gli esperimenti di qualche anno fa (2001), ma cambiando alcuni "dettagli" e arrivando quindi ad ottenere dei nuovi risultati, considerati da molti "addetti ai lavori", addirittura assai più stupefacenti di quelli del 2001. In questi ultimi esperimenti, anziché usare una sola "nuvola" di atomi di sodio, ne sono state utilizzate due, separate l'una dall'altra, da una frazione di millimetro. La Hau, cercò di spiegare ai giornalisti i detta-

*¹¹ In fisica con momentum si intende semplicemente una quantità di moto, esprimibile in termini matematici con la seguente equazione: $p = m * v$ (dove "p" rappresenta la quantità di moto, ovvero il momentum, "m" la massa e "v" la velocità. L'equazione illustra che la quantità di moto è direttamente proporzionale alla massa dell'oggetto e direttamente proporzionale alla velocità dell'oggetto.



Un impulso di luce può essere fermato, trasportato e infine “ravvivato”, usando dei lasers a risonanza e dei condensati di Bose-Einstein (BEC). (Immagine tratta dalla rivista “Nature”)

gli dell’esperimento, usando le seguenti parole:”*Un impulso di luce, fu fatto brillare sulla prima nube atomica, imprimendo così un “getto” dello stesso impulso, in un gruppo di atomi “filanti” di sodio, spinti in direzione del secondo condensato. Questo gruppo assai lento di atomi, composto interamente da atomi di sodio, è in grado di convertire la luce in materia. Nel momento in cui tale gruppo di atomi (chiamato “messaggero”), si fonde con la seconda nube atomica, un secondo fascio di luce laser vien fatto brillare attraverso il condensato, per far “rivivere” l’impulso di luce originale. Quest’ultimo (ovvero il fascio di luce “ricostruito”), “riparte” immediatamente, accelerando sino a raggiungere la normale velocità della luce. Le analisi hanno rivelato che tale fascio di luce, continua a possedere la stessa “proporzione” e lunghezza d’onda di quello originale, seppur un pochino più “debole”.*”

In una breve recensione sull’operato della Hau e colleghi, apparsa recentemente sulla rivista internazionale Nature, il Prof. Michael Fleischhauer dell’università di Kaiserslautern in Germania, ha descritto l’esperimento come qualcosa di “notevole ed intrigante”. Aggiungendo che la scienza, negli ultimi sei – sette anni, ha fornito le basi per un controllo sperimentale su luce e materia, senza precedenti; basi che potrebbero portare, tra non molto tempo, a dei veri e propri “benefici tecnologici” del tutto “reali”. Le applicazioni in campo tecnologico,

potrebbero includere dei dispositivi ottici di memorizzazione e computers quantistici, molto più rapidi e potenti degli attuali.

I contributi scientifici della Hau, sono stati riconosciuti in corso degli anni, attraverso premi ed onorificenze elargiti da fondazioni e associazioni dal calibro non indifferente; in ordine cronologico (dai meno recenti ai più recenti), troviamo i seguenti riconoscimenti:

- Research Fellowship (1986-1989), assegnatole dalla Facoltà di Scienze dell'Università di Aarhus, Danimarca.

- Premio "200mo Anniversario di J.C.Jacobsen" (1989), assegnatole dalla Fondazione Carlsberg, Danimarca.

- Premio "Anno 2000" (2000), assegnatole dalla Fondazione Top Danmark, Danimarca.

- Premio "Samuel Friedman" (2001), assegnatole dalla Fondazione Friedman, UCLA, Stati Uniti.

- Laurea ad honorem (2001), ricevuta in presenza di Sua Maestà, la Regina Margherita II di Danimarca.

- Medaglia "Ole Rømer"*¹² (2001), ricevuta dal presidente dell'Università di Copenhagen, Danimarca.

- Premio "NKT" (2001), assegnatole dalla "Danish Physical Society", Danimarca.

E in ultimo (sicuramente il più importante fra tutti), il premio "MacArthur Fellow"*¹³ (2001-2006).

*¹² Ole Rømer (25 settembre 1644, Aarhus - 19 settembre 1710, Copenhagen) fu un astronomo danese che fece la prima misura quantitativa della velocità della luce nel 1676.

*¹³ Il MacArthur Fellowship, a volte soprannominato il "regalo del genio", è un premio elargito ogni anno dalla Fondazione John D. & Catherine T., a più di venti (massimo quaranta) cittadini che si distinguono, residenti negli Stati Uniti e di qualsiasi età o settore lavorativo, che hanno dimostrato delle capacità straordinarie (degne quindi di merito), su cui in genere poggiano tutti i presupposti per una continuità proficua e creativa del loro operato. L'importo totale di questo premio (per nulla indifferente), è di mezzo milione di dollari (pagato in cinque anni con rate trimestrali).

Lene Hau, con un bouquet di fiori, in occasione del Premio MacArthur:



Le basi di ricerca (i condensati di Bose-Einstein)

“Al di sotto di una certa temperatura, le molecole condensano in assenza di forze attrattive, cioè si addensano nello stato di velocità zero. La teoria è attraente, ma c’è anche qualche cosa di vero in essa?”

*(Albert Einstein, in una lettera del dicembre 1924, indirizzata ad Ehrenfest*¹⁴)*

Nel 1925, Einstein citò l’Idrogeno, l’Elio e il gas di elettroni come i migliori candidati possibili in cui osservare il fenomeno della condensazione. In quegli anni, queste furono certamente delle proposte sensate. Non dimentichiamo che la statistica di Fermi-Dirac, fu scoperta soltanto nel 1926 in seguito all’enunciazione del principio di esclusione di Pauli*¹⁵, avvenuta anch’essa nel 1925. Anche allora occorre qualche tempo prima che si potessero distinguere i casi in cui si doveva applicare la statistica di Bose-Einstein da quelli in cui

*¹⁴ Paul Ehrenfest (1880-1933), era un fisico teorico austriaco che diede grossi contributi nel campo della termodinamica, in relazione soprattutto al suo aspetto probabilistico.

*¹⁵ Il **principio di esclusione di Pauli** è un principio della meccanica quantistica, che dichiara che: *due fermioni identici, non possono occupare lo stesso stato quantico.*

andava invece utilizzata la statistica di Fermi-Dirac^{*16}. Riferendosi alla memoria di Dirac, Pauli scrisse nel dicembre del 1926: “*Faremo nostro il punto di vista, sostenuto anche da Dirac, secondo cui la statistica da applicare al gas materiale è quella di Fermi, non quella di Bose-Einstein*”. Questi problemi, furono chiariti nel corso del 1927.

Fino al 1928, la condensazione di Bose-Einstein ebbe la “fama” di essere di tipo puramente ipotetico. Si rammenti che la transizione di fase HeI-HeII non fu scoperta se non nel 1928, da parte di Willem Hendrik Keesom^{*17}. Nel 1938 Fritz London^{*18} propose di interpretare tale transizione dell’Elio come un condensato di Bose-Einstein.

Una delle prime domande che alcuni fisici si posero, riguardo ai condensati di Bose-Einstein (BEC), come ad esempio quello dell’Elio^{*19} (He), fu se questi ultimi avessero o meno un comportamento

^{*16} In meccanica statistica, la **statistica di Fermi-Dirac** determina la distribuzione statistica dei fermioni negli stati di energia, per un sistema in equilibrio termico. I fermioni sono particelle indistinguibili che obbediscono al principio di esclusione di Pauli, ovvero, non possono occupare lo stesso stato quantico di un altro fermione. La termodinamica statistica viene usata per descrivere il comportamento di grandi quantità di particelle. Un’insieme di fermioni non interagenti è detta gas di Fermi.

^{*17} Nel 1907 Ernest Rutherford e Thomas Royds riuscirono a dimostrare che le particelle alfa sono nuclei di elio. Nel 1908 il fisico olandese Heike Kamerlingh Onnes produsse il primo elio liquido raffreddandolo a 0,9°K, un’impresa che gli guadagnò il Premio Nobel. Nel 1926 un suo studente Willem Hendrik Keesom fu il primo a solidificare l’elio.

^{*18} Una curiosità: nel 1927, Walter Heitler e Fritz London pubblicavano sulla *Zeitschrift für Physik* il primo calcolo approssimato riferito ad un legame chimico. Ovviamente si trattava della molecola più semplice, quella di idrogeno; l’articolo di Heitler e London fu all’origine della trattazione detta del ‘legame di valenza’. Fra il 1927 e il 1929, F. Hund in Germania e R. S. Mulliken negli Stati Uniti avviano quella parte della teoria chimica quantistica che sarà detta (da Mulliken) degli ‘orbitali molecolari’. Alla teoria degli orbitali molecolari contribuì anche l’inglese J. E. Lennard-Jones, e nel 1935 Mulliken definì il metodo come *linear combination of atomic orbitals* (LCAO).

^{*19} L’**elio** è l’elemento chimico della tavola periodica degli elementi che ha come simbolo He e come numero atomico 2. È un gas nobile incolore e inodore; ha il più basso punto di ebollizione fra tutti gli elementi e può solidificare solo se sottoposto ad altissime pressioni. Si presenta come gas monoatomico ed è chimicamente inerte. È il secondo elemento più diffuso nell’universo, dopo l’idrogeno. Tracce di elio, dovute al decadimento di certi minerali, sono presenti nell’atmosfera terrestre; l’elio si trova inoltre in alcune acque minerali e, in quantità economicamente sfruttabili, anche in alcuni gas naturali. È usato nei palloni

superfluido*²⁰. Nella teoria, una volta che un superfluido inizia il processo di “swirling” (letteralmente: inizia a “turbinare”), dovrebbe continuare a farlo per sempre. I primi a ricreare tali “vortici” a “moto perpetuo”, furono Cornell e Wieman (nel 1999), ed oggi la maggior parte degli scienziati accetta l’idea che i condensati di Bose-Einstein siano dei superfluidi. Qualche anno fa, in uno stesso BEC, Lene Hau e colleghi riuscirono a formare due “vortici” con onde a flusso costante, analoghe ad un’onda sonora; vedendoli scontrarsi tra loro e “sbocciare” in qualcosa di simile ad un “ombrello in movimento” quando viene continuamente aperto e chiuso. Tali esperimenti stupefacenti, diedero ai fisici la conferma del loro immenso potere di controllo sui condensati di Bose-Einstein. In pratica, essi riuscirono

aerostatici, come liquido refrigerante per i magneti superconduttori e come gas nelle miscele per le immersioni di profondità.

*²⁰ La **superfluidità** è uno stato della materia caratterizzato dalla completa assenza di viscosità. I superfluidi, se messi in un percorso chiuso, possono scorrere infinitamente senza attrito. La superfluidità è stata scoperta da Pyotr Leonidovich Kapitza, John F. Allen, e Don Misener nel 1937. Lo studio dei superfluidi è chiamato idrodinamica quantistica. La transizione a superfluido avviene nei liquidi quantistici al di sotto di una certa temperatura critica. Questo cambiamento di stato è chiamato *transizione lambda* dalla forma del grafico della temperatura, ed è contrassegnato dalla lettera Λ . Un esempio di superfluido è l’elio-4 o He4, ossia l’isotopo dell’elio più comune sulla Terra. L’elio-4 ha una transizione da liquido normale (chiamato elio-4 I) a liquido superfluido (chiamato elio-4 II) a temperature tra $T=2.17$ K a pressione $p=0$ mbar e $T=1.76$ K a pressione $p\sim 30$ mbar. Una transizione da liquido normale a liquido superfluido si chiama transizione λ per caratteristica forma del calore specifico in funzione della temperatura lungo la curva di pressione di vapore nella transizione dell’He4. La temperatura di transizione viene chiamata T_λ . L’isotopo, meno abbondante, elio-3 diventa un superfluido alla temperatura di 2.6 mK, pochi millesimi al di sopra dello zero assoluto. Nonostante il risultato di questi superfluidi sia molto simile, il modo in cui avviene la trasformazione è diverso. Gli atomi di elio-4 sono bosoni, e la loro superfluidità può esser compresa in termini della statistica di Bose-Einstein. In modo più specifico, la superfluidità dell’elio-4 può essere considerata una conseguenza della condensazione di Bose-Einstein in un sistema interattivo. D’altra parte, gli atomi di elio-3 sono fermioni e la trasformazione a superfluido in questo sistema è descritta da una generalizzazione della teoria BCS della superconduzione. In questa gli accoppiamenti di Cooper si stabiliscono tra atomi piuttosto che elettroni, e le interazioni attrattive tra loro sono mediate da fluttuazioni di spin piuttosto che da fotoni. (vedi condensato di fermioni) È anche possibile spiegare la superconduzione e la superfluidità come rottura spontanea della simmetria.

ad imparare come sintonizzare l'attrazione tra gli atomi in un BEC, per disporli in maglie-schemi ordinati al fine di forzare un intero condensato, in qualcosa di simile ad una "mini-supernova".

Alcuni dei settori di ricerca sugli atomi freddi in continua evoluzione, coinvolgono persino i fermioni^{*21}. Ad un livello fondamentale, tutta la materia si suddivide in due varietà: i fermioni (come ad esempio i protoni) e i bosoni (nei quali ad esempio troviamo inclusi i fotoni). La creazione di condensati che emergessero dalla famiglia dei fermioni, al posto che da quella dei bosoni, fu uno degli obiettivi principali dei fisici nucleari negli ultimi due-tre anni sino ad oggi. Deborah Jin, una ricercatrice del NIST^{*22} di Boulder, nota per le sue ricerche nel campo della fisica dei fermioni, ha discusso il suo ultimo lavoro al Congresso di Banff^{*23}. In tale occasione, la Jin rese noto che in base alle sue ricerche, una delle differenze principali tra i due "argomenti", fermioni e bosoni, è che due bosoni possono esistere nello stesso posto (come due fasci incrociati di luce), mentre

^{*21} Nella fisica delle particelle, i **fermioni** sono particelle che presentano uno spin multiplo di $1/2$; esse prendono il nome dallo scienziato italiano Enrico Fermi. Nel modello standard vi sono due tipi di fermioni, i quark e i leptoni. Dal momento che i numeri quantici dei fermioni sono approssimativamente conservati, essi sono ritenuti essere i costituenti della materia. A causa del loro spin non intero, quando un osservatore gira attorno ad un fermione (o quando un fermione ruota di 360°) la funzione d'onda del fermione cambia segno. Così, i fermioni hanno una *funzione d'onda antisimmetrica*. Come risultato di ciò, tali particelle obbediscono alla statistica di Fermi-Dirac, la cui conseguenza è il principio di esclusione di Pauli - due fermioni non possono occupare lo stesso stato quantomeccanico allo stesso tempo. Tutte le particelle elementari osservate sono fermioni o bosoni. Una particella composta (costituita da più particelle fondamentali) può essere un fermione o un bosone, a seconda del numero di fermioni che essa contiene.

^{*22} La sigla NIST, sta per: "National Institute of Standards and Technology". Fondato nel 1901, il NIST è un ente federale degli Stati Uniti a carattere commerciale, situato all'interno del Dipartimento Federale di Tecnologia. La missione del NIST è quella di promuovere le innovazioni tecnologiche statunitensi e la competitività industriale, a favore di un avanzamento nella ricerca scientifico-tecnologica, atto ad accrescere la sicurezza economica e lo standard di vita di ogni cittadino americano.

^{*23} Il "Banff Cold Atom Meeting" (tradotto: Congresso di Banff sull'atomo freddo), fu organizzato in Canada (Alberta) nella città di Banff, nel febbraio del 2005, in occasione del decimo anniversario della verifica sperimentale del condensato di Bose-Einstein. Il meeting venne organizzato al Banff Centre.

i fermioni non possono. Questa differenza di base, secondo la Jin, dovrebbe quindi escludere a priori, la possibilità di realizzare un condensato di fermioni.

Ciò a cui la Jin non aveva pensato comunque, è che i fermioni possono adottare un comportamento non ordinario (strano) a temperature molto basse. Quando determinati solidi vengono sufficientemente raffreddati, i loro elettroni di conduzione (che sono in definitiva i fermioni), possono accoppiarsi per creare un bosone, un fenomeno che sta al centro della spiegazione della Superconduttività*²⁴.

*²⁴ Il fenomeno della superconduttività venne inaspettatamente scoperto nel 1911 da un fisico olandese di nome Heike Kamerlingh Onnes (1853-1926, premio Nobel per la fisica nel 1913). Questi, nell'ambito di uno studio delle proprietà elettriche dei metalli a basse temperature, osservò che il mercurio, se raffreddato a temperature inferiori ai 4,16 Kelvin (i Kelvin sono gradi centigradi al di sopra dello zero assoluto della temperatura, che è situato a -273,16 gradi centigradi), cessa improvvisamente di opporre qualsiasi resistenza al passaggio di corrente elettrica: la sua resistenza elettrica diventa nulla. Successivamente si è potuto accertare che questo fenomeno non è limitato al mercurio, ma esiste una lunga serie di altri elementi o sostanze composte che, se raffreddati al di sotto di una determinata temperatura critica, come viene denominata la temperatura alla quale il fenomeno della superconduttività si innesca, permettono il trasporto di corrente elettrica senza la benché minima perdita di energia. Fra gli elementi a noi più famigliari figurano l'alluminio, con una temperatura critica di 1,19 Kelvin, o il piombo, che diventa superconduttore a 7,2 Kelvin. Sul fronte delle sostanze composte vale la pena citare, per la sua ampia utilizzazione in applicazioni commerciali, il niobio-titanio, una lega metallica che diventa superconduttrice a circa 9 Kelvin. Abbastanza interessante e curioso, è il fatto che il rame, l'oro e l'argento, ossia quei materiali che a temperatura ambiente figurano fra i migliori conduttori elettrici a basse temperature non diventano superconduttori. Non esiste una regola semplice che permette di stabilire a priori quali materiali diventino superconduttori a temperature sufficientemente basse. I seguenti punti, basati su osservazioni empiriche, meritano comunque di essere citati: 1) solamente metalli o composti metallici diventano superconduttori, 2) tutte le temperature critiche sono inferiori ai 23 Kelvin, 3) i metalli nobili e 4) i metalli magnetici non diventano superconduttori. L'assenza di resistenza elettrica non è però l'unica caratteristica fondamentale dei superconduttori. Esiste infatti una seconda non meno spettacolare proprietà che un superconduttore deve manifestare affinché esso possa essere considerato tale: si tratta dell'effetto di Meissner, così chiamato in onore dello scienziato che lo scoprì nel 1933. L'effetto consiste nella proprietà del materiale superconduttore di escludere dal suo interno qualsiasi campo magnetico. In termini specialistici si dice che il superconduttore si comporta come un diamagnete ideale. Senza questa proprietà un materiale privo di resistenza elettrica non è un superconduttore, esso è "semplicemente" un conduttore ideale. È grazie a questa proprietà che il fenomeno della super-

Secondo la teoria di Bardeen- Cooper- Schrieffer (in sigla: BCS) del 1957, quando due elettroni si fondono per formare una “Coppia di Cooper”^{*25}, questo nuovo bosone è in grado di accelerare più “dolcemente” attraverso il superconduttore, senza alcuna resistenza.

Nel 2004, nel laboratorio di Deborah Jin in Colorado (USA), emerse un’importante scoperta innovativa nel campo della fisica del-

conduttività può essere considerato un vero e proprio stato di fase della materia, uno stato di equilibrio termodinamico che si contrappone alla fase cosiddetta normale, quella cioè in cui il trasporto della corrente elettrica è un fenomeno dissipativo.

Generalmente un campo magnetico è, o può essere, associato ad un flusso di corrente elettrica. In un elettromagnete, ad esempio, il campo magnetico è generato dalla corrente che scorre nelle sue spire. Analogamente, i superconduttori reagiscono a campi magnetici esterni mettendo spontaneamente in moto nel loro interno un flusso di corrente elettrica tale che il campo magnetico ad esso associato annulli internamente il campo magnetico nel quale essi sono immersi. I superconduttori, quindi, escludono dal loro interno i campi magnetici magnetizzandosi. Questo particolare comportamento può essere messo in evidenza sperimentalmente avvicinando un superconduttore ad un magnete permanente, e registrando la forza repulsiva che si instaura tra di essi a causa della loro diversa polarità magnetica. L’effetto che si osserva è del tutto simile a quello che tutti abbiamo probabilmente già sperimentato tentando di avvicinare i poli opposti di due magneti.

^{*25} La teoria delle coppie di Cooper, risalente agli anni Trenta-Quaranta del XX secolo, mira a spiegare il fenomeno della superconduttività. Prende il nome dal fisico che per primo ne teorizzò l’esistenza. L’idea di base è la seguente: un elettrone che si muove in un reticolo cristallino esercita una forza di natura elettromagnetica sugli ioni positivi che costituiscono il reticolo stesso. In certe sostanze ed in certe condizioni di temperatura prossime allo zero assoluto, tale forza diviene sufficiente a produrre una distorsione del reticolo attorno all’elettrone in transito, comportando un aumento della densità delle cariche positive intorno all’elettrone stesso. Tale distribuzione di cariche positive, non essendo disturbata dall’agitazione termica, è sufficientemente stabile da attirare un altro elettrone. La coppia così formata, detta appunto Coppia di Cooper, risulta stabile, e più libera di viaggiare nel reticolo in quanto meno soggetta a fenomeni di *scattering*, ossia di diffusione. Una coppia di elettroni di Cooper si comporta come un’unica particella con spin intero, 0 o 1 a seconda dell’orientazione di spin dei singoli costituenti. Pertanto le sue proprietà rientrano non più nel campo delle statistiche dei fermioni, ma di quelle dei bosoni (Statistica di Bose-Einstein). La teoria, pur consentendo la spiegazione di alcuni aspetti della superconduttività, non è però in grado di spiegare quelli relativi alle nuove classi di superconduttori ad alta temperatura, ed altri. Questi fenomeni vengono invece descritti dalla teoria dei polaroni. Nel 2006 sono stati pubblicati alcuni studi che allargano il ruolo dei fononi anche alla superconduzione ad alta temperatura.

la materia condensata. Nel suo laboratorio, si riuscì a generare i bosoni dai fermioni, per poi a loro volta trasformarli in un condensato. All'inizio, ci fu la speranza quindi che lo studio dei condensati dei fermioni, avrebbe portato a maggiori sviluppi nella teoria di Cooper e colleghi. Questa teoria è in grado di spiegare la Superconduttività, soltanto a temperature molto basse (fredde). I sistemi a temperatura elevata scoperti negli anni ottanta, gettarono le basi per delle nuove teorie e riaccesero quindi il dibattito sulla questione della Superconduttività (senza portare comunque a nessuna spiegazione definitiva). Ed è forse questo stato delle cose, ad aver attirato molti fisici che si occupano della materia condensata, verso uno studio più approfondito dei condensati di Bose-Einstein. Randy Hulet, un fisico che lavora alla Rice University di Houston, nello stato del Texas (USA), disse: *“Possiamo usare i condensati di Bose-Einstein per modellare dei sistemi di materia condensata in un modo così pulito, che non è possibile riprodurre nei sistemi reali di materia condensata”*.

Deborah Jin, spera di poter vedere un giorno, una “Coppia di Cooper” in un BEC (qualcosa che i ricercatori possono fare solo indirettamente con l'utilizzo dei superconduttori). Finora, gli enigmatici compagni di ballo rimangono nascosti, ma è possibile scorgere delle correlazioni nelle posizioni dei fermioni, che suggeriscono, ovvero lasciano intravedere, delle possibili “Coppie di Cooper”. Anche se il lavoro della Jin e colleghi non è conclusivo, perlomeno offre la speranza che lo studio dei rapporti tra il comportamento dei condensati di Bose-Einstein e quello delle “Coppie di Cooper”, porti in futuro a dei nuovi sviluppi nel campo della fisica della materia condensata.

Randy Hulet, un veterano nel campo della ricerca sull'atomo freddo, è inoltre interessato a come i condensati di Bose-Einstein possano influenzare gli altri campi. Hulet fu uno dei primi a creare un solitone di BEC (essenzialmente un'onda che non si dissipa mai). Queste onde intense forse un giorno potranno essere usate per produrre dei sensori inerziali per la rilevazione di cambiamenti, nel campo della gravità o della semplice accelerazione. Gli odierni “rilevamenti inerziali” fanno capo agli strumenti ottici, e Hulet crede che gli atomi freddi potrebbero aumentare la loro esattezza (pur ammettendo che finora, i solitoni che si potrebbero utilizzare a tal scopo, sono ancora troppo piccoli).

La più grande affidabilità dei sistemi atomici, rispetto a quelli ottici, ha suscitato persino l'interesse dei militari. Il maggiore Jay Lowell, un ufficiale del DARPA^{*26}, spera in un prossimo utilizzo di sistemi di navigazione inerziale, basati appunto sui condensati di Bose-Einstein. I programmi del DARPA, includono la tecnologia dell'interferometro^{*27} atomico, capitanata dal laboratorio di Ketterle

^{*26} Il DARPA (l'acronimo sta a significare: Defensed Advanced Research Projects Agency), è l'organizzazione centrale di ricerca e sviluppo per il Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti (DoD). Esso controlla e dirige i progetti di base di ricerca e sviluppo di maggior interesse per il Dod, e persegue dei programmi di ricerca scientifica e tecnologica, dove rischio e profitto sono entrambi assai alti e dove un eventuale successo fornirebbe degli avanzamenti non indifferenti, in relazione ai ruoli e alle missioni militari tradizionali.

^{*27} Quando si hanno due (o più) sorgenti di luce della stessa lunghezza d'onda, le onde si possono sommare o sottrarre tra loro. Questo fenomeno è chiamato interferenza, e lo strumento che lo sfrutta è l'interferometro. Il primo uso astronomico del fenomeno avvenne negli anni '20 del secolo XX, quando fu impiegato per trovare il diametro angolare di Betelgeuse (Alfa Orionis). Betelgeuse è una stella grande, per cui, con una opportuna strumentazione e una corretta procedura, si può fare in modo che i picchi delle frange d'interferenza, prodotti dalla luce proveniente da un lato della stella, vadano esattamente a colmare le valli delle frange prodotte dalla luce proveniente dall'altro lato. Misurando il punto dove questo avviene, si può ricavare il diametro angolare della stella. Purtroppo gli attuali interferometri possono misurare le dimensioni soltanto di poche stelle con diametri apparenti molto grandi. Una tecnica più recente, l'interferometria a macchie (speckle interferometry), usa una strumentazione un po' diversa, basata sempre sullo stesso principio, e si ottengono risultati simili, ma più accurati, rendendo il metodo applicabile anche a stelle più piccole e più lontane.

Uno degli interferometri più conosciuti, è sicuramente il VIRGO. Virgo è un interferometro laser di tipo Michelson con due bracci di 3 km disposti ad angolo retto. Uno specchio semitrasparente divide il fascio laser incidente in due componenti uguali mandate nei due bracci dell'interferometro. In ciascun braccio una cavità risonante Fabry-Perot formata da due specchi estende la lunghezza ottica da 3 a circa 100 chilometri per via delle riflessioni multiple della luce e pertanto amplifica la piccola variazione di distanza causata dal passaggio dell'onda gravitazionale. I due fasci di luce laser, provenienti dai due bracci, vengono ricombinati in opposizione di fase su un rivelatore di luce in maniera che, normalmente, non arrivi luce sul rivelatore. La variazione del cammino ottico, causata dalla distanza tra gli specchi che varia, produce un piccolissimo sfasamento tra i fasci e quindi un'alterazione dell'intensità luminosa osservata, proporzionale all'ampiezza dell'onda gravitazionale. In questo schema, però, gran parte della luce torna indietro verso il laser. Per aumentare la potenza disponibile questa luce viene rimandata nell'interferometro da uno specchio di

ed altri. Un interferometro atomico, richiede due onde atomiche coerenti (essenzialmente due lasers atomici), che possono essere sintonizzate (fatte coincidere) per produrre un modello di interferenza.

Al DARPA, si sta inoltre cercando di capire, quali potenzialità possano avere i BEC, in rapporto al calcolo quantistico. Ignacio Cirac, del Dipartimento di Ottica quantistica al Max Planck Institute di Garching, in Germania, ha presentato un affascinante esposto al Meeting di Banff, su come si potrebbe manipolare un BEC, al fine di riuscire a fargli assumere un comportamento simile al qubit^{*28}; tuttavia per il momento, l'idea rimane ancora saldamente nel regno della teoria. Riuscire a predire quindi, quali saranno le direzioni nel campo della ricerca che in futuro daranno più frutti, non è per nulla facile.

ricircolo, in fase con il fascio incidente, aumentando la potenza luminosa che può raggiungere svariate decine di chilowatt nelle cavità risonanti Fabry-Perot. Una elevata potenza luminosa è importante perché consente un miglioramento della sensibilità di misura. Con queste cavità risonanti accoppiate l'interferometro può essere visto come una gigante trappola di luce. Se l'ottica fosse perfetta e gli specchi perfettamente in quiete la luce non raggiungerebbe il rivelatore eccetto che al passaggio di un'onda gravitazionale. La qualità e stabilità dell'ottica rappresentano una delle maggiori sfide dell'interferometro. VIRGO è sensibile alle onde gravitazionali in un ampio spettro di frequenze, da 10 a 10,000 Hz. Questo dovrebbe consentire la rivelazione di radiazione gravitazionale causata dalla coalescenza di sistemi binari (stelle o buchi neri), pulsar, e quella prodotta da supernovae nella Via Lattea e nelle galassie esterne, per esempio fino all'ammasso di galassie Virgo, che dà il nome a questo progetto. VIRGO funziona giorno e notte, ascoltando tutti i segnali che arrivano a qualsiasi momento da qualunque parte dell'Universo. I dati acquisiti con l'interferometro come pure i dati ausiliari necessari per il suo controllo (4Mbytes/s) sono sottoposti ad una analisi preliminare per la rivelazione veloce di segnali anomali potenzialmente interessanti. I dati vengono poi messi a disposizione della collaborazione scientifica per una analisi più approfondita.

^{*28} Qubit, contrazione di quantum bit, è il termine coniato da Benjamin Schumacher per indicare il bit quantistico ovvero l'unità di informazione quantistica. Per definire il qubit è indispensabile introdurre innanzi tutto un concetto nuovo ovvero il **quanto di informazione**. Con quanto di informazione si intende la più piccola porzione in cui una qualsiasi informazione codificata può essere scomposta ed è quindi l'unità di misura dell'informazione codificata. Così come il **bit** è il quanto di informazione della computazione classica, la computazione quantistica si basa su un concetto analogo: il **quantum bit**. Al pari del bit, il **qubit** è un oggetto matematico con determinate specifiche proprietà. Il vantaggio nel trattare i qubit come entità astratte risiede nella libertà di costruire una teoria generale della computazione quantistica che non dipende dagli specifici sistemi utilizzati per la sua realizzazione.

Ronald L.Mallett e João Magueijo

*«Non rimane che chiederci se un giorno ritornerà. Può darsi che si sia diretto in un'età in cui gli uomini sono ancora uomini, ma gli enigmi della nostra epoca e i suoi penosi problemi sono risolti?»
(Herbert George Wells, dal romanzo: "La macchina del Tempo")*

Uno strano ...progetto

Ronald L.Mallett nacque a Roaring Spring, in Pennsylvania (Stati Uniti), il tre marzo 1945. Il padre era un elettricista e lavorava come riparatore di televisori, con il brutto vizio del fumo che lo portava a fumare fino a due pacchetti di sigarette al giorno. Quando Mallett aveva solo dieci anni, il padre morì (a soli trentatré anni) per un forte attacco di cuore. Ispirato da una versione a fumetti del famoso libro di H.G. Wells: "La macchina del Tempo", egli pensò che se fosse riuscito a viaggiare indietro nel tempo, avrebbe potuto salvare suo padre; un'idea puerile questa, che più avanti negli anni divenne addirittura il sogno della sua vita.

Nel 1973, Mallett conseguì un dottorato (Ph.D) in fisica alla Penn State University. In quello stesso anno, egli ricevette persino un premio come miglior insegnante (ovvero il Graduate Assistant Award for Excellence in Teaching). Due anni dopo, nel 1975, gli fu assegnato l'incarico di professore di ruolo, all'Università del Connecticut (dove tuttora, continua a lavorare). Le sue ricerche includono la relatività generale, la gravità quantistica e il viaggio nel tempo. Nel 1980, fu promosso a professore associato, per poi passare definitivamente, sette anni più tardi (1987), alla nomina di professore. In più di trent'anni di carriera, Mallett ha ricevuto due premi e parecchie onorificenze.

Con queste parole, R. Mallett, da forma all'introduzione dell'articolo pubblicato su "Physics Letters" l'otto maggio del 2000, ed intitolato: " Il Campo Elettromagnetico debole, della Radiazione Elettromagnetica in un anello laser":

"Il Campo Gravitazionale dovuto al flusso circolare di una radiazione elettromagnetica, che emerge da un anello laser unidirezionale, è definito risolvendo le equazioni lineari di campo di Einstein, ad ogni punto interno dell'anello laser.

*Le equazioni di spin della teoria Generale della Relatività, vengono in seguito usate per studiare il comportamento di un neutrone al centro dell'anello laser. Si rileva quindi che tale particella, manifesta il fenomeno conosciuto con il nome di trascinarsi dei sistemi di riferimento (frame-dragging)*²⁹ inerziale".*

Detto in parole povere quindi, la radiazione elettromagnetica di un raggio laser circolare, dovrebbe deformare lo spazio-tempo all'interno dell'anello stesso di luce, e di conseguenza provocare il *frame-dragging* (spostamento laterale) del neutrone*³⁰.

Nello stesso articolo, Mallett ci fa osservare anche che nel-

*²⁹ In accordo con la teoria della Relatività Generale di Einstein, spazio e tempo subiscono delle profonde modificazioni vicino a dei corpi fortemente accelerati o in rotazione; tale fenomeno prende appunto il nome di *frame-dragging*. L'effetto del *frame-dragging* rotazionale (ossia dovuto a dei corpi rotanti), fu dedotto principalmente dalla teoria della Relatività Generale nel 1918, dai fisici austriaci Joseph Lense e Hans Thirring (è quindi conosciuto anche con il nome di " Effetto Lense-Thirring"). Generalmente, la questione degli effetti di campo dovuti al movimento della materia, è conosciuta con il nome di gravitomagnetismo. Lense e Thirring predissero che la rotazione di un corpo (oggetto), altererebbe lo spazio e il tempo, trascinando qualsiasi altro corpo nelle vicinanze verso altre posizioni più esterne al centro stesso del campo gravitomagnetico, in accordo con le previsioni della fisica newtoniana. L'effetto previsto è incredibilmente piccolo (circa una parte su un trilione), il che significa che per poterlo osservare, occorre guardare un corpo molto voluminoso (o costruire uno strumento immensamente sensibile). Le recenti misurazioni dei satelliti in orbita attorno alla Terra, sono riuscite a rilevare l'effetto *frame-dragging* (convalidando così un'altra previsione della Relatività Generale, a distanza di quasi un secolo dalla sua nascita).

*³⁰ In fisica, il **neutrone** è una particella subatomica senza carica elettrica e con massa di 939,57 MeV.

la meccanica classica Newtoniana, è soltanto la materia a generare il campo gravitazionale; ed una delle conseguenze quindi più interessanti della teoria della Relatività Generale, è la predizione che anche la luce è da ritenersi una “fonte di gravità”. Il campo gravitazionale di un raggio di luce non circolare, fu studiato molti anni fa da Tolman^{*31} (e ciò fu fatto usando un’approssimazione del campo debole, per le equazioni di Einstein del campo gravitazionale). Tolman poi determinò l’accelerazione di una particella stazionaria, nelle vicinanze del raggio di luce. Ciò che egli scoprì, fu che l’accelerazione di tale particella era due volte più grande di quella ipotizzata sulla base della teoria di Newton per il campo gravitazionale di un’asta (barra) compatta di simile lunghezza e densità. Questo sembrò implicare che, in qualche modo, la luce forse è molto più “efficace” della materia, nel generare un campo gravitazionale. Tutto il lavoro di Mallett sulla possibilità di manipolare lo spaziotempo, è da intendersi quindi come un epilogo (una generalizzazione) di vecchie teorie ed esperimenti inerenti al campo gravitazionale, con l’introduzione del concetto di “*flusso circolare di radiazione elettromagnetica*”.

L’apparato sperimentale di Mallett, grazie agli ultimi ritrovati nel campo della tecnologia laser, è in grado di generare un intenso, coerente e continuo flusso circolare di luce. Facendo i dovuti calcoli relativistici, nell’ipotesi di un neutrone rotante stazionario, posto esattamente al centro dell’anello laser, Mallett scopre che una delle sue equazioni, ha esattamente la “forma” richiesta per definire il “frame-dragging” nella teoria generale relativistica della gravitazione. È risaputo ormai da parecchio tempo che la soluzione di Stockum^{*32}

*31 Professore di fisica chimica al California Institute of Technology, lo statunitense Richard C. Tolman si è occupato nella prima metà del Novecento di molti aspetti diversi della fisica, dalla meccanica statistica e dalla termodinamica alle teorie relativistiche e alla cosmologia. In particolare Tolman sviluppò una *termodinamica relativistica* con l’obiettivo di spiegare perché l’universo, sebbene l’energia al suo interno si degradi a un ritmo elevatissimo, non abbia ancora raggiunto lo stato di massima entropia. Tolman elaborò così un modello in cui l’universo alternatamente si espande e si contrae, sotto l’azione contrastante della gravitazione e della radiazione.

*32 Willem Jacob Van Stockum (20 novembre 1910 – 10 giugno 1944), fu un fisico che diede un importante contributo allo sviluppo iniziale della teoria della Rela-

per la metrica esterna di un cilindro di polvere rotante infinitamente lungo, contiene linee temporali chiuse. Il lavoro di Mallett, dimostra che anche le curve temporali chiuse, intervengono in un cilindro di luce rotante infinitamente lungo. Tali curve, potrebbero condurre un'ipotetica particella nucleare, nel passato. Una delle obiezioni più "importanti" che Mallett ricevette in relazione ai suoi postulati, pubblicati su "Physics Letters"^{*33}, fu quella del matematico e studente di cosmologia, Ken Olum. Quest'ultimo dichiarò che in ogni caso, anche se tutte le equazioni relativistiche di Mallett (inerenti allo spazio-tempo all'interno dell'anello di luce laser) risultavano corrette, l'energia necessaria per distorcere lo spazio-tempo dovrebbe essere sproporzionatamente ed infinitamente grande; e considerando la tipologia dei laser che vengono usati oggi, tale anello dovrebbe avere un diametro addirittura maggiore di quello dell'Universo osservabile. A questo punto Mallett, a sua difesa, fece osservare questo: l'energia richiesta per la distorsione dello spazio-tempo diminuisce, quando anche (contemporaneamente) la velocità del fascio di luce laser diminuisce. Egli propose quindi, come soluzione al problema, di far passare il raggio di luce laser attraverso una "sostanza" che ne diminuisce la velocità; ma anche in questo caso, ricevette delle dure critiche da parte del fisico J. Richard Gott, che a tal proposito gli fece osservare quanto segue:

tività Generale. Van Stockum nacque ad Hattem, nei Paesi Bassi. Il padre era un ufficiale della Marina Olandese dotato di un grande talento nell'ambito della meccanica. Dopo che la sua famiglia (tranne il padre) rientrò in Irlanda, verso la fine degli anni venti, Willem iniziò a studiare matematica al Trinity College di Dublino, dove ricevette addirittura una medaglia d'oro. In seguito portò avanti i suoi studi all'Università di Toronto e conseguì il dottorato all'Università di Edinburgo. Nella Relatività Generale, la Polvere di Van Stockum rappresenta una soluzione esatta dell'Equazione di Campo di Einstein, dove il campo gravitazionale è generato da una polvere che ruota attorno all'asse di un cilindro simmetrico. Dal momento che la densità della polvere aumenta, man mano che accresce la distanza dall'asse del cilindro, la soluzione è piuttosto "artificiale"; ma, considerata come una delle soluzioni più semplici della teoria della Relatività Generale, rappresenta un importante esempio pedagogico.

^{*33} Applied Physics Letters, è una rivista settimanale pubblicata dall'American Institute of Physics, devota alla pubblicazione di nuovi saggi (teoretici e sperimentali) in relazione alle applicazioni della fisica nel campo della scienza, dell'ingegneria e della tecnologia moderna.

“La luce viaggia molto più lentamente attraverso l’acqua che non attraverso lo spazio vuoto, ma ciò non significa che tu invecchi molto più lentamente mentre fai del nuoto subacqueo o che è più facile distorcere lo spazio-tempo sott’acqua”.

Alla luce dei risultati ottenuti proprio quest’anno da Lene Hau, inerenti alla manipolazione della luce, nonché alla possibilità di commutare la stessa in materia e viceversa, tutte le ipotesi e le teorie di Ronald Mallett comunque, iniziano ad apparire meno assurde di come apparissero a parecchi scienziati solo qualche anno fa.

In *“Ritorno dal futuro”*, uno dei suoi libri sicuramente più riusciti, Jenny Randles fece osservare quanto segue:

“Vi sono indizi di mondi virtuali, emersi nel febbraio del 2000 grazie al fisico Don Eigler e la sua équipe del laboratorio IBM di San José, in California. Utilizzando uno speciale strumento chiamato microscopio a scansione a effetto tunnel, è possibile disegnare il contorno di oggetti piccoli come singoli atomi. Questo lavoro fa uso di un ago incredibilmente sottile (dello spessore di un atomo all’estremità) e vi applica una tensione elettrica. Quando il microscopio viene tenuto vicino a un oggetto conduttore, come un metallo, alcuni elettroni superano lo spazio divisorio e le registrazioni creano una mappa (...). Nel corso di questo lavoro con il microscopio a effetto tunnel vi fu un evento inatteso: si produsse quello che viene chiamato un miraggio quantistico. In effetti la scansione e la manipolazione di oggetti di dimensioni atomiche produssero un riflesso spettrale dei campi di energia che sono gli elettroni di un singolo atomo. Questo miraggio era proiettato in un luogo diverso in cui l’atomo reale non si trovava mai. L’atomo reale era visibile come ci si attendeva, ma il suo miraggio (con un’intensità minore di un terzo) si trovava in un punto statisticamente prevedibile nei pressi, sotto forma di riflesso fantasma. Gli scienziati scoprirono che non si trattava di un’astrazione matematica. L’atomo fantasma era sotto molti aspetti davvero lì (...).”

Gli studiosi di meccanica quantistica stanno ora cercando di capire in che modo sia possibile far interagire il “miraggio quantistico” di un atomo con un atomo reale. Il risultato di una simile “operazione” potrebbe essere, secondo le ipotesi del fisico Hari Manoharan,

una molecola non collegata in alcun modo fisico ma con un legame straordinario “per metà reale e per metà fantasma”.

Simili ricerche di avanguardia indicano che quando parliamo di realtà multiple e mondi virtuali non discutiamo di cose astratte. Questi stati apparentemente bizzarri sotto molti aspetti esistono realmente.

Un’ulteriore ed ultima considerazione che si potrebbe fare in relazione alle teorie di Ronald Mallett, è che esse in ultima analisi “*trascendono*” lo spazio-tempo di Minkowsky*³⁴. Ilya Prigogine (premio Nobel per la chimica nel 1977), a proposito della metrica dello spazio-tempo di Minkowsky, disse: “*Per misurare lunghezze e tempi, un osservatore utilizza delle coordinate x, y, z e t ; un altro, in moto rettilineo rispetto al precedente, utilizza delle coordinate x', y', z' e t' . La condizione imposta dalla teoria della relatività è che l'intervallo spazio-temporale rimanga invariante. L'esistenza di tempi molteplici $t, t' \dots$ provoca effetti notevoli (come il celebre paradosso dei gemelli). Bisogna dunque concludere con Minkowsky, che lo spazio e il tempo, presi isolatamente, sono ormai divenuti delle ombre?*”.

Sull’instabilità di tali sistemi, aggiunte inoltre: “*L’instabilità deriva dal fatto che un punto contiene un’informazione infinita, mentre le nostre misure o i nostri calcoli implicano una precisione finita. L’instabilità ci costringe a costruire un nuovo linguaggio per descrivere tali sistemi*”.

Interessante è anche il modo in cui Prigogine ridefinisce (ampliandolo), sulla base dell’idea di Misra, il concetto di “tempo interno”: “*Contrariamente a quanto sembra risultare dalla Relatività Ristretta,*

*³⁴ Nella teoria del campo quantistico relativistico, come nella classica teoria dei campi, lo spazio-tempo di Minkowski è lo sfondo fisso della teoria. La teoria quantistica dei campi in uno spazio-tempo curvo (quindi non di Minkowski), a differenza della teoria quantistica della gravità, ha dimostrato che alcuni degli assunti fondamentali della teoria non possono essere trasferiti nello spazio-tempo curvo. In particolare, nel vuoto, quando esso esiste, dipende dalla traiettoria dell’Osservatore attraverso lo spazio-tempo (effetto Unruh). Inoltre il concetto di campo è considerato più fondamentale del concetto di particella (che si presenta come un utile mezzo per descrivere le interazioni localizzate). Quest’ultimo punto non è controverso, al contrario di come viene sviluppata nel libro di Steven Weinberg “Quantum Field Theory” la teoria quantistica del campo nello spazio di Minkowski.

esiste dunque un Tempo Universale che parte dall'osservazione di un fenomeno fisico relativistico, in questo caso la propagazione dell'onda [N.d.a: in tale contesto Prigogine non si riferiva ad un'onda elettromagnetica visibile (la luce, per intenderci), bensì ad un'onda di modernizzazione, relativa addirittura ad un'isola]. Nella descrizione minkowskyana, gli osservatori si osservano reciprocamente. Qui essi osservano, in più, l'evoluzione del campo, sistema dinamico instabile che permette l'introduzione di un tempo interno (...). L'introduzione di processi dinamici instabili permette così di riconciliare l'idea fondamentale di Einstein di tempi molteplici legati a osservatori diversi con l'esistenza di un divenire Universale, sostenuta da Bergson”.

Parlando poi dell'interazione che sussiste tra il concetto di simultaneità e quello di tempo interno medio, disse: *“La nozione di simultaneità è relativa all'osservatore, riferendoci ai tempi molteplici della Relatività Ristretta. Ma le cose cambiano se teniamo conto del fatto che ogni osservatore può misurare il campo scalare ϕ e dedurne il tempo medio $\langle T \rangle$ corrispondente a questo campo. Il campo stesso è invariante per trasformata di Lorentz. Il tempo interno medio $\langle T \rangle$, invece, è modificato non solo quando si cambia il tempo, ma anche quando si cambia posizione. Ciò significa anche che, osservando il campo, e il suo tempo interno medio, un osservatore può avere un'informazione riguardo alla sua posizione, contrariamente a quanto suppone la Relatività Ristretta”.*

Anche se questa breve digressione sui vari modi in cui è possibile reinterpretare lo spazio-tempo di Minkowsky, ha ben poco a che vedere con la parte centrale dell'operato di Mallett (basato quasi esclusivamente sui principi di gravità e meccanica quantistica), rimane, a mio avviso, comunque collegata (anche se in minima parte) alle varie ipotesi sui viaggi nel tempo.

Stephen Reucroft e John Swain, esperti di fisica delle particelle alla North Eastern University (USA), al pari di molti teorici di meccanica quantistica, sembrano accettare che le ipotesi sui viaggi nel tempo possano divenire realtà, come conseguenza inevitabile del cammino verso cui le nuove frontiere della fisica ci stanno portando. Riprendendo le loro stesse parole: *“Le indicazioni sono che quando saremo in grado di condurre esperimenti plausibili con i viaggi nel tempo, questi comporteranno l'uso di campi di energia e il loro tra-*

sperimento attraverso gli Universi alternativi al cuore delle particelle quantistiche”.

Secondo il fisico Frank Tipler invece, per compiere dei viaggi nel tempo, sarebbe necessaria una quantità immensa di energia. Una possibile fonte di tale energia, Tipler la vede nei grandi acceleratori di particelle (collisionatori), come ad esempio l'ormai famoso LHC^{*35}, situato al CERN di Ginevra.

Tipler ha persino calcolato la forma di un campo di energia per i viaggi nel tempo. Tale campo, oltre ad avere una forte emissione, avrebbe le sembianze di un vortice cilindrico e conterrebbe materia molto densa in grado di generare una sorta di “*pozzo gravitazionale*” (le cui caratteristiche potrebbero essere associate, per analogia, a quelle di un buco nero).

Un altro grande scienziato che recentemente si è occupato della questione inerente ai viaggi nel tempo, è il famosissimo fisico australiano Paul Davies. A differenza delle macchine del tempo di romanzi e film, quella di Paul Davies non si sposta nel tempo, ma modifica la struttura dell'universo per costruire un percorso chiuso nello spazio. Crea un wormhole artificiale che consente al viaggiatore di andare nel passato e tornare indietro; e può essere realizzata con le tecnologie già oggi disponibili. In uno dei suoi ultimi libri (“Come costruire una macchina del tempo”), Davies cerca di descrivere a grandi linee come occorrerebbe procedere per realizzare un simile “*mostro tecnologico*”, e lo fa con queste parole:

“Il primo strumento necessario per realizzare un wormhole artificiale è un collisionatore di particelle (acceleratore). Queste macchine permettono di ricreare le condizioni dell'universo a circa un microse-

^{*35} Il **Large Hadron Collider (LHC)**, è il nuovo acceleratore di particelle in costruzione presso il CERN di Ginevra per collisioni tra protoni e tra ioni pesanti. La sua entrata in funzione è prevista per la fine del 2007, si servirà del tunnel di 27 km costruito per il Large Electron Positron collider (LEP) e userà campi magnetici di circa 8 Tesla, sfruttando magneti superconduttori raffreddati ad elio liquido alla temperatura di 2 Kelvin. LHC sarà il più potente acceleratore mai costruito: per le collisioni tra protoni, queste particelle saranno accelerate ad un'energia di 7 TeV, per una energia totale nel centro di massa per ogni collisione protone-protone di 14 TeV; per le collisioni fra ioni pesanti, come gli ioni di piombo, si raggiungerà un'energia di collisione di 1150 TeV.

condo dopo il Big Bang, quando la temperatura era di dieci trilioni di gradi e l'universo era in uno stato definito plasma di quark e gluoni (particelle subatomiche). Proprio da una bolla di questa materia ad altissima energia si estraggono i wormhole «virtuali». Questi però compaiono solo per tempi brevissimi, per poi scomparire nel vuoto che si trova all'interno degli acceleratori.

Il passo successivo è trasformare i wormhole virtuali in reali, iniettando l'energia sufficiente per evitare che riscompaiano. È un fenomeno noto della fisica, per esempio si utilizza nella trasmissione di onde radio. Intorno a un elettrone girano fotoni virtuali, formando il campo elettrico. Se si accelera l'elettrone, facendolo passare in un filo, i fotoni virtuali acquistano energia e si trasformano in fotoni reali allontanandosi dal filo sotto forma di onde radio. Tuttavia, l'energia del plasma di quark e gluoni non basta per raggiungere le temperature richieste per trasformare questa «schiuma» spaziotemporale in vero wormhole. Il secondo strumento per fabbricare la macchina del tempo di Davies è un dispositivo d'implosione che dà alla bolla di quark e gluoni l'energia necessaria per comprimerla di un fattore pari a un miliardo di miliardi. Questo per elevarne la temperatura consentendo la trasformazione della bolla in un embrione di wormhole. La difficoltà non è nella quantità di energia necessaria (circa dieci miliardi di joule, la produzione di una centrale elettrica in qualche secondo), quanto nella concentrazione dell'energia su dimensioni così piccole.

Per portare il wormhole dallo stato embrionale a dimensioni utili occorre utilizzare un dilatatore, che ne accresca le dimensioni e lo mantenga aperto per consentire al temponauta di passarvi senza problemi. Per fare questo Paul Davies ipotizza di servirsi dell'antigravità, una forza repulsiva che può essere prodotta dal cosiddetto «effetto Casimir». Due piastre conduttrici variano i campi elettromagnetici dello spazio, creando una forza repulsiva, l'antigravità appunto.

L'ultima fase consiste nel trasformare il wormhole, ormai portato alla taglia giusta, in una macchina del tempo. E cioè stabilire una differenza temporale permanente tra le sue estremità. Il compito è affidato al differenziatore e la tecnica suggerita è la dilatazione temporale che si osserva nell'effetto dei gemelli. Ancora una volta si ricorre a un acceleratore di particelle, in questo caso per far circolare una delle estremità del cunicolo a velocità prossime a quella della luce, per un periodo

sufficientemente lungo da provocare una discrepanza temporale fra le due estremità. Così si può viaggiare indietro nel tempo. La macchina del tempo è pronta. Bisogna ancora risolvere qualche problema tecnico, ma esiste un progetto da seguire”.

“L’esperimento al CERN a cui mi riferisco coinvolge energie molto alte e sfrutta i protoni. Dalla mia prospettiva storica sulla mia worldline, ricordo che la faccenda fu un punto di dibattito fra 18 mesi. C’erano alcuni scienziati che pensavano che gli esperimenti fossero troppo pericolosi da fare.

I miei commenti sul CERN si riferiscono agli acceleratori di particelle e ad altre questioni che sono affiorate in passato. La più grande scoperta scientifica per la distorsione controllata della gravità avverrà al CERN nel prossimo futuro. Diavolo, non abbiamo nemmeno affrontato la compressione di campo “Z”! Una grande parte della matematica teorica dietro il viaggio nel tempo fu scoperta testando varie idee della teoria delle stringhe ed eliminando le anomalie. Per quel che ricordo, fu questo lavoro originale che portò alla prova decisiva che sei dimensioni si avvolgono realmente per darci il nostro universo osservabile. E questo inoltre darà supporto ad altra matematica teorica per il viaggio nel tempo”.

(JOHN TITOR*³⁶ – VIAGGIATORE DEL TEMPO)

Due teorie a confronto

João Magueijo, è anch’egli (come Ronald Mallett) un fisico teorico nonché assistente (l’equivalente di un professore di ruolo negli Stati Uniti) all’Imperial College di Londra. Nacque nel 1967 ad Évora, in Portogallo. La sua notorietà è dovuta essenzialmente all’ipotesi (da egli stesso sostenuta) che la velocità della luce non sia

^{*36} **John Titor** è il nome di un personaggio apparso su un forum in Internet fra il 2000 e il 2001, dichiarando di essere un viaggiatore nel tempo proveniente dall’anno 2036. Egli avrebbe rivelato fatti e avvenimenti che sarebbero accaduti fra la sua nascita e la sua partenza verso il passato. Che sia vero o no, il suo passaggio sul web ha alimentato forti discussioni sul suo conto e sul futuro dell’umanità.

costante nell'Universo; da questa premessa ha elaborato una serie di teorie legate ai concetti di Relatività Speciale e Generale, che assieme prendono il nome di VSL (l'acronimo si traduce in: Varying Speed of Light). In sintesi, il fisico portoghese propose una modificazione della Relatività Speciale, nella quale un'energia fisica, come ad esempio l'energia di Planck, unisce la velocità della luce come invariante, a dispetto di una completa Relatività di strutture inerziali, in accordo con la teoria di Einstein per le basse energie.

Questa nuova teoria, dovrebbe, in linea di principio, trovarsi in accordo con la Relatività Speciale, quando il campo gravitazionale è debole, se non addirittura assente ; e in esperimenti che proverebbero la natura dello spazio-tempo su scale di energia molto più piccole dell'Energia di Planck^{*37}. Tali considerazioni portano immediatamente alla seguente domanda: *“In quali strutture di riferimento, la lunghezza e l'energia di Planck, rappresentano delle “soglie” per il nuovo fenomeno?”*

Supponiamo che vi sia una scala di lunghezza fisica che misuri la dimensione delle strutture spaziali negli spazi-tempi quantistici, quali la zona ed il volume discreti previsti vicino alla gravità quantistica (*loop quantum gravity*). Se questa scala è la lunghezza di Planck, in una struttura inerziale di riferimento, la relatività speciale suggerisce che può essere differente nella struttura di un altro osservatore: un'implicazione diretta della contrazione di Lorentz-Fitzgerald^{*38}.

^{*37} L'energia di Planck è un'unità di misura di Planck, che prende il nome dal fisico Max Planck. È l'unità di misura naturale dell'energia, ed è solitamente indicata con E_p . In relatività generale si definisce la massa di Planck come il valore per cui un buco nero ha un raggio di Schwarzschild pari al suo raggio Compton. L'energia posseduta da questa massa a riposo è definita come energia di Planck.

^{*38} Nel 1889 il fisico Irlandese George Fitzgerald propose che il risultato negativo dell'esperimento di Michelson-Morley poteva essere spiegato se si suppone che un corpo in moto si contrae nella direzione del moto. Secondo Fitzgerald la contrazione era dovuta alla pressione esercitata dall'etere sul corpo in moto. Lorentz propose una teoria simile e predisse che la massa di una particella carica aumenta con la velocità (altro fiore all'occhiello della teoria della relatività): tale effetto fu rilevato nel 1900 da Kauffman, cinque anni prima che Einstein scrivesse il suo primo articolo sulla relatività. Inoltre, sempre prima del famoso articolo di Einstein, Larmor per primo e Lorentz in seguito, ricavarono le famose trasformazioni di spazio e tempo, meglio conosciute come trasforma-

Senza addentrarmi ulteriormente in altri dettagli tecnici, che alla fine non farebbero altro che rendere ancora più difficile la comprensione del “nocciolo della questione”; cercherò ora di presentare in parole povere ciò che si evince da tutte le ipotesi e le considerazioni di Magueijo; affinché sia possibile intuire, anche per i meno esperti in materia, le varie analogie e interconnessioni con le teorie di R.Mallett. Riducendo il tutto veramente all’osso, possiamo affermare che (sulla base delle ipotesi di Magueijo): **Variando la velocità della luce, nemmeno l’energia “immagazzinata” nel vuoto rimane immutata(costante).**

Detta così, in tutta la sua semplicità, sembrerebbe una cosa da nulla; ma a livello teorico, da un punto di vista quantistico-relativistico, le implicazioni che tale considerazione comporta nella questione sollevata da Ronald Mallett, sulla possibilità (secondo lui quasi scontata) di manipolare lo spazio-tempo attraverso dei fasci circolari di luce laser, sono davvero enormi.

In base ai miei parametri di giudizio, in un discorso di questo tipo, entra sicuramente in causa quella parte della fisica ancora ignota, le cui basi sarebbero da ricercare nell’ormai famosa teoria di gauge di Weyl (...da tempo a mio avviso, ingiustamente lasciata in “disparte”) che si prefiggeva di trovare una sorta di unificazione tra campo magnetico e gravitazionale, al fine di poter farli apparire, come delle semplici “proprietà geometriche” dello spazio-tempo.

Non dimentichiamoci che sulla base della teoria quantistica dei campi, quando le energie delle eccitazioni dei campi raggiungono energie confrontabili con la massa di Planck

[Massa di Planck = $(hc/G)^{1/2} \sim 10^{19}$ massa protone] non è più possibile trascurare gli effetti della gravità. A questo punto subentra quindi una limitazione teorica, poiché, in base alla teoria di Einstein, dovremmo tener conto della deformazione dello spazio-tempo, ma questo porterebbe ad un’inconsistenza matematica nel calcolo delle ampiezze di

zioni di Lorentz, e mostrarono che la contrazione di Fitzgerald-Lorentz ne era una conseguenza. Le trasformazioni di Lorentz assieme a tutte le conseguenze (contrazione delle lunghezze, dilatazione del tempo, aumento della massa) sono state inglobate nella teoria della relatività di Einstein nel 1905.

probabilità. Le varie estensioni della teoria dei campi che sono state proposte per risolvere tale problema (teoria delle stringhe, extra-dimensioni spaziali, discretizzazione dello spazio tempo), da un punto di vista fenomenologico, non hanno finora fornito alcun risultato “incoraggiante”.

L’ipotesi di Everett (o “interpretazione a molti mondi”), impone numerose restrizioni al procedimento di quantizzazione.

Tale ipotesi, suggerisce anche di imporre particolari restrizioni alle condizioni inerenti alla funzione d’onda dell’Universo; restrizioni che non appaiono naturali nelle altre interpretazioni. Secondo queste ultime, l’Universo odierno è costituito da un unico “ramo” generato nel lontano passato dalle forze a cui è dovuta la riduzione della funzione d’onda. Di conseguenza, nelle interpretazioni diverse dall’ipotesi di Everett, gli effetti quantistici della gravità consistono, almeno attualmente, nel generare piccole fluttuazioni attorno a un Universo essenzialmente classico. Questo punto di vista della cosmologia quantistica (sviluppato in profondità da J.V.Narlikar^{*39}), porta a modelli cosmologici distinti da quelli suggeriti dall’ipotesi di Everett. Un’analisi dettagliata di ciò che un osservatore vedrebbe, mostra che vi sono delle differenze tra i modelli basati sull’ipotesi originale di Everett e quelli di Narlikar, anche se al giorno d’oggi l’evoluzione sarebbe descritta con ottima approssimazione da un Universo di Friedmann^{*40} classico in entrambi i casi.

I due tipi di modelli differiscono enormemente in prossimità della singolarità iniziale, e ciò può portare a differenze osservabili tra quelli basati sull’ipotesi di Everett e quelli basati sulla riduzione della funzione d’onda. L’esistenza di queste differenze permette di avviare alla critica principale mossa all’ipotesi di Everett dai suoi oppositori; critica esposta in modo molto conciso da Shimony:

^{*39} **Jayant Vishnu Narlikar** (19 luglio 1938) è un eminente astrofisico indiano. Il professor Narlikar è considerato l’esperto capo e difensore della teoria cosmologica dello stato stazionario. Il suo lavoro sulla teoria della gravità conformale con Fred Hoyle, chiamata **teoria Hoyle-Narlikar**, dimostrò la sintesi che può essere raggiunta tra la teoria di Albert Einstein della relatività e il principio di Mach.

^{*40} L’**equazione di Friedmann** è una soluzione dell’equazione di campo di Einstein nel caso di un universo omogeneo, isotropo e non statico.

“Dal punto di vista di qualunque osservatore - o più esattamente, dal punto di vista di ogni “diramazione” di un osservatore - la diramazione del mondo da lui osservata si evolve in modo stocastico. Poichè tutte le altre diramazioni sono inaccessibili alle sue osservazioni, l’interpretazione di Everett ha esattamente lo stesso contenuto empirico - nel senso più ampio possibile - di una teoria quantistica modificata in cui sistemi isolati di tipo opportuno subiscono occasionalmente “salti quantici” che violano l’equazione di Schrödinger. Pertanto Everett ottiene l’evoluzione continua dello stato quantistico globale al prezzo di una violazione estrema del principio di Occam (...)”

L’ipotesi di Everett però non viola il principio di Occam. Quando il sistema osservato è piccolo, l’Universo, inteso nel senso corrente di tutto ciò che esiste, non si scinde. Solo l’apparato di misura si scinde. Se decidiamo che è l’Universo a scindersi, esso consiste di tutti gli Universi classici permessi dal dominio, in cui la funzione d’onda dell’Universo non è nulla. Solo in apparenza quindi, questa è una violazione del principio di Occam; poichè uno dei problemi presenti a livello classico consiste nel considerare il fatto evidente che tra tutti i punti dello spazio dei dati iniziali delle equazioni di Einstein, uno solo è stato “realizzato”. È un problema comune a tutte le teorie classiche. A livello classico, per risolvere questo problema si devono porre le condizioni iniziali sullo stesso piano delle leggi fisiche. Si devono inoltre introdurre ulteriori leggi fisiche per implicare la riduzione della funzione d’onda. Adottando l’ipotesi di Everett non si deve invece ricorrere a nessuna legge nuova, perchè in questo caso tutti i punti nello spazio dei dati iniziali corrispondono a Universi classici realmente esistenti. In definitiva quindi, la cosmologia fondata sull’ipotesi di Everett, amplia l’orizzonte ontologico per “risparmiare” sulle leggi fisiche. Applicare l’interpretazione di Copenhagen, alla cosmologia quantistica (e dal punto di vista dinamico, il collasso della funzione d’onda da essa postulato), appare quindi addirittura ridicolo. È assai probabile che in un futuro, a mio avviso non troppo lontano, l’ipotesi di Everett (interpretazione a molti mondi) sostituirà sia quella statistica che quella di Copenhagen.

Anche secondo David Deutsch, un fisico di origine Israeliana (noto in ambito scientifico soprattutto per i suoi studi rivoluzionari

sulla computazione quantistica), affinché i viaggi nel tempo siano fisicamente possibili, deve necessariamente esistere un Multiverso:

“Se, a parte le mie varianti in altri Universi, esistono anche molteplici copie identiche di me stesso, quale sono io? Io sono, è ovvio, tutte loro. Ciascuna di essa ha appena posto la domanda: “quale sono io?”, e ogni modo corretto di rispondere deve dare a ognuna la stessa risposta. Presupporre che sia fisicamente sensato chiedere quale sia io tra le copie identiche equivale a presupporre che esista qualche sistema di riferimento esterno al Multiverso, rispetto al quale si possa strutturare la risposta, del tipo “sono il terzo da sinistra”. Ma quale “sinistra”, e che cosa significa il “terzo”? Una tale terminologia è sensata soltanto se si immaginano le istantanee di me stesso schierate in posizioni diverse in un qualche spazio esterno. Ma il Multiverso non esiste in uno spazio esterno più di quanto esista in un tempo esterno: contiene tutto lo spazio e tutto il tempo che esistono; esiste, e dal punto di vista fisico è tutto ciò che esiste” (...) Nella realtà il tempo dev’essere sostanzialmente diverso dalla sequenza lineare ipotizzata dal senso comune. Ciò nondimeno, nel Multiverso tutto è rigidamente determinato proprio come nello spaziotempo classico (...) La differenza è soltanto che il Multiverso non consiste di strati che si determinano reciprocamente, da me chiamati superistantanee, che potrebbero fungere da “momenti” del Multiverso, ma è un puzzle complesso e multidimensionale. In questo Multiverso-puzzle, che non consiste di una sequenza di momenti né consente il flusso del tempo, il concetto comune di causalità è perfettamente sensato”. (David Deutsch – “La trama della Realtà” ; Einaudi).

Ronald L.Mallett e João Magueijo:



Operazione Orion

*“Se è verde o si muove è biologia,
se puzza è chimica,
se non funziona è fisica”
Arthur Bloch*

Se non decoerisce funziona!

Il tredici febbraio di quest’anno (2007), una notizia apparsa inizialmente sui giornali locali di Vancouver (Canada), ha in breve tempo fatto il giro del mondo. I primi articoli che riportarono tale notizia, iniziavano quasi tutti con le seguenti parole: *“Azienda canadese presenta un nuovo prodotto, nel campo delle applicazioni inerenti al settore della ricerca scientifica sui sistemi di calcolo”*. Questo nuovo prodotto, difficilmente sarebbe potuto passare inosservato, poiché essenzialmente, esso rappresenta una di quelle mete che in ambito tecnologico, si riteneva fossero raggiungibili solo nei decenni a venire; ovvero la realizzazione fisica del: computer quantistico (in sigla: QC, *quantum computer*).

Il primo prototipo al mondo di QC, denominato “Orion” dalla “D-Wave Systems” (ovvero dall’azienda canadese che lo ha prodotto), è stato presentato al Museo di Storia dei Computers^{*41} di Silicon

^{*41} Il Computer History Museum, è considerato il più grande ed importante museo in cui si trovano custoditi (dal più “antico” al più odierno), tutti i calcolatori che siano mai stati realizzati dall’uomo, a partire dall’inizio del secolo scorso fino ad oggi. Il museo contiene circa cinquantamila oggetti, fotografie e pellicole (filmati), come pure due chilometri di documentazione catalogata e diverse centinaia di gigabytes di softwares. Originariamente situato a Moffett Field, in una vec-

Valley, in California. Durante la dimostrazione pratica delle capacità di calcolo di Orion (durata circa due ore), quasi quattrocento persone, tra ingegneri, informatici, fisici ed altri esperti di ogni genere, hanno potuto appurare quindi le reali potenzialità di questo neonato “*mostro tecnologico*”.

Qualche anno fa, la stessa azienda che ha costruito Orion, aveva già fatto parlare di se con un precedente prototipo di QC (la notizia però allora non fece molto scalpore perché si trattava di un misero abbozzo di QC, con soli due qubit di capacità di calcolo). L'attuale modello di QC presentato di recente (13 febbraio 2007) dalla “D-Wave Systems”, dispone invece di ben 16 qubit. Durante la dimostrazione, Orion è stato in grado di risolvere tre problemi: il matching di molecole farmaceutiche^{*42}, un caso semplice del proble-

chia costruzione precedentemente adibita a deposito mobilia di una base navale della US Navy, oggi si trova invece ubicato sulla North Shoreline Boulevard di Mountain View, a Silicon Valley, in California; dove al pubblico, è stato aperto solo nel giugno del 2003.

^{*42} Una breve nota al riguardo: Le nuove tecniche di calcolo informatico rivestono un ruolo assai importante nella selezione dei composti (chemio- informatica), come pure nelle applicazioni di bio-informatica strutturale. Il primo passo cruciale, nel processo di sviluppo di un farmaco, sta nell'identificare e convalidare un insieme ridotto di molecole bersaglio dei farmaci (quali proteine di tipo enzimatico, recettoriale e di trasduzione del segnale). Una volta identificate queste molecole, si hanno le basi per lo screening e la sintesi di nuove molecole che possono interagire con esse. Ad ottenimento dell'insieme dei targets molecolari, viene eseguita un'analisi strutturale sugli stessi al fine di “caratterizzarli”, e si identifica un insieme di possibili ligandi che siano in grado di interagire con questi targets. Le tecniche di sintesi consentono di produrre un gran numero di composti che potrebbero interagire con un target. Ciascuna molecola è caratterizzata da un insieme di proprietà chimico-fisiche in base alle quali è possibile selezionare un numero ristretto di elementi da sottoporre a simulazione di interazione col target (virtual screening).

ma del Commesso Viaggiatore^{*43} e un puzzle Sudoku^{*44}. L'obiettivo che la "D-Wave Systems" si è proposta di raggiungere entro la fine del 2007, è quello di arrivare a 32 qubit di capacità di calcolo, per poi toccare la soglia dei 1024 qubit alla fine del 2008. C'è comunque chi rimane molto scettico, in relazione ad alcune questioni di ordine scientifico-tecnologico che ruotano attorno al concetto di QC; delle questioni legate all'"effettiva applicabilità" di teorie e concetti strettamente legati al mondo della meccanica quantistica, in cui parlare di "entità isolate" (come un qubit, ad esempio) è sempre altamente aleatorio, se non addirittura un controsenso.

Una di queste persone, è il Prof. Andrea Pasquinucci (Ph.D in Fisica Teorica) dell'Università degli Studi di Milano, che con queste parole, esprime chiaramente tutti i suoi dubbi in relazione ai possibili-potenziali futuri sviluppi della "Quantum computer's technology":

"Questo progetto ha una grave incognita, la "decoerenza". (...) le

^{*43} Il problema del commesso viaggiatore (TSP - Traveling Salesman Problem) è uno dei problemi classici che possono essere risolti utilizzando un algoritmo genetico (l'algoritmo genetico è un algoritmo di analisi dei dati che appartiene a una particolare classe di algoritmi utilizzati in diversi campi, tra cui l'intelligenza artificiale. È un metodo euristico di ricerca ed ottimizzazione, ispirato al principio della selezione naturale di Charles Darwin che regola l'evoluzione biologica). Il TSP riguarda un commesso viaggiatore che deve visitare ogni città in una data rete prima di tornare al punto iniziale, e completare il suo viaggio. Il problema richiede il percorso più economico, cioè un percorso chiuso che passa attraverso ciascun nodo nel grafo (città) e il cui costo totale (cioè la distanza totale percorsa) sia minimo. Le sue applicazioni rientrano nel disegno di linee telefoniche e di circuiti integrati, come pure nella programmazione di robots industriali. In tutte queste applicazioni, la capacità di trovare un percorso economico nel grafo in questione può essere abbastanza cruciale. Il TSP è un problema NP-difficile (Polinomiale non deterministico completo) che in pratica è irrisolvibile con un algoritmo lineare standard se la complessità del problema è abbastanza elevata. Il TSP può essere risolto con un computer molto veloce quando il numero di nodi, ad esempio, è dell'ordine di 50. Se il grafo è più grande, è necessario un algoritmo non lineare.

^{*44} **Sudoku** è un gioco di logica nel quale al giocatore o solutore viene proposta una *griglia* di 9×9 celle, ciascuna delle quali può contenere un numero da 1 a 9, oppure essere vuota; la griglia è suddivisa, da bordi in neretto, in 9 "sottogriglie", chiamate *regioni*, di 3×3 celle contigue. Le griglie proposte al giocatore hanno da 20 a 35 celle contenenti un numero. Scopo del gioco è quello di riempire le caselle bianche con numeri da 1 a 9, in modo tale che in ogni riga, colonna e regione siano presenti tutte le cifre da 1 a 9, e pertanto senza ripetizioni.

particelle elementari utilizzate come qubit rischiano di interagire con le particelle del mondo circostante e trasformarsi in modo praticamente casuale. Questo ovviamente porterebbe a risultati praticamente casuali per i calcoli. D-Wave ammette di non essere sicura di riuscire a mettere insieme più di 16 qubit e mantenerli isolati e controllati come dovrebbe. Se questa paura si rivelasse realtà, Orion rimarrebbe non solo il prototipo ma anche l'ultimo della sua specie”.

Ebbene sì, uno dei problemi che in genere si tende a sottovalutare quando si parla di computers quantistici, è proprio quello della decoerenza.

Ma che cos'è la decoerenza? ...bè, vediamo di chiarirlo.

In un modello di „misura“, ciò che produce la riduzione del pacchetto d'onde, è l'interazione del sistema con ciò che gli sta attorno (ad esempio lo stesso „apparecchio di misurazione“). Più generalmente, gli oggetti quantici non sono mai completamente isolati da ciò che li circonda, dove per „ciò che li circonda“ si intende tutto ciò che interagisce con il sistema (un apparecchio, delle molecole d'aria, dei fotoni, ecc...). Le multiple interazioni tra l'oggetto quantico e „ciò che lo circonda“, causano una distruzione molto rapida delle interferenze quantiche del sistema. Le interferenze sono un fenomeno ondulatorio, e caratterizzano un comportamento quantico. La distruzione delle interferenze, comporta a sua volta una soppressione delle superposizioni di stati che caratterizzano l'oggetto quantico; esso quindi, disponendo unicamente di alcuni stati semplici, assume immediatamente un comportamento classico. In un oggetto macroscopico (un gatto per esempio), ogni suo atomo interagisce con tutti gli altri atomi dell'ambiente che gli sta attorno. Tutte queste interazioni provocano spontaneamente un „ronzio“ di interferenze quantiche, che spariscono quasi istantaneamente. Ecco perchè la fisica quantica non si applica alla nostra scala: i sistemi non sono mai isolati. Questo fenomeno è stato battezzato „decoerenza“, poiché è la distruzione della coerenza degli stati quantici che elimina le interferenze. La velocità di decoerenza aumenta con la grandezza del sistema. Un gatto per esempio, formato da circa 10^{27} particelle, „decoerisce“ in 10^{-23} secondi. Ciò spiega perchè non si sono mai

visti dei gatti „morti-viventi“^{*45}, e infine perchè la decoerenza sia così difficile da osservare.

Tornando al discorso sui computers quantistici, uno dei problemi più ardui da risolvere, è quindi quello di impedire che l'interferenza dei vari calcoli si rifletta sul mondo macroscopico. Infatti, se un gruppo di atomi o di molecole è sottoposto a un fenomeno di interferenza e interagisce al tempo stesso con l'ambiente macroscopico non è più possibile rilevare l'interferenza con misure che riguardano solo gli atomi del gruppo originario che così cessa di effettuare un'attività di calcolo quantistico utile.

I dubbi di Pasquinucci comunque (come probabilmente anche quelli di molti altri fisici teorici), non sono legati esclusivamente al problema della decoerenza, ma vanno oltre; come dimostrano queste altre sue affermazioni:

“(...)un dubbio più rilevante è stato sollevato da molti scienziati che si occupano di Elaboratori Quantistici. (...) D-Wave ha scelto di realizzare il proprio Elaboratore usando dei sistemi a superconduttori a temperature vicine allo zero assoluto. Inoltre la struttura interna dell'elaboratore quantistico di D-Wave segue un modello semplificato introdotto nel 1999 che non è in grado di implementare l'algoritmo di

^{*45} L'allusione è chiaramente riferita all'ormai leggendario “Gatto di Schrödinger”. Il paradosso ideato da Erwin Schrödinger (fisico austriaco, 1887 -1961) servì ad illustrare l'assurdità della fisica quantistica se la si applica al mondo macroscopico della nostra realtà quotidiana. Tale paradosso consisteva nell'immaginare quanto segue: si chiude un gatto in una scatola in cui vi è una sostanza radioattiva che ha una possibilità su due di emettere una particella in un'ora. Questa sostanza presenta un comportamento quantico, ovvero si trova in una *superposizione* di stati: particella emessa - particella non emessa. Ora, l'emissione di una particella aziona un dispositivo che rompe un flacone di veleno e uccide il gatto. Cosicché il povero gatto, di cui la sorte è sospesa a quella della particella, deve anch'esso forzatamente trovarsi in una *superposizione* di stati: gatto-morto ; gatto-vivente. Ciò è evidentemente assurdo, poiché i gatti obbediscono alle leggi della fisica classica. Tra i gatti e le particelle esiste quindi un livello intermedio detto *mesoscopico*, in cui possono coesistere comportamenti quantistici e classici. (Tali teorie vengono ancor oggi accettate da un gran numero di scienziati).

*Shor*⁴⁶, ma solo quello di Grover. L'algoritmo di Shor è, tra gli algoritmi per elaboratori quantistici, quello più famoso poiché è in grado di fattorizzare il prodotto di numeri primi, con possibili conseguenze sia per la sicurezza informatica (gli algoritmi crittografici asimmetrici quali RSA sono basati su problemi matematici di questo tipo) che per la teoria dei numeri. L'algoritmo di Grover*⁴⁷ invece permette solamente di risolvere alcune equazioni particolarmente complesse nella fisica delle particelle elementari o delle interazioni molecolari, ed il famoso problema del "Commesso Viaggiatore" che ha moltissime applicazioni pratiche, dalla organizzazione di merci e magazzini ai portafogli finanziari.*

Il problema con l'implementazione di D-Wave è che non è chiaro se Orion sia veramente un elaboratore quantistico o solamente un elaboratore superconduttore. La differenza fra questi due tipi di elaboratori è sostanziale: il primo adotta la logica quantistica ed è in grado di fare operazioni in modo impossibile altrimenti, il secondo adotta l'usuale logica digitale ma raggiunge velocità impossibili altrimenti grazie alla superconduttività. D-Wave afferma di avere "compelling evidence" che Orion si comporta come un elaboratore quantistico, e che presto rende-

^{*46} **Peter W. Shor** (14 agosto 1959) è un informatico teorico statunitense, noto per i contributi al calcolo quantistico. In particolare nel 1994, mentre lavorava ai Bell Laboratories, ha inventato quello che oggi è noto come algoritmo di Shor per la fattorizzazione. Questo algoritmo permette di fattorizzare in tempo polinomiale, numeri composti anche da centinaia di cifre. Il problema di scomporre grossi numeri nei loro fattori primi è considerato talmente difficile che è alla base dei moderni sistemi di crittografia elettronica. In pratica, la sicurezza di ogni dato che viaggia su Internet (firme elettroniche, codici di carte di credito, ecc.) dipende dalla terribile difficoltà di scomporre un numero nei suoi fattori primi. Si può quindi immaginare il valore che l'algoritmo di Shor assumerebbe se fosse davvero implementato su macchine esistenti.

^{*47} L'algoritmo ideato nel 1996 da Lov Grover, facilita il problema di cercare un elemento in una lista: immaginate di cercare un nome in un immenso elenco telefonico non ordinato, con i nomi sparsi alla rinfusa. L'unico modo di farlo sembrerebbe quello di controllare ogni nome della lista finché non incappiamo in quello cercato. Ogni algoritmo tradizionale concepibile, quindi, girerà in un tempo proporzionale alla grandezza dell'input (se la lista ha N nomi, il programma deve andare a guardare in ognuna delle N posizioni). Ebbene, l'algoritmo di Grover impiega un tempo che, dato un input di grandezza N, è proporzionale alla radice quadrata di N. È come se avessimo la garanzia di trovare un nome in un elenco di 100 pagine, apprendone solo 10!

rà pubbliche queste prove. D'altra parte il dubbio è legittimo in quanto in Orion la componente quantistica è così ridotta che è lecito dubitare se abbia veramente un qualche effetto sull'esecuzione dei calcoli".

Lo stesso scetticismo di Pasquinucci, lo rivela anche Seth Lloyd, ricercatore presso il MIT di Boston; che con queste parole ha espresso il suo punto di vista: *"È ancora troppo piccolo per risolvere quesiti impossibili ai computers tradizionali, ma non si può sapere se funzionerà anche a dimensioni maggiori. Se funzionerà, si potranno risolvere problemi difficili e D-Wave sarà sicuramente invasa dalla domanda ...ma non è certo il tipo di azienda in cui investirei il mio denaro".*

Un po' meno scettica sembra essere invece Luisa Spairani (laureata con il massimo dei voti in Fisica Teorica all'Università di Pavia), che ad esempio, parlando della crittografia (un altro argomento strettamente legato al concetto di Quantum Computing), ci fa osservare che: *"Un altro problema per il quale l'impiego delle proprietà quantistiche sembra schiudere promettenti orizzonti è quello relativo alla soluzione del cosiddetto problema del corriere presente nei sistemi crittografici. Questo problema è relativo al fatto che qualunque trasmissione crittografica protetta include l'inevitabile impiego di un corriere per il trasporto della chiave. Il corriere è il punto debole di tutto il sistema (esso stesso può "tradire", o, essere sequestrato e costretto a tradire). Non giova pensare al fatto che le due parti possano incontrarsi per lo scambio delle chiavi una volta per tutte, preventivamente a qualsiasi collegamento, perché ovvie ragioni di sicurezza consigliano di cambiare ad ogni collegamento la chiave. Dunque, alle due parti, se vogliono comunicare standosene nella propria sede, non resta altro che affidarsi ad un corriere(...). È possibile dimostrare teoricamente che si possono ottenere messaggi crittografati a ermeticità assoluta ove, a ogni sessione, si ricorra a chiavi realizzate con sequenze casuali di dati, in modo da non fornire al criptoanalista della parte avversa "dati storici" "su cui poter lavorare. La tecnica di criptazione, con un procedimento quantistico per realizzare scambio di chiavi produce assoluta ermeticità".*

Vi sono molti "esperti in materia" che si sono pronunciati sulla questione assai delicata e per certi aspetti controversa del calcolo quantistico; e quasi tutti immancabilmente hanno rivelato, a volte in

modo esplicito e a volte in modo un po' meno esplicito, i loro sostanziali "dubbi di fondo" su tale questione. Con queste frasi assai intense e significative, espone il suo parere (riguardo alle prospettive che si profilano all'orizzonte su tali questioni), il Dr. Ernesto Hofmann, laureato in fisica teorica presso l'Università di Roma:

"La strada da percorrere è enormemente complessa e non è nemmeno certo che sia realmente percorribile. Ma anche se alla fine il computer quantistico si rivelasse grande come un edificio e richiedesse centinaia di specialisti per essere programmato e gestito, e costasse centinaia di milioni di euro (o ancor più), esso potrebbe rivelarsi comunque un formidabile strumento di calcolo. Dal punto di vista strategico o economico potrebbe consentire di decifrare qualunque chiave crittografica o di investigare in tempi brevissimi qualunque archivio. Ma è soprattutto dal punto di vista conoscitivo che esso consentirebbe di entrare realmente in un mondo, quello della meccanica quantistica, che oggi appare ancora quasi incomprensibile anche se viene utilizzato per le più complesse teorie della fisica. Anche un piccolo computer quantistico, permettendo, di manipolare concretamente fenomeni come

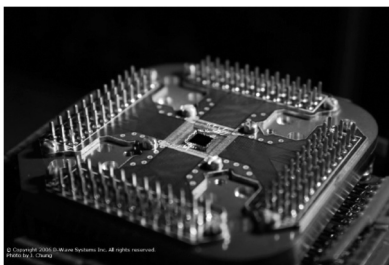


Immagine in alto a sinistra: Il supporto utilizzato per il collegamento del circuito integrato (chip) di Orion, fissato ad un refrigeratore a diluizione della ditta Leiden Cryogenics. Immagine accanto: il chip a 16 qubit (Fonte: www.dailytech.com).

la sovrapposizione o l'entanglement, farebbe apparire la meccanica quantistica molto meno surreale di quanto non appaia oggi. Il computer quantistico permetterebbe, infine, di capire meglio non solo la realtà del mondo subatomico ma anche il significato più profondo di ciò che è realmente la computazione e il suo ruolo nel mondo”.

E se i ricercatori della “D-Wave Systems” fossero sulla giusta strada? Bè, se così fosse, solo il tempo potrà dar loro ragione.

Qualche curiosità

Fino a poco tempo fa il più potente computer del mondo era l'Asci White^{*48} di Ibm del Livermore National Laboratory, che viene utilizzato per calcolare le conseguenze delle esplosioni nucleari. Di recente il primato è passato al nuovo gioiello di Compaq, il Terascale^{*49}, che si trova al Pittsburgh Supercomputer Center. Il Cern di Ginevra è comunque riuscito a “superare” per certi aspetti anche quest'ultimo con un supercomputer a griglia^{*50}. Ma i PC basati su molecole e quanti, quando diventeranno realtà, potrebbero rendere rudimentali e antiquati le macchine attuali che “ragionano” ancora col silicio.

^{*48} L'Asci White Ibm (giugno 2000) è migliaia di volte più potente di Deep Blue. È costato 110 milioni di dollari. È al Livermore National Laboratory, un ente federale Usa di ricerca. Grande quanto un paio di campi da basket, può svolgere un trilione di operazioni al secondo. Deep Blue, il mitico cervellone messo a punto da Ibm nel '97, per la prima volta nella storia, riuscì a battere a scacchi il campione mondiale Gary Kasparov. Era in grado di calcolare 200 milioni di mosse al secondo, Kasparov ne poteva calcolare 3 al secondo.

^{*49} Compaq ha presentato nell'ottobre 2001 Terascale, il “mostro” informatico commissionato dal Pittsburgh Supercomputer Center. Consuma ogni giorno tanta elettricità da illuminare una cittadina di 2000 abitanti.

^{*50} Il progetto Datagrid del Cern di Ginevra ha creato nel 2005, un supernetwork di computers in grado di lavorare in parallelo, con centinaia di migliaia di postazioni a livello planetario (Grid = griglia). La potenza di calcolo è pari a quella di 140 mila PC.

Le basi di ricerca

“Sono convinto che l’informatica abbia molto in comune con la fisica. Entrambe si occupano di come funziona il mondo a un livello abbastanza fondamentale. La differenza, naturalmente, è che mentre in fisica devi capire come è fatto il mondo, in informatica sei tu a crearlo. Dentro i confini del computer, sei tu il creatore. Controlli - almeno potenzialmente - tutto ciò che vi succede. Se sei abbastanza bravo, puoi essere un dio. Su piccola scala”.
(Linus Benedict Torvalds)

La data di nascita ufficiale della computazione quantistica è il 1982, anno in cui il famoso fisico Richard Feynman propose di utilizzare un nuovo tipo di macchina per simulare i fenomeni fisici studiati dalla meccanica quantistica: si era dimostrato, infatti, come un computer classico, seriale, necessitasse di tempi esponenziali per compiere tale simulazione. Un computer costruito in modo da sfruttare alcuni tipici fenomeni quantistici, però, avrebbe permesso tempi di calcolo esponenzialmente più rapidi. In particolare si pensava di sfruttare quello strano fenomeno noto come “sovrapposizione di stati” (precedentemente descritto nella nota a piè pagina n°45, parlando del “Gatto di Schrödinger”).

Ci si rese presto conto quindi che tale fenomeno, nell’ambito della computazione quantistica, era possibile sfruttarlo con successo adottando delle ingegnose strategie che alla fine dessero l’output desiderato. Tali strategie, o procedimenti di calcolo, vengono comunemente chiamati dai matematici: algoritmi.

I più conosciuti, poiché essenzialmente i più importanti nell’ambito della ricerca sulla computazione quantistica, sono l’algoritmo di Shor e quello di Grover (sommariamente descritti nelle note a piè pagina n°46 e 47).

Prima però che i fisici potessero iniziare ad occuparsi di tali questioni logico-matematiche, si dovette compiere alcuni passi nel mondo della fisica atomica, di fondamentale importanza per gli sviluppi di un eventuale “processore quantistico”. Il primo a muovere dei passi quindi in tal senso, fu il fisico Hans Dehmelt (premio Nobel nel 1989), il quale riuscì ad isolare in una camera a vuoto, un singolo

ione, ossia un atomo con una piccola carica elettrica. Dehmelt scoprì che utilizzando abilmente determinati campi elettrici e magnetici, era possibile isolare un unico ione e muoverlo all'interno di un dispositivo in grado di mantenere uno stato di vuoto pressoché assoluto. In pratica egli capì che, bombardando lo stesso ione da più direzioni con impulsi laser, era possibile “sospenderlo nel vuoto” in un punto prestabilito. Ulteriori passi avanti, furono in seguito fatti dai ricercatori austriaci Zoller e Cirac, i quali intuirono che un simile ione potesse fungere da “porta quantistica” in relazione a determinate procedure di calcolo basate appunto sul concetto di “sovrapposizione di stati”. Senza addentrarmi troppo nei “dettagli tecnici”, ciò che essenzialmente i due ricercatori scoprirono, è che diventa possibile (utilizzando determinati impulsi laser “modellanti”) costruire un registro quantistico con due tipi distinti di informazioni memorizzabili: il livello energetico dell'elettrone e la vibrazione orizzontale dello ione. Nei loro esperimenti, essi riuscirono a mantenere lo stato di sovrapposizione quantistica per almeno un decimo di secondo, ossia per un tempo lunghissimo su scala atomica. Ciò che Cirac e Zoller avevano individuato quindi, era un metodo per ottenere operazioni quantistiche attraverso le interazioni dei qubit.

A tal punto comunque, siccome questo tipo di sviluppi nell'ambito della computazione quantistica, si basava esclusivamente sull'utilizzo di singoli atomi, continuava a rimanere centrale il problema delle interferenze quantistiche, ossia della decoerenza. Una nuova interessante soluzione è sembrata arrivare nel 1997 con una tecnologia denominata NMR (Risonanza Magnetica Nucleare), che si proponeva di utilizzare, al posto di singoli atomi, delle vere e proprie molecole (ossia dei gruppi di atomi). Si appurò quindi, che non solo gli elettroni degli atomi potevano essere usati come qubit, bensì anche gli spin^{*51} dei loro stessi nuclei.

^{*51} I nuclei sono aggregati di neutroni e protoni, ambedue dotati di spin. Tali spin si bilanciano più o meno tra loro. Ma se un nucleo è costituito da un numero dispari di protoni e neutroni, potrà restare uno spin “netto” uguale a zero oppure a 1. Si è scoperto che tali spin possono essere usati anch'essi come qubit. Per poter creare un “circuito quantistico”, i nuclei devono essere in grado di interagire l'uno con l'altro attraverso i propri campi magnetici; ovvero devono essere correlati (dall'inglese: *entangled*). La possibilità che i nuclei hanno (o meno) di

Oltre alla Risonanza Magnetica Nucleare, nei primi anni del nuovo millennio, vennero sperimentate anche altre tecniche che potessero adattarsi agli attuali modelli di Quantum Computing; come ad esempio, i cosiddetti *quantum dot*^{*52}, ovvero delle “piccole isole” di materiale semiconduttore all’interno di un chip. Molti scienziati e ricercatori ritengono che fra tutte le tecnologie quantistiche adottabili in ambito computazionale, quella dei quantum dot sia la più promettente (si consideri anche che è quella con la maggior capacità di *scalability*, arrivando a superare addirittura i 1000 qubit).

L’ambizioso programma di riconsiderare i principi fondamentali della fisica dal punto di vista della teoria della informazione è ancora nella sua infanzia, tuttavia promette di dare frutti importanti: i concetti e i metodi della informazione e della computazione quantistica sono i primi fra questi. Dai tempi di Turing essenzialmente nessun cambiamento sostanziale ha avuto luogo nell’idea di che cosa sia e come operi un computer, fino a che la meccanica quantistica non ha aperto la possibilità di un cambiamento di paradigma. In effetti la logica aristotelica della macchina di Turing mal si adatta alla razionalità umana (Vero e Falso sono concetti sufficienti?). Forse un’altra logica è possibile.

La meccanica quantistica è una struttura matematica per descrivere la natura che, almeno in linea di principio, include qualsiasi sistema fisico. Essa ci confronta con uno schema fatto di paradigmi ben diversi dal suo corrispondente classico: variabili dinamiche associate ad operatori che agiscono in uno spazio degli stati in cui i vettori possono avere infinite componenti complesse, le funzioni d’onda. Solo con una sequenza di difficili reinterpretazioni del concetto di misura

commutare il proprio stato a causa di un impulso esterno, può quindi dipendere dallo stato dei suoi vicini.

^{*52} Un tipico quantum dot può essere costituito da poche centinaia di atomi. Applicando opportuni campi elettrici attorno a queste isole è possibile controllare il numero di elettroni mobili all’interno delle isole stesse. Si può fare in modo di intrappolare, all’interno di un’isola, un unico elettrone. Intrappolato in tal modo l’elettrone può occupare solo stati discreti (quantizzati) di energia. Ogni elettrone quindi, può essere usato come un qubit. Le tecniche costruttive dei quantum dot sono diverse da quelle della fotolitografia tradizionale ma sono comunque accessibili, e recenti sviluppi hanno mostrato che è possibile costruire un notevole numero di quantum dot sullo stesso chip.

e del significato delle proprietà spettrali di tali operatori si possono mettere in relazione le analoghe variabili classiche. È interessante notare come le proprietà della teoria quantistica più rilevanti (ai fini dell'applicazione all'informazione e alla computazione), non sono tanto da ricercare nei dettagli delle equazioni del moto e della dinamica che esse generano, ma proprio nel fatto che la quantizzazione di un sistema fisico classico con N gradi di libertà, genera un sistema quantistico il cui spazio degli stati ha un volume che cresce esponenzialmente con N . Dunque la teoria quantistica si presta ad una complessità combinatoria di strutture dinamiche possibili enormemente grande. L'idea che si possa immagazzinare informazione negli stati microscopici è per i fisici una sfida senza precedenti, in quanto apre la prospettiva di usare la materia stessa nella sua struttura fondamentale per fare calcolo. La possibilità della realizzazione di questo programma è tanto affascinante quanto ardua. Gli effetti di interferenza che permettono agli algoritmi quantistici di funzionare rendono tali algoritmi anche molto fragili. La computazione quantistica mira a realizzare schemi computazionali esponenzialmente più efficienti dei corrispondenti classici proprio grazie alle proprietà caratteristiche della fisica quantistica.

«Allorquando i fisici hanno incominciato ad interessarsi sempre più ai sistemi complessi, la nozione di algoritmo è diventata viepiù importante, insieme all'idea che ciò che i sistemi fisici effettivamente fanno è computazione. In altri termini, grazie ai sistemi complessi, i fisici hanno cominciato a considerare la nozione di algoritmo come fisica. E la macchina di Turing universale comincia ad apparire come un concetto fisico fondamentale. [...] È spesso utile pensare ad un sistema fisico come qualcosa che elabora algoritmi, e all'intero universo come un unico gigantesco computer» (Chaitin)

Kevin Warwick, l'uomo cyborg

“Non capivo perchè un replicante collezionasse foto. Forse loro erano come Rachael: avevano bisogno di ricordi”.
(Dal film “Blade Runner”, di Ridley Scott)

Il progetto cyborg

Kevin Warwick, nacque a Coventry, una città di circa trecentomila abitanti situata nel West Midlands del Regno Unito, il nove febbraio del 1954. Lasciò la scuola all'età di sedici anni, per andare a lavorare presso la British Telecom. Riprese in seguito gli studi, ottenendo un primo diploma alla Aston University all'età di ventidue anni, per poi conseguire qualche anno dopo, un dottorato all'Imperial College di Londra. Nel corso degli anni, ebbe la fortuna di lavorare presso le Università più rinomate del Regno Unito (quali Oxford, Newcastle e Warwick), ricevendo infine una cattedra all'Università di Reading, all'età di trentatré anni. Attualmente K. Warwick riveste la carica di professore di cibernetica proprio all'Università di Reading, dove dispone appunto di una cattedra, da circa vent'anni. Le sue ricerche spaziano tra l'intelligenza artificiale (AI), la robotica e l'ingegneria biomedica. Egli è anche il direttore del Centro KTP*⁵³ dell'Università di Reading.

Il Prof. Warwick, ha effettuato una serie di esperimenti “pionieristici” nel campo della cibernetica, basati essenzialmente su un im-

*⁵³ Tale istituto collega l'Università di Reading con le piccole-medie imprese, ricevendo ogni anno un contributo finanziario per la ricerca scientifica, di circa due milioni di sterline.

pianto neurochirurgico (1998, Progetto Cyborg 1.0) di uno speciale micro-processore (nei nervi mediani del suo braccio sinistro), allo scopo di collegare il suo sistema nervoso direttamente ad un computer (e valutare così le possibili applicazioni di tale tecnologia nel campo della ricerca sui nuovi sistemi da offrire ai disabili). Egli è stato il primo ricercatore-scienziato ad utilizzare una sorta di super sensore ultrasonico immesso in un corpo umano (2002, Progetto Cyborg 2.0), onde stabilire una comunicazione puramente elettronica tra i sistemi nervosi di due esseri umani (la seconda persona quindi che in tali esperimenti ha giocato un ruolo importante, poiché anche su di essa si è dovuto impiantare un micro-processore – in questo caso “ricevente” – è stata sua moglie Irena). Nel 2002, alla Radcliffe Infirmary di Oxford il Prof. Warwick dà l’avvio al Progetto Cyborg 2.0. Poco più di due ore d’intervento e per circa due settimane, grazie a un centinaio di micro-elettrodi innestati nelle terminazioni nervose del braccio, egli sperimenta sensazioni artificiali, fa viaggiare il suo sistema nervoso in Internet, comunica telegraficamente con la moglie e manovra un robot a migliaia di chilometri di distanza.

Con queste parole, lo stesso Warwick (durante un’intervista), spiega in parole povere ad un giornalista della rivista italiana “L’Espresso”, i risultati più eclatanti del progetto Cyborg 2.0: “(...) *Effettivamente in Cyborg 2.0 abbiamo avuto la possibilità di raccogliere un quantitativo notevole di dati. Molti di quelli relativi al sistema nervoso li stiamo ancora analizzando a causa della loro complessità. I successi dell’esperimento però sono stati molteplici e assolutamente sorprendenti. Le faccio qualche esempio: a proposito del comportamento extrasensoriale, durante Cyborg 2.0, ero capace di muovermi bendato usando gli ultrasuoni, esattamente come fa normalmente un pipistrello di notte*^{*54}. *Ho inoltre guidato una sedia a rotelle direttamente con i segnali nervosi emessi dal mio cervello (e le anticipo che la prossima*

^{*54} Warwick, volendo confutare la tesi secondo cui il cervello umano non può captare gli ultrasuoni, ha indossato, bendato, una cuffia dotata di due antenne; la prima emetteva ultrasuoni che rimbalzavano sugli oggetti vicini, venivano catturati dalla seconda e trasmessi ai suoi elettrodi che li inviavano al suo sistema nervoso sotto forma di impulsi. Ogni volta che Warwick si avvicinava, ad esempio, ad un tavolo, il suo cervello avvertiva una piccola scarica. Di fatto è un po’ come avere un senso in più rispetto a tutti gli altri esseri umani, un sesto senso!

volta potrebbe trattarsi di una vera automobile!). Mentre fisicamente mi trovavo a New York, il mio sistema nervoso viveva invece in Internet. I miei segnali nervosi venivano inviati in rete e viaggiavano fino in Gran Bretagna dove riuscivano a muovere una mano robotizzata. Dopodiché tornavano indietro a New York e potevo sentire sulle dita della mia mano con quanta forza la mano artificiale si era mossa nell'altro continente. Il mio sistema nervoso, esteso attraverso Internet, aveva percorso di fatto 5.000 chilometri di distanza. Anche mia moglie Irena ha degli elettrodi inseriti nel suo sistema nervoso. Insieme comunicavamo telegraficamente dal sistema nervoso dell'uno a quello dell'altra e viceversa. Rispetto al controllo delle macchine direttamente con il cervello, resta da sperimentare ancora un po', ma sono convinto che questo tipo di impianti ci porterà ad utilizzarlo nel prossimo futuro(...)"

I confini fra umano e artificiale sono destinati a confondersi sempre di più: applicare a organismi biologici delle componenti robotiche non appare più un traguardo così lontano. I vantaggi delle strutture biologiche, ossia le loro capacità di autoriparazione e la loro flessibilità, andrebbero infatti ad intrecciarsi con i vantaggi delle macchine, adattabili a condizioni estreme e altamente differenziabili nella scelta dei materiali e delle caratteristiche costruttive. Le ricerche di Warwick cercano applicazione nello sviluppo di nuove tecnologie a favore delle persone disabili, ma mirano anche a rendere possibile un radicale cambiamento di ciò che oggi concepiamo come essere umano. In scenari futuribili potremmo essere in grado di collegare in un grande network le nostre intelligenze, non solo fra loro, ma anche con altre intelligenze artificiali. Le nostre capacità di calcolo potrebbero essere moltiplicate e le nostre emozioni essere trasmesse intatte attraverso la rete fino a raggiungere persone lontane centinaia di chilometri. Tutte le informazioni presenti nel nostro cervello potrebbero essere trasferibili in supporti informatici, o addirittura in un altro cervello, mettendo radicalmente in crisi il nostro concetto di individuo.

La cosa ancora più sorprendente è però provare a immaginare quali incredibili macchine potrebbero nascere da questa pletora di studi, ancora in odore di fantascienza, nel momento in cui si riuscisse a utilizzare molecole di Dna per costruire dei super computers, facendo cioè in modo che i codici della vita incontrino quelli della

materia. A quel punto, reputano gli esperti, le macchine avranno raggiunto una tale complessità che sarà per loro possibile replicare i 100 miliardi di neuroni e i trilioni di sinapsi che costituiscono il cervello umano. E da questi complessi labirinti di interconnessioni potrebbero un giorno affiorare i primi veri sistemi d'intelligenza "non umana". In molti laboratori del mondo gli scienziati hanno già iniziato a sperimentare l'uso di "vere" reti neurali animali per creare computer organici, oltrepassando la linea di confine tra materia animata e materia inanimata. Uno dei pionieri di questo nuovo filone della ricerca è senza dubbio William L. Ditto, un giovane fisico del Georgia Institute of Technology, che è stato capace, in via sperimentale, di combinare i normali circuiti di silicio con neuroni di sanguisuga, cioè con cellule nervose viventi. Ditto e i suoi colleghi sono partiti dall'idea che un elaboratore "biologico", ossia in grado di sfruttare reti neurali organiche, dovrebbe presumibilmente fornire risposte corrette anche basandosi su informazioni parziali (cosa che invece non avviene nei computer attuali, che hanno bisogno di programmazione e immissione di dati per elaborare qualsiasi risposta). I neuroni di sanguisuga hanno dimostrato proprio questa superiore funzionalità: facendo rimbalzare i dati fra loro (un po' con lo stesso principio con cui opera un computer quantistico), sono in grado di eseguire attività "simili al pensiero umano".

Stanno dunque nascendo entità capaci di fondere la nostra intelligenza organica, basata su cromosomi e neuroni, con quella inorganica subatomica.

Questi futuri computers combineranno il livello umano d'intelligenza con la velocità, l'accuratezza e la capacità di condivisione dell'informazione dei computers quantistici. In altre parole, con queste macchine l'uomo sta ponendo le basi per il superamento della sua stessa specie.

Nel suo libro "*The Age of Spiritual Machines*", Raymond Kurzweil ha dato una splendida sintesi della mente e della macchina. In una serie di argute, ingegnose e profonde meditazioni, ha esplorato il momento di metamorfosi quando le macchine raggiungeranno e sorpasseranno le capacità del cervello umano. "*The Age of Spiritual Machines*" non è una mera lista di presagi ma un disegno profetico

per il futuro. Kurzweil ci guida attraverso l'inesorabile avanzamento che sarà il risultato del superamento delle capacità della memoria e delle abilità computazionali del cervello umano. Secondo Kurzweil, le macchine compieranno tutto questo entro il 2020. Cominceremo ad avere relazioni con personalità automatizzate e le utilizzeremo come insegnanti, compagni ed amanti. Fra 10 anni, l'informazione sarà alimentata direttamente dal nostro cervello attraverso dirette vie neurali. La distinzione tra noi e i computer sarà sfocata a tal punto che le macchine pretenderanno di essere coscienti. Inoltre il 21° secolo di Kurzweil promette di essere un'età in cui l'unione della sensibilità umana e dell'intelligenza artificiale fundamentalmente modificata migliorerà la nostra vita.

Gli studi e gli esperimenti di Warwick puntano a infrangere le barriere imposte dai limiti biologici della natura umana, attraverso upgrade tecnologici che porteranno l'uomo in una nuova fase sulla strada dell'evoluzione della specie. Suo centro di ricerca d'elezione è il MadLab, il laboratorio del Dipartimento di Cibernetica nel quale lavorano i suoi più stretti collaboratori e dove si svolgono gli esperimenti più importanti legati agli impianti sottocutanei e alla bioingegneria di cui il professore è lo stesso protagonista (www.madlab.rdg.ac.uk). All'European Futurist Conference di Lucerna, in Svizzera, Kevin Warwick ha affermato che nel futuro non avremo più passaporto o le chiavi della macchina, ogni persona avrà un impianto simile al suo che collegato al sistema nervoso potrà sostituire numerose attività dell'uomo, oltre a far sì che egli possa essere sempre identificato, ovunque e in qualsiasi momento. Dopo anni di ricerca su se' stesso, in questo momento Warwick vuole allargare la sua ricerca, sperimentando lo scambio, il networking, e la comunicazione attraverso impianti collegati al cervello. Alla moglie ad esempio aveva anche regalato una collana che cambia colore e intensità a seconda del suo umore. Kevin Warwick è la dimostrazione vivente di come gli impianti di microchips non siano più solo una caratteristica del genere fantascientifico, ma che ormai, che lo vogliamo oppure no, appartengono alla realtà odierna.



Kevin Warwick con la moglie Irina

Le basi di ricerca

La cibernetica nasce e si sviluppa tra il 1946 e il 1953 quando la Macy Foundation chiama a raccolta, a New York, alcuni geniali pensatori in diversi campi: John Von Neumann, inventore del computer digitale e studioso di logica delle macchine; Warren McCulloch, neuropsichiatra; Gregory Bateson; Claude Shannon, ingegnere autore della teoria dell'informazione; e su tutti il matematico Norbert Wiener, inventore di quella branca della fisica matematica che si occupa dei processi stocastici e considerato il fondatore della cibernetica (cfr. P. Greco, *Einstein e il ciabattino*, Editori Riuniti, Roma 2002). Marvin Minsky comunque mette in evidenza che la svolta per l'idea di meccanizzare i processi di pensiero si era già avuta nel 1943, quando Arturo Rosenbluth, Norbert Wiener e Julian Bigelow avevano scritto un articolo in cui proponevano l'equivalenza tra il comportamento teleologico degli organismi e il comportamento dei sistemi a retroazione negativa. Ma si devono anche ricordare gli articoli di McCulloch e Walter Pitts sulla logica delle reti neurali e l'idea di Kenneth Crack che il sistema nervoso sia in verità un realizzatore di modelli. Nel 1943 il neuropsichiatra ungherese Warren McCulloch in collaborazione con il matematico Walter Pitts pubblicò quello che viene tradizionalmente considerato il primo articolo sull'IA. In questo lavoro era presentato un modello di neurone artificiale, in grado di rappresentare delle proposizioni logiche; si dimostrava inol-

tre che tutti i connettivi logici sono implementabili tramite semplici reti di neuroni e si ipotizzava che una rete potesse avere capacità di apprendimento. Lo studio di McCulloch e Pitts si basava su tre punti fondamentali: l'analisi fisiologica del cervello, la teoria della computazione di Alan Turing e l'analisi formale della logica di Russel e Whitehead. I due autori sono quindi considerati come i precursori di entrambi gli approcci di ricerca sull'IA, ovvero quello connessionista e quello logico.

L'articolo di McCulloch e Pitts costituì il punto di partenza per von Neumann nello sviluppo del progetto che lo portò alla realizzazione del calcolatore EDVAC, una macchina con un'ampia memoria e unità di comando interna basata sul concetto fondamentale della *memorizzazione nella sua memoria centrale non solo dei dati, ma anche del programma*. Von Neumann nel progetto espone l'analogia tra il calcolatore EDVAC e il sistema nervoso partendo da due presupposti fondamentali: si tratta di sistema di trattamento dell'informazione ed inoltre i triodi elettronici che venivano utilizzati svolgevano la stessa funzione dei neuroni ideali di McCulloch e Pitts.

Nel 1948 esce il libro di Wiener intitolato *Introduzione alla cibernetica*, che affronta il problema del controllo e comunicazione nell'animale e nella macchina. L'ipotesi è che non ci sia differenza sostanziale tra organismi viventi e macchine complesse autoregolanti. Si tratterebbe di allargare per via rigorosamente matematica il campo della fisica tradizionale: da ricerca su materia/energia a ricerca su informazione/comunicazione. Nei sistemi ciberneticici, tutto è connesso con tutto; la connessione olistica si dipana nel rimando di azioni e retroazioni o feedback (positivi o negativi) a causalità circolare. La causalità circolare si distingue da quella lineare di A su B; in tale concetto di causalità, A e B sono insieme causa ed effetto l'uno dell'altro. [lettura: Steve J. Heims, *I ciberneticici*, Editori Riuniti, Roma 1994; N. Wiener, *Introduzione alla cibernetica*, Boringhieri, Torino 1953].

Più o meno contemporanee alla prima elaborazione della cibernetica sono la teoria della comunicazione/informazione di cui s'è detto (Shannon e Weaver), la teoria del campo di K. Lewin e la teoria dei giochi presentata da von Neumann

alla prima conferenza Macy, come teoria elaborata assieme a Morgenstern e applicata con esiti incoraggianti all'economia. Norbert Wiener riteneva che per spiegare i sistemi umani bisognasse rinunciare a concetti e metafore relativi alla nozione di "energia", e si dovesse puntare allo studio dell'informazione e della comunicazione. Come scrivono gli autori della citata *Introduzione* al volume *Sistemica* (Boringhieri, Torino 2003, p. 29): "*Warren McCulloch considerava la scienza dei segnali e dei messaggi (intesi come elementi psico-biologici) un utile ponte tra psicologia e fisiologia dei disturbi psichici. Furono proprio questi due autori a stimolare le future ricerche di Bateson sul doppio legame*".

I Bio Computers

Informatica e biologia sono due campi scientifici destinati ad amalgamarsi sempre più e partorire, in futuro, inquietanti simbiosi. Ma sarebbe errato pensare solo a tecniche che tentino di legare la carne al freddo silicio: i rami più interessanti della scienza sono quelli che tentano di portare nel mondo "vivente", organico, i concetti e le tecniche dell'informatica. Un esempio molto interessante è dato dagli studi pubblicati sulla rivista *New Scientist* dal matematico e informatico israeliano Ehud Shapiro, ricercatore presso lo Weizmann Institute of Science*⁵⁵ di Rehovot. Shapiro afferma che in futuro potrebbe essere possibile applicare, all'interno delle cellule umane, dei microscopici computer biologici in grado di comportarsi come dei piccoli dottori del corpo umano, segnalando disfunzioni (ad esempio colorando opportunamente l'urina) ed, eventualmente, prendendo provvedimenti (ad esempio rilasciando molecole in grado di respin-

*⁵⁵ L'Istituto Weizmann è riconosciuto a livello mondiale per il suo alto livello di ricerca e insegnamento; è ubicato a Rehovot, in Israele. Differisce dalle altre università israeliane, in quanto offre soltanto un programma (corso) di laurea: quello in scienze naturali. Originariamente fondato nel 1934 da Chaim Weizmann con il nome di "Daniel Sieff Research Institute", cambiò il suo nome nell'attuale (Weizmann Institute of Science), il due novembre del 1949. Attualmente conta circa 2500 allievi, ed offre i gradi di Ph.D e Master School in Matematica, Informatica, fisica, chimica, biochimica e biologia (e molti altri programmi interdisciplinari).

gere alcuni tipi di batteri). Questi piccoli computer biologici, formati da “mattoni” molecolari, sarebbero in grado di comportarsi alla stessa stregua di una macchina di Turing. Secondo Shapiro questo concetto potrebbe essere applicato alla biologia attraverso l'utilizzo di semplici composti molecolari, come gli amminoacidi, adatti a simulare il funzionamento di una macchina di Turing attraverso la lettura di un programma “chimico” contenuto all'interno della struttura di una specifica molecola e capaci di “elaborare”, in risposta, un'altra molecola. Egli afferma che questo processo è simile a quello utilizzato dalle cellule viventi per generare le proteine attraverso le informazioni contenute nella catena del DNA: quest'ultimo può infatti ben essere paragonato ad un programma. Lo scienziato crede che in un tempo stimato fra i 20 ed i 50 anni i biologi potrebbero avere una conoscenza abbastanza approfondita nella programmazione di una cellula per costruire i primi codici di programma simili a catene di DNA. I biologi J.T. Trevors e D.L. Abel dicono molto giustamente: *“I geni rappresentano un programma. Questi algoritmi sono scritti per un sistema operativo preesistente. [...] Dobbiamo trovare non solo modelli per questa specifica programmazione genetica, ma anche per il sistema operativo genetico”*. È l'intero sistema (memoria + processore + sistema operativo + codici) che processa l'informazione (i programmi). Il DNA è solo un pattern, ma quando questo pattern è introdotto nel macchinario cellulare (che lo decodifica e lo processa) otteniamo una cellula funzionante, che svolge tutte le sue funzioni biologiche. Il modello a diagramma software della cellula potrebbe essere qualcosa del genere: (materia + energia) -> software cellulare -> vita. Qui il termine “vita” è un'abbreviazione per indicare tutte le numerose funzioni biologiche svolte dalla cellula. Naturalmente il software cellulare, come quello artificiale, è progettato. Quando si suppone che il “il DNA è solo un pattern casuale” si dimentica che il DNA - e in generale tutta l'informazione contenuta nella cellula - funziona, organizza, ordina, pilota e controlla tutte le complesse funzioni cellulari. Un pattern casuale non è in grado di organizzare e ordinare un sistema. Inversamente gli effetti organizzativi e di ordine del DNA manifestano il suo contenuto informativo.

Un sistema che processa informazione (come fanno i computer e le cellule) non è riducibile solo ad una sequenza casuale. La cellula

non è solo il DNA. La cellula è un “tutto” che gestisce e sovrintende i pattern di DNA e molto altro ancora. Von Neumann fu capace di concepire il modello matematico di un automa auto-riproduttore senza conoscere come effettivamente funzionano le cellule in natura. Inoltre egli disse ai biologi che necessariamente una cellula doveva implementare un sistema isomorfo ad un tale automa, prima che i biologi stessi scoprissero tali meccanismi. Le sue lungimiranti previsioni furono perfettamente dimostrate cinque anni dopo con la scoperta del DNA e dei processi molecolari estremamente complessi della trascrizione e della trasduzione del DNA.

Il “*Koffler accelerator*”, una delle costruzioni più conosciute nel campus del Weizmann Institute of Science:



La ricerca sul DNA computing ebbe inizio nel 1994, ad opera dello scienziato Leonard Adelman della University of Southern California, il quale arrivò ad introdurre per primo il concetto dell'utilizzo del DNA (al posto del silicio), risolvendo così i problemi di calcolo e di logica combinatoria, ma che non risolse la sequenza di 0 e di 1 su cui lavorare per ottenere la codificazione di un programma. Il

Bio-PC realizzato nei laboratori di Rehovot, appare essere proprio un nanocomputer programmabile (le cui biomolecole risultano talmente piccole da risultare inutilizzabili una alla volta) capace di agire in un ambiente biochimico che agisce attraverso input e output molecolari. E mentre in un computer tradizionale risultava essere fondamentale la commistione di 0, di 1 e di silicio, nel futuristico Bio-PC elementi fondamentali sono le molecole artificiali di DNA a doppia elica e due enzimi (che interagiscono con il DNA stesso) presenti nel sistema biologico. Fino a qualche tempo fa esistevano dei precisi limiti fisici per la miniaturizzazione infinita dei processori attuali e il mondo del silicio (che da più di trent'anni segue le previsioni di Gordon Moore, secondo il quale il numero di transistor che è possibile concentrare in un chip raddoppia ogni 12-18 mesi e il suo progressivo downsizing era limitato dalla fisica tradizionale. Applicando le nuove teorie relative al DNA e al Quantum computing, forse riusciremo ad assistere a una contaminazione, sempre più reale, fanta-biologica fino ad ora solo ipotizzata nei racconti di Science Fiction.

Synchro Energy Project

“Come nella memoria si costellano fatti lontani fra loro, formando mulinelli nel flusso dei ricordi, così capita nella vita che si aprano vortici dove roteano svasati in una coincidenza, in una simultaneità inspiegabile, elementi che dovrebbero essere separati dal tempo e dallo spazio. Ne nasce, in chi vive quegli attimi, una meraviglia pura: un’aura sprigiona da quelle sovrapposizioni. Viene in mente la metafora degli scolastici: gli angeli che sono fuori dal fiume del tempo, di quando in quando vi immergono un piede. Quando avvengono coincidenze, è come se scorgessimo un’orma angelica nel nostro mondo”.
Elémire Zolla

Dai “nuclei inconsci” alla Sincronicità

Qualche anno fa, ebbi l’occasione di conoscere ...per “*puro caso*”^{*56}, la famosa ricercatrice americana Brenda Dunne, manager dell’istituto e laboratorio di ricerche PEAR (l’acronimo si traduce in: Princeton Engineering Anomalies Research), situato nei pressi della Princeton University, nel New Jersey, Stati Uniti.

In quel periodo i miei pensieri erano quasi tutti rivolti verso un tipo di ricerca che fosse in grado di unificare i concetti di Sincronicità

^{*56} Chi conosce le basi della teoria Jungiana della Sincronicità, e riconosce in essa una buona dose di attendibilità e veridicità, è altresì consapevole del fatto che nulla (...ma proprio nulla), accade nella vita di qualsiasi essere umano per puro caso; ma tutto è predefinito secondo una sorta di Piano Divino che non lascia spazio a nessun evento casuale. E questo è l’unico motivo per cui ho posto tra virgolette l’espressione: *per puro caso*.

(Junghiana), Non Località e collasso della funzione d'onda. Che tale correlazione esista realmente, si evince palesemente analizzando con un minimo di senso critico tutto ciò che tali principi e teorie ci offrono con i loro aneddoti, le loro "speculazioni", le loro "sane radici" culturali da cui provengono, e tant'altro; ma riuscire a definirne i reali contorni e caratteristiche fondamentali (magari anche in termini matematici, possibilmente), è tutto un altro... "paio di maniche". Ebbi quindi modo di discutere di tali argomenti, con la dottoressa Dunne ed alcuni membri del PEAR. La complessità sul piano logico-matematico che ovviamente nasceva dal voler trovare una teoria che unificasse le tre teorie succitate, inizialmente suscitò in noi tutti un certo senso di impotenza unito ad una frustrante semi-consapevolezza che stessimo per avventurarci in qualcosa di "troppo grande" per delle comuni menti umane (come le nostre ovviamente; anche se fornite di una buona dose di "sapienza scientifica"). Passammo quindi alcuni mesi, a tentare di unire le nostre forze per poter giungere a delle sane ipotesi, che ci permettessero di ideare degli esperimenti in grado di dimostrare almeno in parte alcuni "principi base" di unificazione delle tre teorie in questione (Sincronicità, Non Località e collasso della funzione d'onda).

Tutti i nostri tentativi, si rivelarono comunque assai infruttuosi. La svolta arrivò, inaspettatamente, qualche tempo dopo aver unanimemente rinunciato a compiere degli "sforzi psichici" in una direzione che a tutti noi appariva quasi surreale e forse ai limiti del "buon senso scientifico".

L'intuizione che ci aiutò a muovere i primi passi verso una parziale concretizzazione di alcuni aspetti relativi appunto alla tanto agognata "teoria unificatrice", l'ebbi proprio nel momento in cui ormai avevo perso ogni speranza di trovare qualche soluzione (o principio di base) "oggettivamente accettabile", che si adattasse all'attuale modello teorico sui concetti in questione. Una semplice intuizione che mi portò a formulare il seguente principio (al quale diedi il nome di Principio di compensazione quantistica dei "nuclei inconsci"): "*Per ogni annullamento di qualsivoglia nucleo energetico inconscio, definito principalmente da determinate aspettative-convinzioni (umane), vi è un determinato collasso della funzione d'onda dell'elettrone (che definisce la realtà che attorno al soggetto-individuo prende forma), i cui esiti*

saranno positivi o negativi, a dipendenza dell'intensità e dei parametri della realtà soggettiva, relativi ai nuclei inconsci del soggetto-individuo in questione".

Ciò che chiaramente occorre definire (prima di ogni altra cosa) in tale Principio, è il significato di "nucleo inconscio".

L'idea che tali nuclei, siano da intendersi esclusivamente in "senso figurato", poiché tendenzialmente veniamo indotti a relegarli in ambito psicologico (e non fisico), è da escludersi in partenza. Essi sono quindi da intendersi come delle vere e proprie strutture energetiche che potrebbero estendersi anche oltre i limiti volumetrici del cervello (o trovarsi semplicemente altrove, in un'altra parte del corpo umano); ovvero come delle quantità di energia che vengono liberate in determinate condizioni particolari, e soprattutto fisicamente inquantificabili poiché "integrate" nel nostro campo elettromagnetico. Oltre a tale aspetto, è altresì d'uopo considerarne un altro, anch'esso non meno importante; ovvero, tali nuclei hanno sicuramente (a mio avviso) una natura dualistica (ossia possono essere intesi sia come delle vere e proprie strutture energetiche, sia come delle onde di probabilità).

Fatta questa prima premessa, per poter affrontare anche il seguito di queste teorie, occorre comunque che sia ben chiara la definizione di "*Principio di compensazione quantistica dei nuclei inconsci*". Spero innanzi tutto che sia chiaro il fatto che le mie ricerche vanno oltre la semplice "interpretazione quantistica" del pensiero umano. Una domanda che mi è stata posta parecchie volte sui forum scientifici presenti in Internet (forum italiani, inglesi ed americani, ai quali solitamente partecipo per divulgare queste mie teorie allo scopo di capire quali sono, agli occhi del lettore interessato, i punti più oscuri in esse contenuti e che necessitano quindi di ulteriori delucidazioni), è la seguente: "*Cosa si intende con esiti positivi o negativi, menzionati nel tuo Principio sui nuclei inconsci?*"

In genere, per rispondere a questa domanda, prendo in prestito un breve stralcio di testo presente in uno dei miei libri (Dio=mc²), che fa da introduzione ad uno degli ultimi capitoli (Stargate) e che funge quindi da esempio-aneddoto, ottimo ritengo, come primo abbozzo di risposta ad una domanda che appare assai semplice, ma

che allo stesso tempo si ritrova legata a dei concetti non proprio così evidenti e di facile comprensione. Il testo è il seguente:

“(...) Vedo una scala. In cima a questa scala vi è una porta. Cosa ci sarà dietro quella porta? Proviamo a salire...ecco la porta, sono dinanzi a essa. Poggio la mia mano sulla maniglia. Chissà, sarà aperta oppure chiusa? Mi basterà fare una leggera pressione sulla maniglia per scoprirlo...et voilà, ecco che la porta inizia ad aprirsi...Il luogo in cui mi ritrovo è davvero incantevole, forse è bene che io vi rimanga...almeno per un po’, diciamo...qualche minuto. Unodue....tre....quattro minuti...ora è meglio che io rientri a casa, si è fatto tardi. Tornerò domattina. esco. Richiudo la porta e scendo le scale. Ed eccomi il giorno dopo. La stessa scala; la stessa porta. Salgo le scale. Sono dinanzi alla porta. Chissà, quest’oggi sarà ancora aperta oppure no? Mi basterà fare una leggera pressione sulla maniglia per scoprirlo...et voilà, ecco che la porta inizia ad aprirsi...Il luogo in cui mi ritrovo è sempre lo stesso. Vi rimango solo tre minuti, poi esco. Richiudo la porta e scendo le scale. Tornerò domattina.

Passano le ore... Il giorno dopo... Ci risiamo, ecco la scala ed ecco la porta. Salgo le scale. Sono dinanzi alla porta e penso: “Molto probabilmente sarà aperta”. In modo piuttosto disinvolto poggio la mano sulla maniglia...et voilà, per la terza volta consecutiva la porta era effettivamente aperta. Non ne sono affatto meravigliato. Ancora lo stesso luogo. Vi rimango per circa due minuti. Poi esco, richiudo la porta e scendo le scale, promettendomi di ritornare in quel posto l’indomani. Il giorno successivo... Ecco la solita scala e la solita porta. Inizio a salire le scale. “Allora, vediamo...oggi devo andare dal barbiere, andare in posta a spedire delle lettere, controllare la posta elettronica, passare da mia madre a riportarle la pirofila...ma comunque ora entriamo in questo stupendo luogo di pace dall’aspetto idilliaco”. Mi mancano tre gradini e avrò raggiunto la porta; mi vedo già oltre la soglia, all’interno di quel luogo ameno. Ho la certezza inconscia pressoché assoluta che tra pochi istanti poggerò la mano su quella maniglia e aprirò quella porta, niente e nessuno potrà ostacolarmi. Abbozzo un sorriso e in modo assai deciso abbasso la maniglia gettandomi in avanti con impeto...colpo di scena!... la porta non è aperta, e io per poco non ci ho sbattuto contro la testa. Ancora una volta, come accade spesso a tutte le persone nell’arco di una vita (...o di più vite), gli ultimi pezzi di un semplice puzzle sembrano

non voler combaciare con le proprie aspettative. Delle aspettative inconscie che rispondono soltanto ad una logica, quella propria e soggettiva di ogni essere umano. Ragazzi, la logica dell'Universo è assai più complessa. Ogni volta che le nostre aspettative si trasformano in qualcosa di più "solido", ossia in strutture mentali che non danno più spazio ad ogni sorta di dubbio, e che quindi definiscono un potenziale futuro come qualcosa che in definitiva non ha più nulla di potenziale, poiché viene dato quasi completamente per scontato; ebbene in questo preciso istante, tutte le funzioni d'onda che il nostro sistema (corpo-mente-anima) è riuscito a far crollare in precedenza a proprio favore (creando quindi una realtà "positiva"), cambiano completamente direzione per dar spazio invece ad una realtà meno favorevole. Lo sapete che cosa significa questo? Significa che sono le nostre aspettative, i nostri desideri più accesi, le nostre stupide convinzioni, le nostre stupide illusioni... a far sì che la realtà muti attorno a noi nel modo più sfavorevole!(...)"

In tale "caso limite", si potrebbe quindi parlare di un esito negativo, relativo ad un determinato nucleo inconscio (l'assoluta convinzione inconscia di trovare la porta aperta). La realtà delle cose, prende forma attraverso la reciproca interazione tra aspettative-convinzioni (assolute e semi-assolute) proprie di ogni mentepensiero umano con quelle di qualsiasi altro individuo (o entità biologica "pensante") e l'ambiente inanimato a noi circostante, dando luogo in ultima analisi al collasso della funzione d'onda relativo al sistema preso in considerazione, che a sua volta va ad influenzare la funzione d'onda dell'intero Universo a noi noto. I nuclei energetici che definiscono le aspettative-convinzioni umane, sono rapportabili (poiché strettamente connessi) al "collasso della funzione d'onda dell'elettrone", che in ultima analisi definisce la Realtà delle cose a noi circostante. Il perché, tali aspettative-convinzioni, quando creano delle vere e proprie strutture "solide" a livello psichico (nuclei inconsci difficilmente dissolvibili), diano luogo a dei "collassi negativi" della funzione d'onda (nel senso che la realtà prende forma attorno al soggetto in modo ad egli sfavorevole), non mi è ancora purtroppo chiaro. La mancanza di nuclei inconsci solidi (ovvero di forti aspettative e convinzioni in relazione ad un determinato oggetto-contesto) in un individuo, facilita il verificarsi

di eventi sincronistici (sincronismi) e dona una certa serenità psico-fisica al soggetto in questione. Si tenga presente che tutto il lavoro svolto da uno psicoterapeuta serio ed intelligente, durante qualsiasi seduta con rispettivo "paziente", non è nient'altro che uno scambio di Informazione, atto a dissolvere (grazie al cambiamento di prospettiva che viene proposto dall'analista e inculcato dolcemente a livello conscio-inconscio al suo paziente) ogni inutile e mal interpretata aspettativa-convinzione di quest'ultimo sulla Realtà che egli crede di vivere. Jung chiamava tali convinzioni, assai radicate nella mente di alcuni individui, Costellazioni....e a rigor di logica, difficilmente dissolvibili durante il lavoro di terapia paziente-analista.

Fu a questo punto quindi, che riuscii ad intravedere i primi *spiragli di luce* verso i primi possibili esperimenti da effettuare, atti a dimostrare almeno in parte, alcuni principi base relativi al concetto di nucleo inconscio.

Il Synchro Energy Project (SEP), stava per *decollare*, e averne semplicemente il "*sentore*", per me fu un'emozione ineffabile. Il primo esperimento (al quale parteciparono sessanta volontari disposti a sottomettersi al rilevamento di dati EEG), fu eseguito all'inizio di novembre del 2006 in un piccolo laboratorio nei pressi dell'Università di Losanna (in Svizzera), e per il quale mi avvalsi della collaborazione di tre persone straordinarie (che non smetterò mai di ringraziare per la pazienza e soprattutto la fiducia che hanno riposto nelle mie idee-teorie sin dall'inizio) che rispondono ai nomi di: Patrick Reiner (fisico teorico), Jean-Michel Bonnet (ingegnere elettronico) e Christine Duval (neuropsicologa e fisiologa).

L'esperimento, assai semplice da qualsiasi punto di vista, necessità del seguente materiale:

- 89 carte della tipologia di quelle Zener, ma prive di qualsiasi immagine; bensì unicamente di colore differente l'una dall'altra, ma solo da un lato, mostrando quindi lo stesso colore se rivolte tutte dalla parte corrispondente al loro *retro* (back). Tali carte, saranno quindi suddivise a loro volta in tre distinti colori: ventidue carte bianche, sessantasei rosse ed una sola carta di colore nero. Esse, devono

poi essere disposte su un tavolo una sopra l'altra (impilate, ossia a *mazzetto*) in tale sequenza e coperte (ossia mostrando il retro): Nera – tre carte rosse – una bianca (l'ultima carta a completamento del mazzetto sarà quindi quella bianca, mentre la carta nera rimarrà poggiata sulla superficie del tavolo, coperta dalle altre ottantotto carte).

- Una macchina modulare (Modul Machine) per elettroencefalogramma (EEG).

Fu necessario costruire anche (e qui l'intervento di Jean Michel Bonnet fu davvero decisivo, al fine di poter procedere con l'esperimento), un interruttore di conversione bimodale (per l'entrata inversa del segnale) di transizione e collegare il modulatore di rumore bianco al generatore DC ad alta frequenza.

Senza questo interruttore, non sarebbe stato possibile far sì che la doppia elica inerente alla sequenza delle carte si auto-estinguesse. Cosa che avrebbe annullato in partenza qualsiasi segnale di *stimolo* inerente all'EEG.

L'esperimento consistette nel misurare (in ben sessanta soggetti-individui volontari), la frequenza mediana dell'EEG (Mc Creery and Claridge, 1996) e la Correlazione di Pearson (Rho) tra i due emisferi (per le frequenze delta, theta, alfa, e beta), durante il lavoro di disposizione delle carte (in successione) una accanto all'altra con relativa "scopertura" delle stesse, sino all'ultima carta del mazzo, quella nera.

Le mie supposizioni (che alla fine si rivelarono fondate), furono

sostanzialmente queste: Il soggetto in questione, durante lo svolgimento dell'esperimento, avrebbe dovuto creare-generare, un semplice nucleo energetico inconscio (dovuto al consolidamento graduale delle aspettative sulla regolare sequenza dei colori delle carte), che sarebbe rimasto "nascosto" (grazie ad una regolare-ordinaria oscillazione di frequenza del suo EEG) sino al momento in cui egli non avesse scoperto l'ultima carta (il cui colore nero, era in netto contrasto ovviamente con la regolare sequenza dei colori del resto delle carte).

A tal punto, nel momento esatto in cui sarebbe stata scoperta l'ultima carta (nera), la sorpresa nell'osservare-appurare che quest'ultima non aveva nulla a che vedere con l'ordinaria sequenza delle carte estratte in precedenza, avrebbe dovuto "distruocere" immediatamente quel semplice nucleo energetico inconscio (auto-generatosi attraverso il consolidamento graduale delle aspettative sulla regolare sequenza dei colori delle carte), producendo un'onda anomala ad alta frequenza (al limite della banda beta) che si sarebbe dovuta rilevare nell'analisi dell'EEG.

Maggiori saranno le aspettative (sulla successione sequenziale delle carte) "nuclearizzate" a livello inconscio nel soggetto, e più evidente sarà il picco dell'"onda anomala" che scaturirà dalla dissoluzione di un tale nucleo inconscio temporaneo, al momento in cui viene scoperta la "carta anomala" (in contrasto con lo schema sequenziale delle precedenti carte).

I risultati di tale esperimento, in ben 42 soggetti su sessanta, mostrarono dei picchi anomali in un range tra i 30 e i 30,5 Hz, in relazione alla scoperta della ultima carta. La Correlazione di Pearson, mostrò invece in tali soggetti (42) un'improvvisa diminuzione della coerenza tra i due emisferi, proprio nel momento in cui veniva scoperta l'ultima carta.

Anche se le mie ipotesi si rivelarono fondate quindi, questo semplice esperimento, non dimostrava ancora l'effettiva esistenza dei cosiddetti "nuclei inconsci", ma spingeva comunque a presupporla. Infatti è ammesso anche dalla scienza ufficiale che stimoli non attesi (in questo caso la carta fuori sequenza) possano generare reazioni neurofisiologiche, cerebrali e non, ma da questo non si inferisce nulla di quello che mi interessava provare.

Un'altra svolta decisiva, arrivò quindi nel momento in cui intuì qualcosa di ancora più importante, in relazione ad un particolare campo elettromagnetico, quello del cuore.

Ciò che inizialmente dovetti fare, fu di trasformare la seguente ipotesi-supposizione in una sorta di “dato di fatto”, attraverso un'analisi logica (non sperimentale) relativa ad un sistema purtroppo ancora poco conosciuto: il campo elettromagnetico umano e le varie interazioni con le onde cerebrali dello stesso individuo. L'ipotesi che formulai, era la seguente: ***La dimensione del campo elettromagnetico toroidale del cuore, viene amplificata solo ed esclusivamente durante il dissolvimento di un nucleo inconscio, ma non nel caso di un “picco anomalo” dell'EEG dovuto ad una semplice emozione temporanea.***

Tale ipotesi, affonda le sue radici nel fatto che non può esistere nessun nucleo energetico inconscio, situato in zone assai distanti dal nostro cervello, in grado di dissolversi solo ed esclusivamente attraverso delle onde cerebrali. Tutta la medicina cinese, basata sulla manipolazione di determinate parti fisiche di un individuo, a soluzione di determinati problemi psico-fisiologici (come ad esempio l'agopuntura), porta senza ombra di dubbio (grazie ai suoi duemila anni di storia) a convalidare maggiormente tale ipotesi, sino a renderla, a mio giudizio, quasi una vera e propria constatazione, ossia una sorta di “dato di fatto”.

Anche se queste considerazioni, dette da un fisico teorico, potrebbero apparire quasi blasfeme (soprattutto agli occhi di qualsiasi fisico-scienziato, assolutamente fedele al consensus accademico e quindi per principio contrario a considerare-valutare qualsiasi ipotesi che appaia loro “*poco ortodossa*”), rimango del parere che debbano essere presto o tardi rivalutate anche dai più scettici, onde poterle finalmente rivestire di una degna e meritata importanza, che purtroppo da duemila anni a questa parte, sembra rimanere prevalentemente una prerogativa del mondo orientale.

Tutto ciò che esporrò quindi da ora in avanti a proposito dei successivi esperimenti sui nuclei inconsci, ha un senso solo e soltanto se si considera come un vero e proprio assunto di base questa mia ultima considerazione (esposta precedentemente in grassetto); altrimenti tutto perderebbe inevitabilmente di credibilità e significato.

La componente magnetica del campo del cuore, è all'incirca 5000 volte più potente di quella prodotta dal cervello, non è impedita dai tessuti e può essere misurata anche a distanza dal corpo con uno Strumento a Superconduzione di Interferenze Quantiche (SQUID), basato su magnetometri. Riferendoci ora all'esperimento da me proposto al PEAR, è possibile stabilire un legame tra "picco anomalo" dell'EEG al momento del dissolvimento di un nucleo inconscio (generato da una determinata costellazione inconscia), e ampiezza del CEM Toroidale (CEM Toroidale = Campo elettromagnetico del corpo, generato dal cuore, la cui geometria è a forma di Toro).

La dimensione del CEM Toroidale varia da un minimo di 2,5 ed un massimo di tre metri (con asse verticale centrato nel cuore); misurando il rapporto tra il valore del "picco anomalo" dell'EEG al momento del dissolvimento di un nucleo inconscio, e il valore della dimensione (ampiezza) del CEM Toroidale (anch'essa effettuata al momento del dissolvimento di un nucleo inconscio), si dovrebbe ottenere un valore costante ($EEG / SQUID = K$).

La mia principale supposizione (confermata in seguito anche in questo caso dagli esperimenti), fu che il CEM Toroidale aumentasse leggermente di ampiezza, proprio nel momento in cui avviene il "picco anomalo" dell'EEG dovuto all'annichilazione di un determinato nucleo inconscio.

Come abbiamo visto precedentemente, è vero che la scienza ammette la possibilità di onde anomali durante un determinato evento che vada a toccare i centri emozionali di un individuo; ma affiancando una misurazione SQUID, alla misurazione EEG durante un evento di dissolvimento di un nucleo inconscio, e possibile discernere quali onde anomali siano dovute ad una semplice emozione temporanea, e quali invece siano dovute ad una annichilazione di un nucleo inconscio. E il perché è semplice:

La dimensione del CEM Toroidale viene amplificata solo ed esclusivamente durante il dissolvimento di un nucleo inconscio, ma non nel caso di un "picco anomalo" dell'EEG dovuta ad una semplice emozione temporanea! Conducendo quindi due esperimenti paralleli (con misurazione SQUID e EEG affiancate), uno che preveda un "picco anomalo" dell'EEG dovuto al dissolvimento di un nucleo

inconsco, e uno che preveda un “picco anomalo” dell’EEG dovuto ad una semplice emozione temporanea; e andando infine a calcolare i valori ricavati dal rapporto EEG/SQUID in queste due rilevazioni, si andrà ad osservare questo: gli unici valori che definiranno una costante, saranno solo quelli ricavati dal rapporto EEG/SQUID nell’esperimento sui “picchi anomali” generati dal dissolvimento di un nucleo inconsco.

All’inizio del mese di febbraio di quest’anno (2007), partimmo con la seconda fase del Synchro Energy Project. Creammo innanzi tutto due gruppi di volontari di 60 persone ciascuno, per un totale quindi di 120 persone. Il primo gruppo, fu sottoposto all’esperimento con le 89 carte, con rilevazione affiancata di dati EEG (elettroencefalografia) e SQUID (magnetocardiografia); mentre il secondo gruppo, fu anch’esso sottoposto all’esperimento con le 89 carte (con rilevazione affiancata di dati EEG e SQUID), ma con una “particolarità” in più rispetto al primo gruppo, ossia: durante la tranquilla seduta in cui il soggetto doveva scoprire le carte una dopo l’altra, circa trenta secondi dopo che egli aveva iniziato a compiere tale operazione, veniva fatto esplodere (ovviamente a totale insaputa del soggetto in questione) un colpo con una pistola scacciaacani, proprio dietro alle sue spalle, a pochi metri di distanza^{*57}.

La prima soddisfazione, l’ebbi nel constatare che i risultati relativi al primo gruppo, davano la conferma (con un margine di errore relativamente basso), all’ipotesi sul valore costante (K) ricavato dal rapporto EEG/SQUID nel caso in cui si “dissolvessero” dei veri e propri nuclei inconsi. La cosa che comunque ci impressionò parecchio, fu il fatto che il CEM Toroidale dei soggetti appartenenti a questo primo gruppo, una volta amplificatosi (in misura di pochi centimetri) durante l’estrazione dell’ultima carta (in 39 soggetti su sessanta), ci impiegava circa 40-50 minuti a rientrare nei suoi valori

^{*57} A compiere questo “lavoro ingrato”, che consisteva appunto nel premere di nascosto il grilletto nel momento giusto, fu quasi sempre Jean Michel. Ancora oggi, ogni volta che gli rammento quella fase dell’esperimento, anche se in tono scherzoso, mi fa comunque osservare che non fu per nulla divertente ricevere insulti di ogni tipo quando incappavano in soggetti ...”poco socievoli”.

standard (ordinari), propri di ogni individuo. Questo fatto pottemmo appurarlo grazie a quattro volontari che accettarono di rimanere sotto osservazione per qualche ora in più rispetto alla durata standard dell'esperimento.

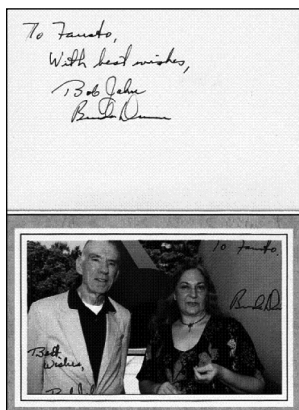
La seconda ed ultima soddisfazione, l'ebbi invece nell'appurare (a conferma anche quest'ennesima volta delle mie ipotesi) che durante una semplice emozione temporanea, (indotta nei soggetti appartenenti al secondo gruppo con l'esplosione inaspettata di un colpo di pistola scaccia cani), il CEM Toroidale rimane praticamente invariato.

A questo punto però, il lettore attento si porrà indubbiamente la seguente domanda (del tutto lecita e pertinente al nocciolo dell'argomento in questione, definito da un'idea di partenza che si prefiggeva di trovare un punto d'incontro tra la teoria Jungiana della Sincronicità, il Principio di Non Località e il collasso della funzione d'onda), ovvero: *“Ma cosa c'entra il dissolvimento di un nucleo inconscio con la teoria della Sincronicità?”*

Ogni evento sincronistico (o sincronico), è caratterizzato dal fatto che durante ogni sua manifestazione, avvengano nel soggetto in cui esperisce tale evento, dei “mutamenti di prospettiva” sulla realtà delle cose (che egli interpreta secondo i propri parametri soggettivi), definiti essenzialmente da determinati schemi (nuclei inconsci) in cui diverse aspettative e convinzioni tendono solitamente ad indebolirsi, incrementando così la *“crescita spirituale”* del soggetto in questione.

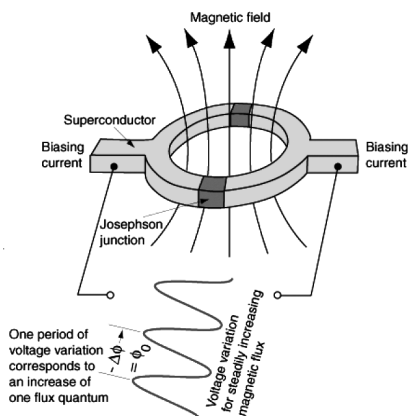
Mi rendo conto che siamo ancora ben lontani dal trovare una vera e propria teoria in grado di unificare i concetti di Sincronicità, Non Località e collasso della funzione d'onda; il fatto comunque di aver trovato delle vere e proprie correlazioni tra alcuni aspetti-conseguenze della teoria della Sincronicità e la mia teoria sui nuclei inconsci (tra l'altro in parte comprovate dai risultati degli esperimenti compiuti in seno al Synchro Energy Project), dovrebbe indurci a credere che forse siamo proprio sulla buona strada per poter giungere un giorno, a qualcosa di molto più vasto e concreto.

Un caro ricordo da Brenda e Robert:



Il magnetometro SQUID:

Il dispositivo a superconduzione di interferenze quantiche (SQUID), è composto da due superconduttori separati da sottili strati isolanti, che vanno a formare due giunzioni parallele di tipo Josephson. Il dispositivo può essere configurato come magnetometro per rilevare i campi magnetici incredibilmente piccoli negli organismi viventi.



Il campo limite (o “soglia”) per tale dispositivo (SQUID), equivale a 10^{-14} T. Il campo magnetico del cuore equivale invece a 10^{-10} T; mentre quello del cervello equivale a 10^{-13} T. La grande sensibilità dei dispositivi SQUID, è associata ai cambiamenti di misurazione in un campo magnetico connesso ad un flusso quantico. Una delle scoperte connesse alle giunzioni di Josephson, fu che il flusso *tha* è quantizzato nelle seguenti unità:

$$\Phi_0 = \frac{2\hbar}{2e} \cong 2.0678 \times 10^{-15} \text{tesla} \cdot \text{m}^2$$

Se un costante flusso di corrente “in eccesso” è mantenuto all’interno del dispositivo SQUID, la tensione (voltage) misurata oscilla con i cambiamenti di fase alle due giunzioni, che dipende dal cambiamento nel flusso magnetico.

La meditazione, un “rimedio” alla retrocausalità?

Per concludere con un “*tocco di mistero*” questa mia esposizione divulgativa sul Principio di compensazione quantistica dei nuclei inconsci e le sue varie correlazioni con la teoria della Sincronicità e il collasso della funzione d’onda, vorrei a questo punto prendere in considerazione un “*elemento*” finora escluso in tale contesto, ma che a ben vedere, rivela anch’esso un’importanza non indifferente, soprattutto se lo si accosta al principio di Retrocausalità. Questo “*elemento*”, non è nient’altro che uno stato particolare della nostra coscienza: quello meditativo.

Su tale questione, ebbi il piacere di discorrere non molto tempo fa, con l’italiana Cinzia Turnaturi (citata all’inizio di questo libro nei *Ringraziamenti*), un’esperta in tecniche di meditazione e filosofia Buddhista. Premetto che se non avessi ritenuto assai interessanti le sue ipotesi-opinioni, sulla interazione tra stato meditativo e principio di retrocausalità, non avrei ovviamente riportato il nostro breve “*scambio di vedute*” nel presente volume.

Se è vero che la nostra mente altera la realtà (“*Io non posso credere che la Luna esista soltanto perchè io la osservo*” - Albert Einstein, discutendo sulle problematiche inerenti al collasso della funzione d’onda), e se è vero che la meditazione (yoga, pratiche zen, ...) “*altera*” la mente

(ovvero produce stati mentali non ordinari), ne consegue, da un punto di vista logico, che la meditazione è da considerarsi come un fattore-vettore nel processo di “alterazione” della realtà (volgarmente: la meditazione “altera” indirettamente la realtà). Chi è o cos’è alla fine che fa collassare la funzione d’onda? L’osservatore o chi viene osservato (sia esso un corpo animato o inanimato)?...bè, fino ad oggi ancora nessuno è riuscito a trovare delle risposte definitive su tale questione. La realtà è semplicemente ...*Maya*, ovvero qualcosa di cui nessun essere umano potrà mai conoscerne la vera “*natura ultima*”; un tempo credevamo che massa ed energia fossero due cose ben distinte, ma all’inizio del secolo scorso ci pensò lo zio Albert a cambiare le carte in tavola. Poi, nella seconda metà del secolo scorso comparvero le prime teorie sull’Informazione (Shannon; Bekenstein)...oggi sappiamo quindi che l’Energia, non è nient’altro che una forma complessa di Informazione.

Il giorno in cui scopriremo che cos’è, fondamentalmente, l’Informazione, potremo sicuramente affermare di aver raggiunto un gran bel traguardo (...sulla “definizione di realtà”).

Secondo la Turnaturi: “*La meditazione modifica la realtà nel senso che ne annulla la distorsione causata dallo stato non meditativo. In altre parole, la meditazione non modifica la realtà ma la rende reale, la rende cioè quella che è.*”

È lo stato non meditativo che modifica la realtà. La Realtà non può essere definita, perchè la realtà è un’esperienza e per fare esperienza di una cosa devi mettere da parte la mente; e come puoi usare la mente per definire una cosa che esclude la mente? Quando dico che è lo stato non meditativo a modificare la realtà, intendo dire che è la mente a modificarla. Quando si osserva la realtà attraverso la mente, ne abbiamo un’immagine distorta e quando la osserviamo direttamente, con la mente non in funzione, allora la realtà ci appare quella che è. Inoltre, osservare la realtà con il filtro della mente, è come osservarla in play-back; la nostra percezione avviene qualche istante dopo che le cose sono accadute. Mentre, quando la osserviamo senza la mente, i fenomeni vengono colti nell’istante in cui accadono. I miei “studi” mi dicono che non solo il passato modifica il futuro (la mente è passato), ma che anche il futuro modifica il passato”.

Negli ultimi anni un numero crescente di ricerche ha dimostrato l'esistenza della retrocausalità: situazioni nelle quali le cause sono collocate nel futuro e l'informazione si muove a ritroso nel tempo. In questo lavoro si suggerisce di inserire queste informazioni nei processi decisionali al fine di governare in modo più efficace ed efficiente il presente. Le dimostrazioni più famose di retrocausalità sono state prodotte da:

- PEAR (Princeton Engineering Anomalies Research) che, studiando l'interazione mente/macchina, ha dimostrato la possibilità di modificare l'andamento di generatori di numeri casuali con la semplice intenzionalità (Jahn e Dunne 2005). In questi esperimenti l'interazione anomala mente-macchina risulta essere più marcata nella modalità retrocausale PRP (Precognitive Remote Perception), raggiungendo una significatività (rischio di errore) di $p=0,000002$ (Nelson 1988).

- Cognitive Science Laboratori che, studiando stimoli fortemente emotivi, ha scoperto l'esistenza di una risposta cutanea anticipata di 3 secondi (James 2003), con significatività statistica (rischio di errore) di $p=0,00054$.

- Radin e Bierman (1997) i quali dimostrano che la risposta anticipata del sistema nervoso autonomo e la conduzione cutanea possono essere utilizzati come predittori di esperienze future.

- Parkhomtchouck (2002) che utilizza la fMRI (functional magnetic resonance imaging) per studiare la retrocausalità.

Tutte queste ricerche hanno mostrato che le emozioni costituiscono il veicolo principe della retrocausalità e delle informazioni che provengono dal futuro. Alle stesse conclusioni era giunto Luigi Fantappiè quando, nel 1942, trovò il collegamento tra soluzione negativa dell'equazione di Dirac, sintropia ed emozioni (Fantappiè 1993). Chris King (1989) lega la retrocausalità al libero arbitrio e afferma che in ogni momento la vita deve scegliere tra le informazioni che provengono dal passato e le informazioni che provengono dal futuro. Secondo King, da questa attività costante di scelta, da questo

indeterminismo di base, nasce l'apprendimento e la coscienza. King sottolinea che la coscienza soggettiva è una necessaria conseguenza della supercausalità che nasce dall'unione della casualità ordinaria con la retrocausalità. (King 2003).

Turnaturi: *“Se la causalità ordinaria e la retrocausalità sono determinate dal pensiero, il pensiero è ciò che ci rende coscienti della nostra individualità. In assenza di pensiero, infatti, si perde l'individualità e si entra nella coscienza universale. È il desiderio che trasforma il positivo in negativo. E da sempre ci domandiamo perchè le cose ci vadano sempre male. Siamo noi gli artefici della nostra realtà sfavorevole. Tu da scienziato parli di collasso della funzione d'onda, io da profana parlo di pensiero come “azione”, e che, come tutte le azioni provoca risposte contrarie. Per spiegarmi meglio potrei fare il paragone con il braccio di ferro. Se io tento di buttarti giù, tu reagisci nel senso contrario.*

La filosofia buddhista dice che il mondo è una nostra “creazione”, nel senso che sono i nostri pensieri che modellano il mondo secondo le nostre aspettative, e che ci sono tanti mondi quante sono le menti. Trascendere la mente vuol dire osservare l'unico mondo (l'unica realtà) che a quel punto è uguale per tutti. “Osservare” il mondo attraverso i pensieri significa costruirsi un mondo tutto proprio che andrà inevitabilmente a scontrarsi con i mondi degli altri esseri umani.

La coscienza razionale è relativa perchè non ci permette di vedere l'insieme, ma solo una parte di esso. La mente razionale crea gli opposti e può “vederne” uno solo alla volta. Se vede il bianco non può vedere il nero, se vede il giusto non può vedere lo sbagliato e se vede il male non può vedere il bene. La mente razionale ha quindi le sue limitazioni ed è come se fosse circondata da un recinto oltre il quale non può vedere. Trascendere la mente razionale (che il buddhismo chiama ego) vuol dire vedere in un solo colpo tutti gli opposti che a quel punto non sono più opposti ma complementari e che non possono esistere l'uno indipendentemente dall'altro. Trascendere la mente razionale vuol dire cogliere in ogni aspetto il positivo e il negativo, il bello e il brutto, il buono e il cattivo. Ed è per questo che chi ha trasceso la mente appare contraddittorio, per non dire pazzo; perchè egli ha liberato la sua mente dai paletti imposti dal pensiero che non permette di osservare la totalità. E è per questo che si dice che chi ha trasceso la mente (il risvegliato,

per intenderci) diventa l'universo, perchè egli non ha più limiti e diventa infinito come l'universo.

La Realtà Assoluta non può essere dimostrata perchè essa fa parte di una esperienza soggettiva che ha luogo in assenza di pensiero; e come posso tradurre in parole (quindi dimostrabile) una esperienza che avviene in assenza di "parole"? Ogni intuizione avviene in istanti di cessazione del pensiero e se riesci a divenire consapevole di questo, la tua mente razionale si trasforma nella "Mente di Dio".

Dal mio punto di vista, la meditazione produce degli stati non ordinari di coscienza, che a loro volta stabiliscono (fissano), attraverso il fenomeno della retrocausalità, determinati percorsi di vita dai quali alla fin fine non possiamo più "sottrarci", poiché si "cristallizzano" a livello inconscio, stabilendo delle "regole" a noi ignote, che siamo "costretti" a seguire fino alla fine della nostra esistenza terrena. Questo è indubbiamente uno di quei concetti che necessitano ulteriori chiarimenti e approfondimenti, affinché perda quel velo di ambiguità in cui è avvolto. La prima cosa che occorre fare, è stabilire una base sulla quale costruire poi tutte le rispettive ipotesi-teorie sul tema in questione; ovvero: la meditazione e i suoi "rapporti" con la Realtà. Tale base, la potremmo improntare su una di queste due possibilità, che da tempo immemorabile fanno discutere l'uomo in seno al concetto di Libero Arbitrio; ovvero: Determinismo o Indeterminismo? La mia risposta quindi è la seguente: Determinismo (...nulla succede per caso, ma proprio nulla). Stabilito questo assunto di partenza, possiamo quindi andare oltre...

Adottando il concetto di Determinismo, qualsiasi "modello" di "volontà soggettiva" volessimo adottare per "spiegare" l'atto in sé della meditazione, non avrebbe alcun senso (in un contesto appunto di "oggettività forte"). La "strada maestra" che qualsiasi individuo percorre nella propria esistenza terrena è una sola, ma con infinite e potenziali diramazioni che a loro volta possono condurre, o completamente "fuori rotta" per poi difficilmente rientrare sulla "strada maestra", oppure su "strade parallele" che in ogni caso alla fine portano ad una destinazione predefinita. Il punto di arrivo è quindi sempre ed esclusivamente uno solo (e per ogni essere umano vi è un punto d'arrivo diverso, ovvero un determinato "traguardo

evolutivo” che potrà affinarsi solo col tempo, ossia col susseguirsi di altre vite). Il perché quindi, alcune persone siano più predisposte rispetto a molte altre, ad entrare facilmente in determinati stati non ordinari di coscienza (meditazione), non ci è dato saperlo (visto che nel contesto di un’ “oggettività forte”, parlare di volontà soggettiva, scelte consapevoli e libero arbitrio, non ha alcun senso). L’unica accezione in cui possiamo intendere la seguente affermazione, ossia: *“La meditazione altera la realtà”*, è la seguente:

Liberare la mente da tutte le “informazioni superflue” che ci circondano (meditare), non significa quindi aprire un varco verso altre “strade maestre”, ma semplicemente eliminare tutte quelle “diramazioni” che portano in zone “pericolose” per la nostra salute-incolumità (e oltretutto poco “istruttive”), per fissare, attraverso il fenomeno della retrocausalità, uno “schema” di molteplici (ma non infinite) “diramazioni positive” (consone alla nostra natura), attraverso le quali possiamo tranquillamente “inoltrarci”, intuendone, grazie alla retrocausalità, tutti i “benefici”. Con la meditazione quindi, fissiamo dei parametri a livello inconscio, che ci consentiranno per tutta la vita, di inoltrarci attraverso innumerevoli “diramazioni positive”, di cui ne possiamo intuire a priori tutta la loro importanza in relazione al nostro “senso della vita” (che ovviamente varia da individuo a individuo). In linea di principio (teoricamente), la meditazione dovrebbe quindi provocare, indurre nel soggetto che la esperisce, una minor quantità di “conflitti d’informazione” (a livello inconscio), rispetto all’ipnosi regressiva e alla PNL (programmazione neurolinguistica).

Turnaturi: *“Il libero arbitrio non esiste, anche se noi crediamo tutto il contrario. E questo è dato dal fatto che l’ego (fittizia entità) non potrebbe “pensare” diversamente. L’ego stesso è il libero arbitrio, nel senso che ci fa credere che abbiamo il libero arbitrio. Ma dal momento che l’ego è falso, anche il libero arbitrio lo è, perchè esso dipende unicamente dalla esistenza dell’ego. Quanto al perchè alcune persone sembrano essere più predisposte di altre alla meditazione, la mia “opinione” è che questo dipende da un misto di fortuna e di livello evolutivo del soggetto. È un pò come lo sviluppare una determinata malattia: dipende dalla genetica (fortuna) e dal comportamento (livello evolutivo) del soggetto”*.

Assai interessanti, sono anche queste sue ipotesi-considerazioni sulla correlazione tra meditazione e retrocausalità, che indubbiamente si discostano per certi aspetti dalle mie, ma offrono ugualmente degli ottimi spunti di riflessione:

“Attraverso la meditazione cessa il fenomeno della retrocausalità (e della causalità), che si ha quando noi siamo inconsapevoli, mentre essere meditativi vuol dire essere consapevoli. Quando si è in meditazione, quando non ci sono aspettative, quindi, il fenomeno della retrocausalità non si verifica, e l'evento positivo che ne sussegue, non è una trasformazione dal negativo al positivo ma quello che doveva essere. In altre parole: avere delle aspettative (non essere in meditazione) trasforma la realtà in eventi negativi, mentre non avere delle aspettative (quando si è in meditazione, quindi), la realtà è quella che è e non si può definire né positiva né negativa. La meditazione è per eccellenza una condizione che elimina definitivamente tutti i conflitti, perché i conflitti provengono dalla mente, ma se sei in meditazione la mente non è “presente” e allora dove sono i conflitti? La PNL è, invece, un lavoro mentale come tutte le terapie psicologiche; psiche vuol dire mente e l'addove agisce la mente ci saranno sempre conflitti. La meditazione estirpa i problemi alla radice, e quando estirpi le radici, le erbacce non possono più crescere”.

Una volta Laplace disse:

“Un'intelligenza che, ad un dato istante, conoscesse tutte le forze da cui è animata la natura e la situazione rispettiva degli esseri che la compongono, se per di più fosse abbastanza profonda per sottomettere questi dati all'analisi, abbraccerebbe nella stessa formula i movimenti dei più grandi corpi dell'universo e dell'atomo più leggero: nulla sarebbe incerto per essa e l'avvenire, come il passato, sarebbe presente ai suoi occhi.”

Ebbene questa teoria è stata smentita perché tutti hanno preferito basarsi unicamente sul Principio di Indeterminazione di Heisenberg, ignorando il fatto che esso scaturisca e prenda forma dall'Umana Ignoranza, definita dai nostri stessi limiti di osservazione. L'uomo in genere preferisce credere solo e unicamente a ciò che è in grado di vedere...ma se tutto fosse visibile, paradossalmente, egli non vedrebbe più nulla; poiché verrebbe accecato dal Tutto. Il Determinismo è mor-

to con la nascita del Principio di Indeterminazione di Heisenberg;e tutti gli scienziati se ne guardano bene dal portarlo ancora in luce, per paura di perdere di credibilità all'interno della comunità in cui operano...e quindi di perdere il lavoro.

Esso comunque (Determinismo), celato nei cuori di parecchi scienziati (...forse i migliori), continuerà ugualmente a vivere...permettendo alla scienza di non dover mai scomodare Heisenberg, Schrödinger, Bohr e tutti coloro che hanno gettato le basi della QED.(Se Gödel fosse stato preso veramente sul serio, tutta la matematica sarebbe sicuramente finita su un binario morto.Ogni scienza, per poter progredire, paradossalmente, ha bisogno sempre da parte nostra, di un pizzico di Illogicità ed Ignoranza).

Turnaturi: *“Quando nella mente c'è troppo sapere non c'è spazio per il nuovo. Il sapere è cultura, che è importante, ovviamente, ma se il sapere non è accompagnato dall'intuito, che scaturisce in “assenza” di mente, e quindi in presenza di ignoranza, da solo è limitante. È un paradosso, è vero, ma è la vita a essere un paradosso, e questo fatto lo si può “capire” solo se ragioniamo “senza” la mente, perchè la mente non può vedere i paradossi, poichè essa è raziocinio, logica. Io ritengo che uno scienziato, un ricercatore, deve avere un pò d'ignoranza per poter essere un vero scienziato e un vero ricercatore, perchè solo quando si fa il vuoto di tutto l'acquisito nella propria testa, può esserci spazio per il Tutto.*

Nel tuo racconto sulla porta in cima alla scala avevamo visto come le aspettative positive hanno trasformato la realtà in un evento sfavorevole; io aggiungo che quando le aspettative sono negative la realtà prende forma attorno al soggetto in modo, ad egli favorevole. È classico l'esempio di quando aspettiamo una telefonata con ansia, che non arriva, e che arriva, invece, quando oramai avevamo perso le speranze. Ogni volta che abbiamo delle aspettative modifichiamo la realtà a noi circostante, mentre quando non abbiamo aspettative (meditazione), la realtà si manifesta (quindi non viene modificata) per quello che è, e non si può dire che sia positiva o negativa, ma neutra. C'è da dire, però, che in un certo senso è come se fosse positiva, ma solo dal punto di vista percettivo, poichè quando si è in meditazione si prova un senso di pace. La meditazione, però, non è uno stato non ordinario della coscienza, ma

è la mente che provoca stati non ordinari della realtà, e dal momento che non conosciamo la meditazione pensiamo che essa sia non ordinaria. Lo è, nel senso che non è la regola. Quelli che tu chiami nuclei inconsci vengono formati dalla attività mentale (aspettative), mentre quando si è in meditazione non si ha formazione di nuclei inconsci, secondo me, perchè in meditazione non ci sono pensieri (e quindi non ci sono aspettative). Se la meditazione è assenza di pensiero, quindi assenza di aspettative, non si verificano nuclei inconsci e quindi nemmeno fenomeni di causalità e di retrocausalità. La meditazione non è un qualcosa in più, non è una struttura acquisita; la meditazione è qualcosa in meno, una struttura perduta. Buddha diceva che è la mente a creare il mondo, e ognuno di noi crea il suo mondo. La meditazione, invece, fa scomparire tutti i mondi personali e fa apparire la Realtà che è uguale per tutti”.

Dopo tutte queste ipotesi e considerazioni, è chiaro che al lettore attento sorgerà spontanea la seguente domanda: Ma lo stato di coscienza che comunemente definiamo “meditativo” (ovvero l’atto in sé del meditare), pone effettivamente un “freno” al principio di Retrocausalità, oppure no?

Ebbene per poter rispondere a questa domanda con un minimo di oggettività e cognizione di causa, occorre innanzi tutto ricordare quanto segue: Nel 1942 Fantappiè (uno dei maggiori matematici italiani) dimostrò che la soluzione positiva dell’energia (**+E**) è governata dalla legge dell’entropia, mentre la soluzione negativa dell’energia (**-E**) è governata da una legge simmetrica all’entropia, da lui chiamata *sintropia*. Studiando le proprietà della sintropia Fantappiè scoprì, con suo grande stupore, la coincidenza tra queste proprietà e le caratteristiche tipiche dei sistemi viventi, quali ordine, organizzazione, crescita e tendenza alla complessità; egli arrivò così ad affermare che le proprietà tipiche della vita sono la conseguenza di cause collocate nel futuro. Per qualsiasi valore di E (energia) quindi che volessimo considerare in seno ad uno stato psichico che escluda determinati stimoli di azione-reazione, difficilmente esso potrà essere nullo. Anche volendo considerare unicamente la psiche, intesa come una forma complessa di Informazione dinamica (che alla fine è pur sempre energia, ma in un particolare stato al limite tra il ponderabile e l’imponderabile) ed escludendo quindi la massa cerebrale e tutte

le sue componenti (neuroni, neurotrasmettitori, neuropeptidi, ...), che in definitiva giocano, attraverso gli stimoli esterni, a favore di una costante “oscillazione energetica”; anche considerando, dicevo, la sola psiche, essa stessa, per quanto possa trovarsi in una sorta di “stato condensato” (meditazione), dove non è più possibile interagire con gli stimoli esterni della realtà ad essa circostante, essa dovrà per “forza di cose” assumere dei “valori energetici” sicuramente infinitamente piccoli, ma mai nulli; e questo per il semplice fatto che non può esistere, uno “spazio vuoto di campo”.

“Solo l’idea del campo come rappresentante la realtà, in combinazione con il principio generale di Relatività, riesce a rivelare il vero nocciolo dell’idea di Descartes: non esiste spazio vuoto di campo”. (A. Einstein)

Con queste mie ultime precisazioni-considerazioni, non intendo comunque invalidare le ipotesi della Turnaturi (come neppure valorizzarle, ovviamente); ma semplicemente far capire ai lettori più ...”curiosi”, che a volte le cose non sono così semplici come si sarebbe, ad un primo esame, tentati a credere. Detto ciò, è chiaro che in un campo assai complesso come questo, dove i confini tra fisica e metafisica si fanno via via sempre più sottili, qualsiasi porta che conduca a nuove frontiere ancora inesplorate della ricerca scientifica, rimane aperta. Tutto è possibile quindi, anche se non sperimentalmente dimostrabile; non dimentichiamo il fatto che parecchie teorie fisiche (e in special modo alcuni postulati della Relatività), formulate all’inizio del secolo scorso, si sono potute dimostrare sperimentalmente solo durante gli ultimi decenni (basti pensare ad esempio ai condensati di Bose-Einstein, di cui si è parlato all’inizio del libro). C’è da considerare poi il fatto che anche in ambito matematico, da cui nascono e prendono forma tutte le idee-ipotesi del mondo della fisica, vi sono delle “verità” ancora indimostrate sulla base delle quali continuiamo a costruire teorie fisiche che per certi aspetti quindi, hanno ben poco senso. Senza andare a scomodare Gödel, per fare un esempio, basti pensare all’ultimo teo-

rema di De Fermat*⁵⁸, che si è riusciti a dimostrare solo pochi anni fa (tra l'altro indirettamente), a circa trecento anni di distanza dalla sua formulazione! Vi sono idee quindi che seguono dei percorsi brevi, in quanto ad una loro dimostrazione; altre dei percorsi un po' più lunghi, tutto ovviamente dipende dalla complessità che tali idee rivelano col tempo, e dall'importanza che esse rivestono nelle applicazioni pratiche nelle quali alla fine dovrebbero venir incluse, al fine di migliorare la qualità di determinati aspetti funzionali di vecchie e nuove tecnologie (che a loro volta sono legate alla qualità della nostra vita). Al momento quindi, stabilire in che misura le mie teorie, che ho avuto modo di sviluppare in seno al Synchro Eneury Project, possano in futuro trovare delle applicazioni in determinati ambiti scientifico-tecnologici, risulta un'impresa assolutamente ardua, se non addirittura impossibile. Le mie speranze (...anche se sarebbe sbagliato averne, poiché come ora sappiamo molto bene, portano solo ad un sacco di delusioni e ad eventi non molto piacevoli), attualmente, si potrebbero riassumere con questa semplice considerazione: Ora che il dado è tratto, occorrerebbe che qualcun altro presto o tardi, percorra la mia stessa strada, giungendo possibilmente a dei nuovi traguardi, magari anche più significativi di quelli che ho raggiunto io, usufruendo soltanto della mia modesta cultura e intelligenza.

Cinzia Turnaturi e il sottoscritto:



*⁵⁸ Tale teorema afferma che per la seguente equazione: $x^n + y^n = z^n$, non esistono soluzioni con numeri interi per n maggiore di 2. Semplicemente cambiando il 2 nella equazione di Pitagora con qualunque altro numero superiore, diventa praticamente impossibile trovare una soluzione con numeri interi. La dimostrazione di tale teorema, fu trovata non molti anni fa dal matematico Andrew Wiles.

Le Nanotecnologie

“Voglio parlare della manipolazione e del controllo delle cose su piccola scala, spesso si parla di motori elettrici grandi quanto un’unghia, ma questo è nulla... per quanto ne so i principi della fisica non impediscono di manipolare le cose atomo per atomo. Non è un tentativo di violare alcuna legge; è qualcosa che in principio può essere fatto, ma in pratica non è successo perché siamo troppo grandi”.
(Richard Feynman)

I “vantaggi” di un mondo invisibile

Manipolare gli atomi per costruire oggetti infinitamente piccoli; un’intuizione che fece di Feynman il precursore delle nanotecnologie^{*59}. A coniare questo termine fu molti anni dopo, nel 1975, Eric Drexler, il quale definì così questo nuovo campo della scienza: *“una tecnologia a livello molecolare che ci potrà permettere di porre ogni atomo dove vogliamo che esso stia. Chiamiamo questa capacità nanotecnologia, perché funziona sulla scala del nanometro, un milionesimo di metro”*.

La nanotecnologia è la tecnica che consente di costruire oggetti, dispositivi, materiali che hanno le dimensioni del miliardesimo di metro. Le nanostrutture offrono molteplici vantaggi (in primis il risparmio di spazio e la possibilità di controllare le proprietà dei mate-

^{*59} Il prefisso *nano-* indica una grandezza matematica pari a 10^{-9} : si tratta dunque di una tecnologia a livello atomico, una scala che vede confondersi le applicazioni della chimica con quelle della fisica, l’ingegneria genetica con la quantistica.

riali senza alterarne la composizione chimica), permettendo al tempo stesso di migliorare la potenza e la capacità di memoria dei dispositivi informatizzati. Gli strumenti di questa tecnologia consistono in macchine microscopiche in grado di agire su singoli atomi. Queste intuizioni furono accolte con grande entusiasmo dall'opinione pubblica, in quanto aprivano la strada a prodotti che trascendevano la capacità immaginativa, per confluire nella fantascienza. Nel frattempo in ambito scientifico cominciarono a moltiplicarsi gli studi sulle nanotecnologie, con un progressivo ampliamento del campo d'indagine, dalla medicina alla meccanica, dall'informatica all'ambiente. Oggi parte di quegli studi si stanno concretizzando nella realtà: l'era delle nanotecnologie è entrata nella sua fase attuativa.

Gli studi realizzati da Eric Drexler al MIT di Boston furono presentati in un volume nel 1986, che scatenò vivaci polemiche in ambito scientifico, con alcuni studiosi che contestarono l'eccessivo ottimismo dell'autore. Drexler pensava ad assemblatori, delle dimensioni di 1 submicron, in grado di autoreplicarsi in modo esponenziale. Queste previsioni, prevedeva, si sarebbero tramutate in realtà intorno alla metà del XXI secolo. Tre anni più tardi, nell'Almaden Research Center di San José in California, il fisico Dan Eigler perfeziona il microscopio a scansione tunnel, su cui era concentrata l'attenzione di molti scienziati da anni. Questo strumento consente di vedere singoli atomi sulla superficie di un materiale conduttore, in grado cioè di consentire il passaggio della corrente elettrica grazie alla sua particolare struttura molecolare. L'invenzione, che permette di aprire una finestra per l'occhio umano sull'infinitamente piccolo, dà il via alle moderne applicazioni nel campo delle nanotecnologie.

“La persona malata, anziana, o ferita, soffre a causa di sequenze di atomi non corrette, sia che la loro cattiva disposizione sia stata creata da virus, dal tempo che passa o da un incidente automobilistico. Strumenti in grado di ridare l'ordine corretto agli atomi, saranno anche in grado di superare questi mali. Le nanotecnologie costituiranno un passo fondamentale per la medicina.”

Questo l'assunto intorno al quale si muovono gli studi nel campo delle nanomedicine del Forsight Institute, uno dei centri più avanzati

al mondo nel settore. Tra le applicazioni più utilizzate vi è la nanocatalisi, che consiste nell'immobilizzazione degli enzimi che sono in grado di produrre sostanze come gli acidi. In questo modo gli enzimi stessi sono mantenuti stabili e funzionanti anche a 200 gradi Celsius, temperature prima ritenute proibitive nel campo delle biotecnologie. Inoltre va detto che l'enzima è molto costoso ma se può essere riutilizzato all'infinito ovviamente i costi diminuiscono. Riciclando gli enzimi è possibile giungere alla produzione di antibiotici sintetici, ottenuti dalle proteine, attraverso la nanobiocatalisi. Inoltre va sottolineato che gli assemblatori renderanno possibile fra qualche anno la chirurgia a base molecolare per riparare e sistemare le cellule. Si potranno correggere mutazioni del DNA e si potranno distruggere cellule cancerogene. Ma le nanotecnologie non esistono solo nel campo delle previsioni o nelle analisi degli studiosi. Varie applicazioni sono già operative. Basti pensare al chip al dna, in grado di decodificare i geni con una velocità migliaia di volte superiore a quella riscontrabile nelle metodologie standard. Attualmente la medicina utilizza il chip al dna per individuare certe tipologie tumorali.

Da più parti si ritiene che le nanotecnologie rivoluzioneranno il mondo della meccanica, grazie alla possibilità di disporre gli atomi. Questo consentirà non solo di ridurre lo spazio occupato dai macchinari, ma anche di controllare le proprietà dei materiali, come temperatura di fusione, proprietà magnetiche, elettriche, meccaniche e ottiche, senza alterarne la composizione chimica. Tra le applicazioni previste vi sono rivestimenti nanostrutturati resistenti all'usura e al calore per il settore automobilistico e la sostituzione dell'idrogeno alla benzina per l'autotrazione. Inoltre il centro ricerche Ibm di Zurigo ha annunciato di recente lo sviluppo di una nanomacchina che si muove grazie al dna. L'apparecchio è composto da asticelle ricoperte preventivamente con singole sequenze di dna. Dopo è stato immerso in una soluzione contenente le sequenze complementari del codice genetico. In questo modo, il peso derivante dall'unione delle due sequenze genera una flessione delle asticelle. Tra qualche tempo, dunque, per far camminare le nanomacchine, non si avrà più alcun bisogno di batterie e motori. Ma il futuro potrebbe anche riservare sorprese sgradite. In un intervento pubblicato qualche tempo fa su Wired, Billjoy ha spiegato: *"Visto che la società ed i suoi problemi*

diventano sempre più complicati, e le macchine sempre più intelligenti, le persone lasceranno che le macchine prendano sempre più le decisioni per loro, semplicemente perché decisioni prese dalle macchine porteranno migliori risultati che quelle prese dagli esseri umani. Si arriverà prima o poi ad uno stadio in cui le decisioni da prendere per mantenere il sistema saranno così complicate che gli esseri umani non saranno in grado di farle in modo intelligente. A quel punto le macchine avranno effettivamente il controllo. Le persone non saranno in grado di semplicemente spegnere le macchine, perché ne saranno così dipendenti da far risultare lo spegnimento un suicidio”.

Non fosse stato per le nanotecnologie, Internet non avrebbe lo straordinario sviluppo che oggi conosciamo. Di fatti è grazie a questa scienza se nelle fibre ottiche delle dorsali principali della rete (backbone) possono viaggiare da 2,5 a 10 miliardi di bit al secondo. Ma altre invenzioni sono alle porte. Gli attuali computer sono destinati a cedere il passo a strumenti grandi un micron cubo. Inoltre, una volta diffusa questa tecnologia, costruirli sarà economico. I ricercatori dell'Ibm hanno sviluppato una sistema per creare gruppi di transistor da un cilindro sottilissimo chiamato “nanotubo al carbonio”. Questi transistor, grandi 10mila volte meno di un capello, permettono una produzione con costi molto ridotti rispetto a quelli attuali e in quantità maggiore. Intel, invece, si appresta a lanciare entro il 2010 un nano-processore per PC, che avrà la grandezza di un miliardesimo di metro e sarà spesso solamente tre atomi. Queste dimensioni consentiranno di contenere oltre 400 milioni di transistor in un chip capace di girare ad una frequenza di 10 gigahertz. Novità sono inoltre previste nel campo degli hard disk. Questi strumenti sono ricoperti da un sottile strato magnetico le cui molecole si comportano come calamite. Ogni bit viene registrato orientandole in un verso o nell'altro. Tuttavia queste molecole tendono al disordine e per registrare un bit diviene necessario magnetizzare una superficie ampia, in modo da superare questa tendenza. Con le nanotecnologie sarà possibile posizionare queste molecole in modo ordinato per cui ogni bit potrà occupare uno spazio molto inferiore e la capacità dei dischi verrà moltiplicata in modo straordinario.

Le fonti energetiche attualmente più utilizzate soffrono di due problemi: si tratta spesso di elementi finiti e inquinano l'ambiente.

Questi problemi potranno essere superati con l'utilizzazione su larga scala dell'energia solare. Le centrali fotovoltaiche sono attualmente di grandi dimensioni e con scarsa capacità produttiva. Tra qualche anno potranno, però, essere trasformate in centri di reazione fotosintetici, basati su proteine come le rodopsine (che consentono di fare delle cellule fotovoltaiche grandi un biliardesimo di metro) e saranno in grado di contenere in poco spazio un'immensa quantità di energia. Inoltre si potrà ridurre sensibilmente l'inquinamento chimico. Di fatti qualsiasi atomo di rifiuto, visto che sarà tenuto sotto controllo, potrà essere riciclato. Per altro non ci saranno scarti, perché verranno utilizzate le materie prime strettamente indispensabili e non ci sarà nessuna fase intermedia di lavorazione.

...Gli aspetti negativi, di un mondo invisibile

Mentre si inizia ad indagare sugli effetti a lungo termine di alcuni aspetti-conseguenze inerenti all'ambito applicativo delle nanotecnologie, e dall'altra parte governi e privati finanziano le ricerche su nuove applicazioni, fino ad oggi nel mondo ogni sperimentazione di questo tipo è consentita, e nessuna autorità ha pensato di fare anche un solo censimento ufficiale di quelli che sono i prodotti "nanotecnologici".

Prendendo come esempio l'Unione Europea, mercato dove da qualche anno circolano indisturbati prodotti antirughe, creme solari e molti altri nanocosmetici, i consumatori attendono da circa due anni il pronunciamento della Direzione generale dei Consumatori sulla sicurezza di questi prodotti. Entro la fine del 2005, infatti, doveva vedere luce un parere della Scpc (la commissione scientifica europea sui prodotti di largo consumo), chiamata a pronunciarsi proprio sui rischi legati all'assorbimento nella pelle di cosmetici contenenti nanoparticelle, problema sollevato dalla comunità scientifica britannica.

Del parere, però, non si è avuta ancora notizia, mentre la Commissione ha avviato una consultazione a livello globale sull'esposizione, l'impatto sulla salute e l'inquinamento da nanoparticelle. Sullo stesso fronte l'UE ha emesso di recente ben quattro bandi di concorso per finanziare altrettanti argomenti di ricerca sulle nanotecnologie.

I campi da indagare sono evidentemente tantissimi, partendo proprio dalle proprietà enormi che le nanoparticelle possono acquisire, e dal fatto che, date le loro dimensioni, l'uomo non abbia alcuna barriera nei loro confronti (particelle di queste dimensioni possono oltrepassare tutti i tessuti umani).

Spiega Fabio Beltram, vicedirettore della Scuola Normale di Pisa e direttore del Nest (il centro di nanoscienze) della stessa università: *“Le paure riguardo alle nanotecnologie, così come le aspettative, nascono dal fatto che, ridotti in scala nanometrica, i materiali hanno proprietà diverse e inaspettate rispetto a quelle che hanno in scala normale. Una singola materia costruita in aggregati opportuni acquisisce proprietà diverse, di conseguenza in fase di progettazione bisogna stare molto attenti a dare a quello che si intende realizzare le proprietà volute, e non altre”*. In un campo del genere, un errore minuscolo può costare caro. *“Quando si parla di nanotecnologie si parla di processi produttivi che devono essere ad altissima precisione, perché la sensibilità di ciò che si manipola è proporzionale alle dimensioni. Si è visto che un processo non sufficientemente controllato potrebbe produrre un 10-20 per cento di nanoparticelle diverse da quelle progettate, che hanno dunque effetti straordinariamente differenti”*, dice lo studioso, spiegando come l'unico antidoto a disastri involontari sia quello di standardizzare i processi produttivi definendo procedure di sicurezza e qualità. Pare che l'industria abbia cominciato a muoversi in questa direzione, ma il problema non finisce qui. Al tema della sicurezza industriale si aggiungono infatti i rischi legati direttamente alle nanoparticelle con cui l'organismo viene a contatto attraverso i prodotti.

Spiega Stefano Montanari del laboratorio di Biomateriali di Modena, che sulla base di un progetto europeo è impegnato nello studio delle nanopatologie, le malattie provocate da residui nanometrici inorganici dell'inquinamento: *“Queste particelle hanno proprietà straordinarie, ma per essere certi dei loro effetti va studiato tutto il loro ciclo vitale. Facciamo l'esempio di una nanoparticella di ferro che venga utilizzata per essere veicolata su una cellula tumorale per distruggerla attraverso un procedimento specifico. La particella attacca il bersaglio e brucia la cellula cancerosa, lasciando intatte le sane. Benissimo, ma dopo dove va a finire? Viene espulsa, vaga nell'organismo, o si sedimenta da qualche parte? Non dimentichiamo”*, dice il ricercatore, *“che*

frammenti di queste dimensioni sono in grado di entrare nel nucleo di una cellula lasciando intatta la membrana. E una volta nel nucleo sono a contatto con il genoma, che è il libretto di istruzione del nostro organismo”.

Sulla necessità di utilizzare queste precauzioni prima di brevettare i nanoprodotti sono tutti d'accordo. *“Da chi utilizza queste tecnologie è necessario pretendere delle verifiche a monte, cioè prima che il prodotto sia messo in circolazione, tenendo presente che alcune nanoparticelle potrebbero avere delle proprietà inattese, e tenendo conto della capacità di penetrazione delle particelle”.*

Qualcosa di “positivo” comunque si sta muovendo, in direzione di una sorta di strategia di sicurezza, sulle questione nanotecnologia e sue rispettive applicazioni. Un articolo apparso recentemente sulla rivista Nature, ne rivela i dettagli. Il resoconto di una squadra di esperti ha descritto come il completamento, nei prossimi 15 anni, di cinque importanti sfide riguardanti le nanotecnologie potrebbe aiutare a ridurre le preoccupazioni riguardanti la loro sicurezza. Il gruppo era guidato da Andrew Maynard, responsabile del progetto del Woodrow Wilson Institute per le nanotecnologie emergenti, e includeva co-autori dall'Institute of Occupational Medicine (IOM) e l'iniziativa SnIRC (Safety of nanoparticles Interdisciplinary Research Center). In un commento apparso il 16 Novembre (2006) su Nature, il team propone cinque sfide per promuovere la ricerca sistematica sui rischi legati alle nanotecnologie. I programmi che incontrano queste sfide dovrebbero aiutare ad appianare qualsiasi irregolarità sulla strada dello sviluppo delle nanotecnologie nata dalle preoccupazioni su qualche reazione imprevista sulla salute o sui pericoli ambientali. Maynard sostiene che: *“Se il pubblico perde fiducia nell'impegno dei governi, delle aziende, e della comunità scientifica di assicurare una valida ricerca sistematica dei possibili rischi del nanotech, la sua enorme potenzialità verrà spreca. Non possiamo lasciare che questo accada.”*

Le sfide includono lo sviluppo di:

- Strumentazione per valutare il potenziale danno causato dall'esposizione ambientale a nanomateriali. Questa include la dispo-

nibilità di: a) campionatori per aerosol portatili ed economici entro i prossimi tre anni; b) rilevatori di nanomateriali trasportati dall'acqua entro i prossimi cinque anni; c) sensori intelligenti in grado di indicare i potenziali danni sulla salute umana entro i prossimi dieci anni.

- Metodi per valutare la tossicità di nanomateriali. Questi includono un accordo internazionale su una serie di test di screening in vitro per valutare la tossicità entro i prossimi due anni da validare entro i prossimi cinque anni; verranno inoltre validati metodi alternativi per testare la tossicità in vivo di nanomateriali ingegnerizzati nel corso dei prossimi 15 anni. Nello specifico, i ricercatori suggeriscono di indagare, entro i prossimi cinque anni, l'effetto di nanotubi, nanocavi e nanofibre sulla salute umana.

- Modelli per predire il potenziale impatto sulla salute e sull'ambiente di nuovi, ingegnerizzati nanomateriali entro i prossimi 10 anni.

- Sistemi per valutare l'impatto del ciclo di vita dei nanomateriali sulla salute e sull'ambiente, nei prossimi cinque anni.

- Programmi strategici per avviare la ricerca focalizzata sui rischi, nel corso dei prossimi dodici mesi. Questi includono collaborazioni internazionali e interdisciplinari e metodi di comunicazione in merito alle scoperte sui rischi e i benefici legati alle nanotecnologie.

House, presidente della commissione scientifica Sherwood Boehlert (R-NY) e del Democrat Bart Gordon spiega: *“Questo articolo dovrebbe essere un caposaldo nella storia della ricerca sulle nanotecnologie. Pone un chiaro e ragionevole elenco di priorità, espone in ordine di importanza, con lo scopo di esaminare le potenziali conseguenze delle nanotecnologie sull'ambiente e sulla salute entro il prossimo decennio. Questo articolo dovrebbe così eliminare qualsiasi scusa per l'inattività in questa importante area”*.

In ambito medico le nanotecnologie stanno già dando risultati concreti. Le nanopillole, per esempio, sono già in sperimentazione. Le chiamano magic bullets, pallottole magiche, e sono capaci di sco-

vare le cellule ammalate, fra migliaia di cellule sane, di agganciarle e di distruggerle. Il riconoscimento avviene grazie a una sorta di radar molecolare che intercetta specifici recettori proteici presenti sulla cellula tumorale. Una volta sul bersaglio possono agire in maniera diversa. Per esempio, liberano sostanze, come gli enzimi dell'apoptosi, che provocano la morte della cellula. Anzi, possono fabbricarne in continuazione. All'Università di Genova il gruppo di Alberto Diaspro sta studiando una sorta di guscio che racchiude un microambiente dove gli acidi nucleici possono produrre proteine antitumorali. Un'altra strategia è allo studio al Memorial Sloan Kettering di New York e, a Milano, l'Istituto europeo di oncologia sfrutta un nanogeneratore di radioattività: in questo caso il robot veicola atomi radioattivi che, una volta penetrati nella cellula tumorale, liberano particelle ad elevato potere distruttivo.

Ultima sfida: la nanochirurgia ultrainvisibile e superprecisa dove il bisturi è un raggio laser e il campo operatorio è una singola cellula. Eric Mazur all'Università di Harvard, a Boston, è riuscito a distruggere piccole parti di una cellula, lasciando tutto il resto intatto. E se è vero che al momento i tumori sono diagnosticati quando sono troppo grandi per un trattamento del genere, si può sperare che nei prossimi anni, quando si riusciranno a individuare le prime cellule «impazzite» si potranno operare e distruggere una per una. Con precisione non più millimetrica, ma, appunto, nanometrica.

Steven Currall e i suoi colleghi dello University College di Londra hanno realizzato il primo studio empirico su larga scala sulla percezione sociale delle nanotecnologie, ponendosi la seguente domanda: *“Quando decidono di usare un prodotto di nanotecnologia, i consumatori considereranno i rischi, i benefici o entrambi?”* L'indagine, basata su 503 interviste telefoniche di consumatori statunitensi, ha confrontato la scienza dell'infinitamente piccolo con altre innovazioni hi-tech e analizzato rischi e benefici su particolari applicazioni.

I risultati, riportati sul numero di dicembre (2006) di *Nature Nanotechnology*, mostrano come le nanotecnologie siano viste in modo relativamente neutrale: sono infatti percepite, almeno negli Stati Uniti, come meno rischiose e più utili di altri prodotti, come ad esempio gli Ogm, i pesticidi, i disinfettanti chimici e l'ingegneria

genetica. Al tempo stesso, sono considerate più rischiose e meno vantaggiose dell'energia solare, dei vaccini, dell'energia idroelettrica e dei display dei computer.

In una ulteriore indagine web su 4.542 probabili consumatori, i ricercatori hanno poi scoperto che il pubblico non valuta rischi e benefici separatamente: al contrario, l'effetto dei benefici sull'uso delle nanotecnologie è più pronunciato quando i rischi sono più bassi.

Il gruppo di ricerca sostiene l'importanza di questa e di future analisi sociali: gli orientamenti del pubblico, infatti, spesso influenzano l'attività scientifica, come nel caso della ricerca sul nucleare, Ogm, cellule staminali ed embrionali. Una migliore comunicazione verso consumatori e 'decision-makers' è quindi essenziale perché il pubblico possa prendere posizioni consapevoli verso le nanotecnologie.

PARTE II
Biografie

John Von Neumann



Von Neumann (Budapest, 28 dicembre 1903 – Washington, 8 febbraio 1957) fu un bambino prodigio: a sei anni conversava con il padre in greco antico; a otto conosceva l'analisi; a dieci aveva letto un'intera enciclopedia storica; quando vedeva la madre assorta le chiedeva che cosa stesse calcolando; in bagno si portava due libri, per paura di finire di leggerne uno prima di aver terminato. Da studente, frequentò contemporaneamente le università di Budapest e Berlino, e l'ETH di Zurigo: a ventitré anni era laureato in ingegneria chimica, ed aveva un dottorato in matematica. La sua velocità di pensiero e la sua memoria divennero in seguito tanto legendarie che Hans Bethe (premio Nobel per la fisica nel 1967) si chiese se esse non fossero la prova di appartenenza ad una specie superiore, che sapeva però imitare bene gli umani. In realtà, il sospetto di un'origine marziana era esteso non solo a von Neumann, ma a tutto il resto della banda dei figli della mezzanotte, i coetanei scienziati ebrei ungheresi emigrati che contribuirono a costruire la bomba atomica. La complessità dei calcoli balistici richiesti per le tavole di tiro di armamenti sempre più sofisticati aveva portato, nel 1943, al progetto del calcolatore elettronico **ENIAC** di Filadelfia. Non appena ne venne a conoscenza, nell'agosto 1944, von Neumann vi si buttò a capofitto: nel giro di quindici giorni dalla sua entrata in scena, il progetto del calcolatore veniva modificato in modo da permettere la memorizzazione interna del programma. La programmazione, che fino ad allora richiedeva una manipolazione diretta ed esterna dei collegamenti, era così ridotta ad un'operazione dello stesso tipo dell'inserimento dei dati, e l'ENIAC diveniva la prima realizzazione della macchina universale inventata da Alan Turing nel 1936: in altre parole, un computer programmabile nel senso moderno del termine. All'Istituto di Princeton si dedicò alla progettazione di un nuovo calcolatore, producendo una serie di lavori che portarono alla definizione di quella che oggi è nota come architettura von Neumann: in particolare, la distinzione tra memoria primaria (ROM) e secondaria (RAM), e lo stile di programmazione mediante diagrammi di flusso. Anche questa macchina non fu fortunata: essa fu inaugurata solo nel 1952, con una serie

di calcoli per la bomba all'idrogeno, e fu smantellata nel 1957 a causa dell'opposizione dei membri dell'Istituto, che decisero da allora di bandire ogni laboratorio sperimentale. John Von Neumann definì per la prima volta in modo rigoroso e completo il concetto di elaboratore elettronico a programma memorizzato - la cosiddetta 'macchina di von Neumann'. Anche se altri - come ad esempio Eckert e Mauchly - avevano avuto idee simili, fu Neumann a inquadrarle in una teoria matematica coerente e a svilupparle in una teoria generale delle 'macchine intelligenti' e degli automi. Oltre che per varie applicazioni tecnologiche (dalla matematica alla meteorologia), il computer servì a von Neumann anche come spunto per lo studio di una serie di problemi ispirati dall'analogia fra macchina e uomo: la logica del cervello, il rapporto fra l'inaffidabilità dei collegamenti e la loro ridondanza, e il meccanismo della riproduzione. Egli inventò in particolare un modello di macchina (automa cellulare) in grado di autoriprodursi, secondo un meccanismo che risultò poi essere lo stesso di quello biologico in seguito scoperto da James Watson e Francis Crick (premi Nobel per la medicina nel 1962). Negli anni che vanno dal 1939 al 1941 von Neumann ebbe un intenso scambio epistolare con il fisico ungherese Rudolf Ortway per discutere l'analogia fra il funzionamento del cervello e gli apparati di calcolo automatico. Nella corrispondenza Ortway descriveva il cervello come una rete i cui nodi erano cellule attraverso cui si trasmettevano gli impulsi e faceva riferimento alle differenze e analogie con i sistemi di calcolo elettronico e con altre unità tecniche come le centrali telefoniche o le installazioni radio. Ortway nel ricercare un nucleo teorico che permettesse di distinguere gli aspetti semplici e basilari del problema, credeva nella possibilità di assiomatizzare i sistemi complessi e organizzati soltanto con la mentalità del matematico o del fisico e non con quella del medico o del fisiologo. Queste discussioni riproponevano l'antico sogno circa la possibilità di realizzare esseri artificiali e svelare il segreto della mente umana e costituivano la base teorica per lo sviluppo di quella disciplina che avrebbe poi preso il nome di *Intelligenza Artificiale* o anche *IA*, dall'inglese *Artificial Intelligence*. Il suo risultato più famoso nel campo degli armamenti, invece, fu la scoperta che le bombe di grandi dimensioni sono più devastanti se scoppiano prima di toccare il suolo, a causa dell'effetto addizionale delle onde di detonazione (i media sostennero più semplicemente che von Neumann aveva scoperto che è meglio mancare il bersaglio che colpirlo).

Andrew Wiles



Andrew Wiles (Cambridge, 11 aprile 1953) è il matematico che ha risolto l'Ultimo Teorema di Fermat. All'età di 10 anni nella biblioteca del quartiere in cui viveva, a Cambridge, aveva trovato un libro dedicato proprio a questo teorema. Fu tanto affascinato dalla questione che decise che avrebbe cercato di risolvere il Teorema. In realtà i suoi interessi come ricercatore furono invece indirizzati allo studio delle Curve Ellittiche, un mondo apparentemente lontano dal Teorema di Fermat. La congettura di Taniyama sul legame tra le curve ellittiche e le cosiddette funzioni modulari e la dimostrazione di Ribet che la congettura di Taniyama implica il Teorema di Fermat furono decisive perché Wiles si decise ad affrontare quello che era il suo sogno da quando era bambino. Dopo aver lavorato in completo isolamento per sette anni, presentò il 23 giugno del 1993 a Cambridge (allora Wiles era docente a Princeton) in una conferenza la sua dimostrazione del teorema. La dimostrazione era estremamente complessa. Dopo qualche mese si notò che non era completa. Wiles ci lavorò per ancora un anno, questa volta con l'aiuto di Richard Taylor, docente di Cambridge, annunciando il 25 ottobre del 1994 di aver sistemato la dimostrazione. Nel maggio 1995 il lavoro fu pubblicato negli *Annals of Mathematics* e questa volta fu pienamente accettato.

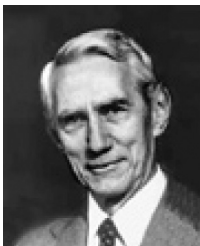
Gregory Bateson



Gregory Bateson (1904-1980), antropologo, sociologo e studioso di cibernetica, è stato uno dei più importanti studiosi dell'organizzazione sociale del secolo scorso. Opponendosi strenuamente a quegli scienziati che cercavano di "ridurre" ogni cosa alla pura realtà osservabile, si fece carico di reintrodurre il concetto di "Mente" all'interno di equazioni scientifiche scrivendo due famosi libri ("Verso un'ecologia della Mente" e "Mente e Natura"). Dal suo punto di vista la Mente è la parte costituente della "realtà materiale" e di conseguenza

non ha senso cercare di scindere la mente dalla realtà. Prima di divenire un esponente della contro cultura degli anni 60, negli anni 20 e 30 si occupò di antropologia. A Bali, aiutò a fondare la scienza cibernetica facendo un'infinità di altre cose. Molti pensatori lo inquadrano nel movimento anti-psichiatria per aver fornito un modello e una nuova epistemologia per sviluppare una rinnovata comprensione della follia umana, nonché per la scoperta della teoria del doppio legame. Con i colleghi Warren McCulloch, Gordon Pask, Ross Ashby, Heinz Foerster, Norbert Wiener e altri, contribuì ad elaborare la scienza cibernetica. Fu l'ispiratore di parecchi modelli e approcci nel campo della psicoterapia, tra i quali quello della MRI Interactional School of Weakland, di Jackson, Watzlavick e molte altre scuole di terapia familiare (tra cui la scuola di Milano di Palazzoli) e influenzò direttamente terapisti come Brad Keeney, Tom Andersen, Lynn Hoffmann e molti altri.

Claude Shannon



Claude Elwood Shannon (Gaylord, Michigan 1916 - Medford, Massachusetts 2001), matematico e ingegnere elettronico statunitense, viene considerato il fondatore della teoria dell'informazione. Si laureò presso l'Università del Michigan e nel 1940 ottenne il dottorato in matematica presso il *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), con una tesi sull'utilizzo dell'algebra di Boole per l'analisi e l'ottimizzazione dei circuiti di commutazione a relay. A quel tempo il sistema di Boole fondato sulla manipolazione di "1" e di "0" era poco noto, e il suo lavoro contribuì notevolmente alla sua diffusione.

Nel 1941 fu assunto come ricercatore matematico alla Bell Telephones, dove rimase fino al 1972. Durante la guerra si dedicò allo studio dei sistemi di controllo delle batterie contraeree, svolgendo un ruolo importante per la difesa dell'Inghilterra durante i raid aerei dei tedeschi. Nel 1948 pubblicò un articolo che segnò una svolta nella storia della teoria dell'informazione: *The Mathematical Theory of Communication* (*La teoria matematica della comunicazione*); in esso Shannon proponeva una teoria generale della trasmissione e dell'elaborazione delle informazioni, dove viene per la prima volta utilizzato il termine bit, unità elementare di informazione.

Nel 1956 fu nominato professore di scienze presso il MIT, pur continuando le proprie ricerche nei laboratori Bell fino al 1972. Fin dai tempi della stesura della sua tesi di laurea, Shannon aveva maturato l'idea che con la logica a due valori, sviluppata da Boole, si sarebbero potute costruire macchine capaci di svolgere molti tipi di operazioni. Lavorando nei laboratori della Bell Telephone, Shannon estese la sua idea al problema più generale di elaborare e soprattutto di trasmettere l'informazione. Egli si trovò ad affrontare una questione molto concreta: come codificare un messaggio, di qualsiasi tipo, in modo da trasmetterli o registrarli con un minimo di distorsione e di errore? La soluzione data da Shannon passa attraverso la scoperta che il contenuto di informazione è indipendente dal contenuto del messaggio. Ma è in relazione al numero di unità elementari (bit) necessarie per codificarlo. In tale prospettiva, la natura del messaggio - testi, suoni, immagini - è irrilevante dal momento che tutto può essere ridotto in appropriate sequenze di 1 e di 0. Riducendo tutte le comunicazioni in stringhe di 1 e di 0, si potevano inviare messaggi senza errori, anche su lunghe distanze. La portata della scoperta di Shannon è enorme: essa ha rivoluzionato non solo l'intero campo delle comunicazioni, ma anche tutti i processi di elaborazione dei dati, che ormai hanno universalmente adottato il sistema digitale, basato sulla logica binaria di Boole.

Norbert Wiener



Norbert Wiener, matematico (ebreo) americano di origine russa, è considerato il creatore del termine **cibernetica** (dal Greco Kyber: timone, pilota). Lo stretto legame fra cibernetica e informatica si fa sentire soprattutto nel settore delle intelligenze artificiali e degli automi. Bambino prodigo, Wiener a tre anni era già in grado di leggere correttamente e a nove anni faceva il suo ingresso nella scuola superiore, dove completò il programma quadriennale in soli due anni. Poi studiò presso la Cornell University, la Columbia University, Harvard e Cambridge (con Bertrand Russell) e Göttinga, laureandosi in matematica, fisica e biologia. Quindi rientrò negli Stati Uniti, dove insegnò sia all'università di Columbia che di Harvard e del Maine, prima di finire al MIT come professore di matematica (1932-1960).

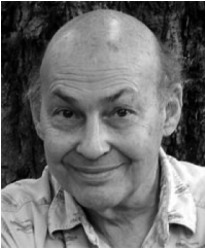
Durante la seconda guerra mondiale fu coinvolto in importanti progetti militari, in particolare per la realizzazione di computer da utilizzare in calcoli balistici. Le sue intuizioni su come avrebbe dovuto essere progettato un computer, unite agli studi di Turing e altri, consentirà a von Neumann di definire l'architettura necessaria per ottenere un computer d'utilizzo generico (general purpose), cioè nel quale l'hardware fosse indipendente dal programma in uso. L'atto di nascita vero e proprio della cibernetica risale al 1945, anno in cui Wiener, assieme a von Neumann, organizzò un convegno a Princeton al quale parteciparono molti matematici, logici, fisici e ingegneri. Dal convegno derivò anche una terminologia comune per definire concetti come "analogico", "digitale", "bit" e "feedback". Negli ultimi anni di vita Wiener si dedicò in particolare alla matematica, neurofisiologia e ingegneria, con un certo riguardo verso possibili riflessi di queste materie in campo medico. In matematica diede un notevole contributo alla definizione della "teoria delle probabilità" e della "analisi delle funzioni". Nei primi anni '40 mise a fuoco, nell'ambito della Cibernetica, due importanti concetti: il feedback e la trasmissione dell'informazione.

Il feedback (retroazione) è un principio attraverso il quale un fenomeno è in grado di autoregolare il suo output controllandone il risultato. Un esempio applicativo assai semplice e curioso riguarda lo sciacquone del bagno. Il dispositivo immette acqua nella vaschetta, ma tramite un galleggiante, viene "informato" quando la vaschetta è piena e provvede così ad arrestarne l'erogazione. Se il feedback non funzionasse...si allagherebbe la casa!

Il feedback, dunque, aggiunge "intelligenza" cognitiva, quella che manca in gran parte dei programmi, che sono realizzati per eseguire determinate funzioni, ma non hanno l'abilità d'imparare nulla di nuovo, nè tantomeno di correggere i propri errori. A dire il vero Wiener non si occupava di sciacquoni, ma di applicazioni ben più serie. Il suo impegno, infatti, fu orientato verso il miglioramento del puntamento delle bocche da fuoco in artiglieria contraerei, in base al ritorno di informazioni sul risultato del tiro precedente, fornito da un radar. Questo processo di calcolo richiedeva molte operazioni in tempo reale e così Wiener si rese conto che i sistemi analogici non potevano reggere la richiesta. Occorreva utilizzare qualcosa di molto più veloce e si iniziò così a sviluppare una tecnologia digitale che sfruttava le condizioni on/off, in perfetta base binaria, impie-

gando valvole elettroniche. Il meccanismo di riportare all'ingresso alcune informazioni, in modo da modificare l'azione tenendo conto dei risultati ottenuti, era un concetto completamente nuovo e venne esteso a vari campi applicativi o di studio, come i meccanismi neurofisiologici, ad esempio. Sulle trasmissioni delle informazioni, Wiener riprese alcune idee di Claude Shannon, circa il concetto di quantità dell'informazione in presenza di rumore di fondo.

Marvin Minsky



Marvin Lee Minsky, uno dei fondatori dell'intelligenza artificiale, è nato a New York nel 1927. Ha studiato matematica ad Harvard e a Princeton, dove ha conseguito il dottorato nel 1954.

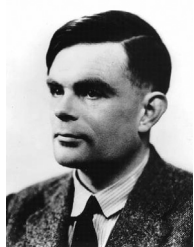
Ha iniziato a lavorare presso il *MIT* (Massachusetts Institute of Technologies) dove attualmente insegna come Toshiba Professor of Media Arts and Sciences e professore di ingegneria elettronica e informatica. Nel 1951 ha costruito lo **SNARC** (*Stochastic Neural Analog Reinforcement Computer*), il primo simulatore di reti neurali, basato sul rinforzo dei coefficienti di trasmissione di sinapsi simulate; nel 1955 ha inventato un tipo speciale di microscopio elettronico dotato di una risoluzione e di una qualità dell'immagine molto superiori a quelle di quei tempi. Nel 1959, Minsky, assieme a John McCarthy, diede il via al progetto sull'intelligenza artificiale, che è poi diventato il *MIT Artificial Intelligence Laboratory*. Membro della *American Academy of Arts and Sciences*, dell'*Institute of Electrical and Electronic Engineers*, della *Harvard Society of Fellows* e della *League for Programming Freedom*, Minsky ha ricevuto numerosi riconoscimenti, tra i quali il *Turing Award* e il *Killiam Award* (MIT).

Un'idea dominante nel pensiero di Minsky è quella di rendere un calcolatore capace di manipolare non solo dati numerici, ma anche simboli di tipo linguistico per la comprensione di forme di ragionamento basate su analogie e sul senso comune. Infatti, da diverse esperienze, Minsky era giunto alla conclusione che la logica, usata nei calcolatori, non è adatta a descrivere i processi di pensiero che gli uomini utilizzano nelle comuni situazioni quotidiane. A questo scopo egli ricorre al concetto di "frame",

un quadro di riferimento capace di fornire al programma una gamma di informazioni che trattano una classe di oggetti o di situazioni. Quando si trova di fronte a un problema da risolvere, il programma seleziona un “frame” e tenta di applicarlo alla soluzione del problema; se l’esito è negativo, prova con un altro frame, e così via.

Gli sforzi per tentare di adattare il funzionamento dei computer alle diverse situazioni della vita reale, hanno condotto Minsky all’elaborazione di concetti e ipotesi, raccolti in numerosi articoli, confluiti successivamente nell’opera “*La società della mente*”.

Alan Turing



Alan Turing è nato il 23 giugno 1912 a Londra ed è morto il 7 giugno 1954 a Manchester. È stato uno dei pionieri dello studio della logica dei computer così come la conosciamo oggi ed il primo ad interessarsi all’argomento dell’intelligenza artificiale.

Ha ispirato i termini ormai d’uso comune nel campo dell’informatica di **Macchina di Turing** e di **Test di Turing**.

Come matematico ha applicato il concetto di algoritmo ai computer digitali e la sua ricerca nelle relazioni tra macchine e natura ha creato il campo dell’intelligenza artificiale.

Interessato soltanto alla matematica e alla scienza iniziò la sua carriera come matematico al King’s College alla Cambridge University nel 1931.

Si può dire che questo inizio fu abbastanza casuale: a scuola non aveva un gran successo, data la sua tendenza ad approfondire solo le cose che lo interessavano. Solo la grandissima amicizia con Christopher Morcom, molto più promettente di lui e molto più sistematico negli studi gli permise di iniziare la sua carriera universitaria. L’amico infatti, molto promettente, morì di tubercolosi due anni dopo il loro incontro e Alan si promise di continuare la sua ricerca e di seguire la sua carriera, riuscendo così a darsi un sistema di approfondimento negli studi. Una delle sue caratteristiche fu di non usare il lavoro di scienziati precedenti, bensì di ricreare le scoperte precedenti. Trasferitosi alla Princeton University iniziò ad esplorare quella che poi verrà definita come la **Macchina di Turing**.

La macchina di Turing, a grandi linee, non è altro che l'odierno computer. Egli descrisse una macchina che sarebbe stata capace di leggere una serie su una banda composta dalle cifre uno e zero. Questi uni e questi zeri descrivevano i passaggi che erano necessari per risolvere un particolare problema o per svolgere un certo compito. La macchina di Turing avrebbe letto ogni passaggio e l'avrebbe svolto in sequenza dando la risposta giusta. Questo concetto era rivoluzionario per quei tempi, in quanto molti computer negli anni '50 erano progettati per un scopo preciso o per uno spettro limitato di scopi. Ciò che Turing intravedeva era una macchina che riusciva a fare tutto, una cosa che oggi giorno diamo per scontata.

Il metodo di istruzione del computer era molto importante nel concetto di Turing. Essenzialmente descriveva una macchina che conosceva alcuni semplici istruzioni, far compiere ad un computer un compito particolare era soltanto una questione di spezzare l'istruzione in una serie di queste semplici istruzioni, una cosa identica al processo affrontato dai programmatori odierni. Era convinto che si potesse sviluppare un algoritmo per ogni problema. La parte più difficile stava nel determinare quali fossero i livelli semplici e come spezzettare i grossi problemi.

Durante la seconda guerra mondiale Turing mise le sue capacità matematiche al servizio del Department of Communications inglese per decifrare i codici usati nelle comunicazioni tedesche, un compito particolarmente difficile in quanto i tedeschi avevano sviluppato un tipo di computer denominato Enigma che era capace di generare un codice che mutava costantemente.

Durante questo periodo al Department of Communications, Turing ed i suoi compagni lavorarono con uno strumento chiamato COLOSSUS, che decifrava in modo veloce ed efficiente i codici tedeschi creati con Enigma. Si trattava, essenzialmente, di un insieme di servomotori e metallo, ma era il primo passo verso il computer digitale.

Presso il National Physical Laboratory (NPL), continuò le sue ricerche sul computer digitale. Lavorò allo sviluppo dell'Automatic Computing Engine (ACE), uno dei primi tentativi nel creare un vero computer digitale. Fu in questo periodo che iniziò ad esplorare la relazione tra il computer e la natura. Scrisse un articolo dal titolo *Intelligent Machinery*; pubblicato poi nel 1969. Fu questa una delle prime volte che è stato presentato il concetto di intelligenza artificiale.

Turing era dell'idea che si potessero creare macchine che fossero capaci di mimare i processi del cervello umano. Discusse la possibilità di tali macchine, riconoscendo la difficoltà che la gente avrebbe nell'accettare una macchina che si ponga in concorrenza con la loro intelligenza, un problema che colpisce l'intelligenza artificiale ancor oggi. Secondo la sua idea non c'è niente che possa fare il cervello e che un computer ben progettato non possa fare. Come parte del suo ragionamento Turing descrive meccanismi già esistenti che funzionano come parti del corpo umano, come le telecamere e i microfoni.

Turing entrava spesso in dibattiti infuocati con altri scienziati per via delle sue concezioni radicali sul futuro dell'informatica: dal punto di vista dei suoi contemporanei le sue idee erano stravaganti. Una replica interessante di Turing durante questi dibattiti era di chiedere ai colleghi se potevano creare un'esame a cui un computer non poteva venir allenato a rispondere. Un computer non avrebbe avuto problemi con un esame a scelte multiple, mentre un test a forma di saggio sembrava al di là delle possibilità del computer. Questo, comunque, non fa indicare ulteriormente le previsioni accurate di Turing: ci sono programmi oggi che permettono al computer di scrivere saggi dando solo brevi tracce e qualche parola chiave.

Turing era dell'idea che una macchina intelligente si potesse creare seguendo gli schemi del cervello umano. Scrisse un articolo nel 1950 in cui descriveva quello che attualmente è conosciuto come il Test di Turing. Il test consisteva in una persona che poneva delle domande tramite una tastiera sia ad una persona che ad una macchina intelligente. Era convinto che se la persona non poteva distinguere la macchina dall'altra persona dopo un ragionevole periodo di tempo, la macchina in qualche modo era intelligente.

Questo test è diventato il 'Santo Graal' della comunità dell'intelligenza artificiale e l'articolo di Turing che descrive il test è stato usato ripetutamente in riviste ed in articoli che si riferiscono all'intelligenza meccanica.

L'edizione del 1987 dell'Oxford Companion to the Mind descrive il test di Turing come "il miglior test che abbiamo per confermare la presenza di intelligenza in una macchina." (Crockett p.1)

Turing lasciò il National Physical Laboratory prima del completamento dell'Automatic Computing Engine e si trasferì alla University

of Manchester. L'ha lavorato alla realizzazione del Manchester Automatic Digital Machine (MADAM). Credeva veramente che entro il 2000 si sarebbero create delle macchine che potessero replicare la mente umana. Ha lavorato per questo scopo creando algoritmi e programmi per il MADAM, ha collaborato nella creazione del suo manuale operativo e divenne uno dei principali fruitori dello stesso per avanzare la sua ricerca.

Uno degli aspetti principali della vita di Turing e che spesso passa inosservata è il suo lavoro nella biologia. Turing ha pubblicato un solo articolo, *“The Chemical Basis of Morphogenesis”* nel 1952. Aveva scritto altri testi, ma nessuno era terminato alla sua morte e sono stati pubblicati in forma non definitiva. Il suo interesse principale nella biologia era la struttura fisica delle cose viventi. Era interessato al come e perchè gli organismi hanno sviluppato una forma particolare.

Fu enormemente influenzato dal biologo D'Arcy Thompson che credeva che la forma biologica era semplicemente un risultato dei processi chimici e fisici. La selezione della struttura non entra in gioco fino a che le possibili forme non sono determinate. Il punto di partenza basilare nella sua posizione si può riassumere così:

“Invece di chiedere perché una certa configurazione di foglie è particolarmente vantaggiosa per una pianta, cercò di dimostrare che era una conseguenza naturale del processo con cui vengono prodotte le foglie.”

Usava un approccio genuinamente matematico al problema.

Questo permette una chiara visione della convinzione della stretta relazione che intercorre tra natura e matematica. Lo scopo ultimo di Turing era di fondere la teoria biologica già accettata con la matematica e il computer per creare la sua macchina intelligente e dagli scopi multipli. Vedevo lo sviluppo di queste foglie come niente altro che una serie di semplici passi, un algoritmo. Questo si concordava col concetto base della sua Macchina di Turing.

Morì il 7 giugno 1954 di quello che gli esami medici indicarono come “una auto-somministrazione di cianuro di potassio in un momento di squilibrio mentale”. In seguito sono comparse altre ragioni per la sua morte.

La madre dichiarò che era solito sperimentare con prodotti chimici casalinghi cercando di creare nuove sostanze ed era diventato incauto.

Altri dichiararono che era omosessuale e che si era ucciso per prevenire l'eventuale imbarazzo.

Qualsiasi fosse la ragione della sua morte, Turing fu senza dubbio uno dei più grandi anticipatori nel campo dei computer. Gli odierni scienziati informatici fanno ancora riferimento ai suoi scritti; e il concetto di algoritmo si trova al centro di ogni programma per computer per ogni tipo di computer digitale.

Alfred North Whitehead

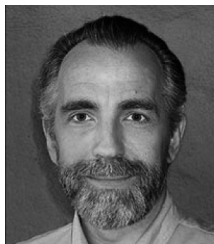


Alfred North Whitehead (1861-1947) è l'altro grande protagonista (con Russell e Moore) del rinnovamento logico-epistemologico maturato a Cambridge nei primi decenni del Novecento. Le sue opere più importanti sono *Processo e realtà* (1929), *Il concetto di natura* (1920), *La scienza e il mondo moderno* (1926) e *Avventure di idee* (1933). Pur avendo come sfondo la cultura scientifica del suo tempo, il realismo di Whitehead non è funzionale ad un'analisi critica della conoscenza e del linguaggio (come invece è in Moore), ma ha come esito la riproposizione di una metafisica ontologica che si richiama per molti versi a Platone (Whitehead fu definito l'ultimo platonico di Cambridge), per alcuni versi a Leibniz e per altri ancora a Hegel. Nella carriera filosofica di Whitehead si è soliti distinguere tre fasi, che non mancano però di apparire connesse da una vena "realistica" sostanzialmente unitaria. Il nucleo della prima fase è di carattere specificamente matematico e logico ed ha il suo momento culminante nella collaborazione con Russell alla stesura dei *Principia mathematica*. Nella seconda fase, legata all'insegnamento di Whitehead svolto a Londra, prevalgono gli interessi per le scienze naturali e la teoria di Einstein. Nella terza ed ultima fase, connessa ad un soggiorno negli Stati Uniti (presso la Harvard University) viene sviluppata la versione più matura del realismo organico di Whitehead, consegnata alla sua maggiore opera: *Processo e realtà* (1929). Il presupposto fondamentale del realismo di Whitehead è che l'oggetto della percezione (la natura) è qualcosa di diverso dal pensiero; ciò non comporta però un dualismo tra pensiero e mondo naturale. L'originalità della concezione realistica whiteheadiana risiede nel tentativo di

costruire, sulla base dei risultati della fisica più recente (in uno studio del 1922 Whitehead interpreta la teoria della relatività di Einstein), una cosmologia sistematica in cui trovino una spiegazione unitaria i processi del mondo organico e le forme della vita umana e della società nella varietà e nella continua integrazione dei loro molteplici aspetti: “ *l’ufficio della filosofia è quello di sfidare le mezze verità costituenti i principi primi delle scienze. La sistemazione della conoscenza non può essere in compartimenti-stagno. Le verità generali si condizionano l’un l’altra, e i limiti della loro applicazione non possono essere adeguatamente definiti senza la loro correlazione in una generalità più vasta* “. Il volume *Il concetto di natura*, pubblicato nel 1922, è il primo importante tentativo di chiarire i caratteri dinamici e relazionali del mondo naturale e di offrire un’alternativa non solo alle concezioni meccanicistiche della fisica sette-ottocentesca, ma anche ai modelli statici del materialismo e del “sostanzialismo” contemporanei. Tra gli aspetti più stimolanti dell’opera di Whitehead va annoverata la critica delle false astrattezze in cui sono incorse le metafisiche tradizionali coi loro dualismi irriducibili. Quella che il filosofo inglese definisce la “ *duplicazione della natura in due sistemi di realtà* “, vale a dire la natura quale è ipotizzata dalla fisica e la natura quale è data nell’esperienza sensibile, è responsabile di uno dei più tenaci errori che ha impedito di cogliere il carattere organico della natura. La stessa idea di sostanza, dice Whitehead, è indisciungibilmente legata al pregiudizio della “localizzazione semplice” che disconosce la natura “processuale” dell’esperienza e i caratteri di creatività e di novità inerenti al mondo della natura e dell’uomo. Alla sostanza Whitehead contrappone l’evento come “ *elemento concreto primario* “ della natura, che costituisce un nodo di relazioni non isolato nè isolabile dall’universo in cui è compreso: la realtà in generale è costituita da eventi forniti di *prensioni* (o percezioni) di tutti gli altri eventi del mondo, proprio come le monadi leibniziane erano un “punto di vista sull’universo”. Gli eventi hanno carattere soggettivo oppure oggettivo a seconda che, appunto, siano soggetto o oggetto di percezione, cioè percepiscano gli altri inglobandoli nella propria coscienza, o viceversa siano percepiti e inglobati dalla coscienza degli altri. E gli eventi non sono statici, ma dotati di una vivace dinamicità: ogni evento, infatti, è connesso con il tutto in un “processo” unitario in cui consiste la realtà nel suo insieme. Le singole individualità “concretano” insieme al tutto di cui fanno

parte e che idealmente le precede; ed è per questo che Whitehead, con la sua filosofia organica, fa riferimento ad Hegel, anche se il suo monismo tende a sposarsi con il pluralismo leibniziano. Nella sua *summa filosofica* del 1929, in cui “processo” e “realtà” non indicano termini antitetici ma intendono configurare aspetti dell’universo reciprocamente integrantisi, Whitehead giunge a formulare appunto una filosofia dell’organismo che, nonostante la vastità e le innegabili suggestioni del disegno speculativo, non appare priva di oscurità e di contraddizioni rispetto alle istanze da cui aveva preso le mosse. La nozione stessa di “processo” implica, ad esempio, che le sue realizzazioni (gli “enti attuali “, come li designa Whitehead) siano indicati come “oggetti eterni “, fondamenti immutabili che vengono postulati per spiegare il processo stesso. Egualmente, il concetto di Dio, introdotto da Whitehead non nel tradizionale senso trascendentale ma come sistema degli oggetti eterni, sembra assolvere all’interno del “processo” universale lo stesso ruolo che nelle metafisiche sostanzialistiche era stato designato come il fine ultimo e il principio unificatore del divenire. In altri termini, il processo della realtà (oltrechè dagli eventi) è costituito da una pluralità di forme ideali (o oggetti eterni) che si realizzano e si manifestano gradualmente in essi; questi oggetti eterni (che fanno trasparire il platonismo di Whitehead) restano astratti fino a che non abbiano occasione di concretizzarsi e attuarsi in un evento, che per questo motivo è anche detto del occasione attuale “. Poiché nelle loro più elevate espressioni gli oggetti eterni costituiscono il mondo dei valori supremi, la loro progressiva realizzazione nel tempo permette a Whitehead di dare un’interpretazione teologica del processo reale, il quale è considerabile sotto due aspetti. Da un lato, esso presuppone una natura primordiale, che contiene in sé la totalità degli oggetti eterni come presupposto della possibilità del processo stesso; dall’altro, esso si traduce, con le sue graduali realizzazioni concrete delle idee eterne, in natura conseguente . Le due nature (primordiale + conseguente) esprimono congiuntamente l’essenza di Dio. Come rivela lo stesso uso terminologico relativo alle due nature (che ricalcano la tradizionale distinzione tra “natura naturante” e “natura naturata”) la concezione teologica di Whitehead è immanentistica e panteistica: Dio coincide con la natura, ancorchè considerata non solamente nei suoi aspetti oggettivi e descrittivi, ma anche in quelli formali e normativi.

K. Eric Drexler



K. Eric Drexler, ricercatore nel campo delle tecnologie emergenti e sulle conseguenze di tali tecnologie ha aperto il campo agli studi sulla nanotecnologia molecolare.

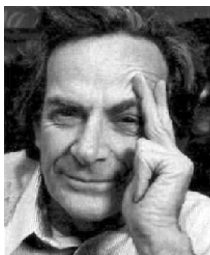
Ha fondato il “Nanotechnology Study Group” con lo scopo di fronteggiare le possibilità e i pericoli presentati da questa nuova materia. È il presidente del Foresight Institute, una organizzazione educativa nata per prepararsi alle tecnologie avanzate. Nei primi anni ‘80 Drexler cominciò a sviluppare il modello di Von Neumann calandolo a livello atomico e molecolare.

La sua macchina è un assemblatore costituito da un computer molecolare e da un costruttore molecolare. Quest’ultimo, dotato di uno o più braccia robotiche o di appositi dispositivi, è caratterizzato da due proprietà peculiari: la capacità di controllo posizionale, per un assemblaggio di precisione di atomi e molecole, è quella di avviare reazioni chimico-fisiche in corrispondenza dell’estremità dell’arto robotico, per permettere la sintesi delle strutture di interesse. Per quanto riguarda il computer molecolare di cui si parla sempre più spesso (è un sistema formato da 10.000 elementi logici - sufficienti a costituire un processore) avrebbe un ingombro contenuto nei 100 nanometri di lato. Pertanto un microcomputer potrebbe essere contenuto in un volume inferiore agli 0.001 nm^3 .

L’assemblatore di “Drexler”, compresi gli eventuali dispositivi di alimentazione e connessione, avrebbe dimensioni così ridotte, inferiori a 100 nm^3 , da permettere l’interazione a livello cellulare dove il volume medio è nell’ordine dei migliaia di nm^3 . Simili dimensioni rendono possibile l’immissione in circolo di nanomacchine dotate di sensori ed effettori (“utensili”), con la possibilità di penetrare nelle cellule dei sangue e dei tessuti guidati dall’esterno o capaci di operare con un grado di indipendenza variabile in base alla programmazione dei computer di bordo. Drexler prevede la fine del problema posto dal riciclaggio dei rifiuti industriali e domestici: un esercito di nanorobot disgregherà atomo per atomo la nostra immondizia e la trasformerà in nuove materie prime. I beni di primaria sussistenza avranno dei costi di produzione

così economici da essere gratuiti. Si preannuncia, inoltre, l'aumento esponenziale della potenza dei processori; facilmente la nanotecnologia permetterà di sviluppare le prime forme d'intelligenza artificiale (IA) degne di essere definite tali.

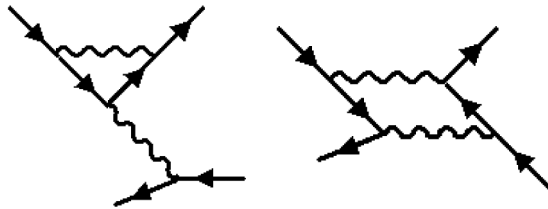
Richard Feynman



Feynman, Richard Phillips (New York 1918-1988) è stato uno dei più grandi scienziati del '900. Studiò presso il Massachusetts Institute of Technology (MIT) e l'università di Princeton. A Princeton inizia a familiarizzarsi con i metodi variazionali, ovvero, la ricerca di equazioni dinamiche minimizzando un'opportuna funzione. In pratica, si cerca la minore "traiettoria" in opportuni spazi. Sorprendentemente, il principio variazionale, anima della formulazione di Feynman della meccanica quantistica, non piace subito al giovane Richard. Il metodo, che applica una sorta di principio di Fermat alla meccanica e utilizza coordinate astratte (o "lagrangiane"), non lo entusiasma. Feynman preferisce avere sempre in mente le forze: vuole visualizzarne le componenti, proiettare tutto sugli assi cartesiani e ragionare "newtonianamente". Non si accontenta della potenza del formalismo di Lagrange o di Hamilton che, al prezzo di coordinate e momenti generalizzati, consente di ricavare le equazioni del moto da un principio variazionale e di visualizzare meglio le simmetrie. Una tecnica oggi universale in fisica e che Lagrange aveva portato al massimo dell'eleganza e dell'astrazione nella sua "Mecanique Analytique" del 1788, in cui si vantava di aver "domato" l'intera meccanica newtoniana solo con le equazioni, senza neanche una figura.

Nel 1942, fu coinvolto nel Progetto Manhattan, a causa del quale, dal 1943 sino alla fine del 1946, visse a Los Alamos (New Mexico, USA) e fu quindi protagonista in "secondo piano" di una delle imprese più discusse della scienza moderna: lo sviluppo e la costruzione della bomba atomica. In seguito rivolse la sua attenzione ai problemi più teorici della fisica moderna, come dimostra il premio Nobel conseguito insieme a Schwinger e Tomonaga per il "fondamentale contributo nel campo dell'elettrodinamica quantistica, che ha avuto profonde conseguenze per

la fisica delle particelle elementari". Feynman è noto per le ricerche riguardanti la trasformazione di un fotone in un elettrone e un positrone e per la scoperta di un metodo di misurazione delle variazioni risultanti di carica e massa. Sua è anche l'interpretazione delle antiparticelle come oggetti che vanno ... *"indietro nel tempo"*. La facilità con cui Feynman apportava modifiche sostanziali e anticonvenzionali all'ordinario modo di vedere le cose ricorda il genio innovatore di Einstein, ovvero, riassunto in modo assai succinto: accettare anche ciò che sembra assurdo. Sua è anche la riformulazione della meccanica quantistica in termini di integrale su tutte le "storie" o "cammini" percorsi dalla particella; egli contribuì quindi agli sviluppi dell'Elettrodinamica Quantistica (QED), nella quale lunghi e complicati integrali possono essere schematizzati dai celebri *"diagrammi di Feynman"*.



Nel 1986, dopo il terribile incidente della navetta spaziale Challenger che costò la vita a sei astronauti e all'insegnante Christa McAuliffe, Feynman fu chiamato a far parte della commissione d'inchiesta che aveva il compito di individuare le responsabilità e le mancanze della NASA. Questo geniale scienziato, anticonformista e innamorato della propria immagine, balzò d'un tratto all'attenzione del grande pubblico, con la sua capacità di mettere alla berlina gli esperti della NASA, grazie a domande semplici e dimostrazioni evidenti svolte in diretta televisiva, con la massima semplicità.

Il Caltech (California Institute of Technology), fu l'ultimo istituto scientifico in cui Feynman lavorò, e dove quindi si concluse la sua straordinaria carriera, ritenuta oggi quasi *"leggendaria"*.

Bibliografia:

- Jenny Randles, *Ritorno dal futuro*, ed.Armenia, Milano, 2002.
- David Deutsch, *La trama della realtà*, ed.Einaudi, Torino, 1997.
- Ilya Prigogine, *Tra il Tempo e l'Eternità*, ed.Bollati & Boringhieri, Torino, 1990.
- John Barrow e Frank J.Tipler, *Il principio Antropico*, ed.Adelphi, Milano, 2002.

Sitografia:

- <http://it.wikipedia.org>
- <http://pesanervi.diodati.org/pn/>
- <http://pesanervi.diodati.org/pn/?a=330>
- <http://pesanervi.diodati.org/pn/?a=326>
- <http://www.news.harvard.edu/gazette/2007/02.08/99-hau.html>
- <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/6343311.stm>
- <http://www.nature.com/nature/journal/v434/n7032/full/434430a.html>
- <http://www.deas.harvard.edu/haulab/>
- <http://www.davidorban.com/blogit/>
- <http://punto-informatico.it/p.aspx?id=1892143&r=PI>
- http://www.tdf.it/2006/cq_ita.htm
- <http://sistemicomplexi.humnet.unipi.it/lezioni2.htm>
- <http://www.kevinwarwick.com/>
- <http://www.minerva.unito.it/SIS/VonNeumann/VonNeumann01.htm#Indice%20generale>
- http://www.cartesionline.it/materiali/matematica_biografie_wiles.cfm
- <http://www.oikos.org/batit.htm>
- <http://www.ildiogene.it/EncyPages/Ency=Shannon.html>
- http://www.windoweb.it/edpstory_new/ep_wiener.htm
- <http://www.ildiogene.it/EncyPages/Ency=Minsky.html>
- <http://www.intercom.publinet.it/1999/turing.html>
- <http://www.filosofico.net/whitehead.htm>
- <http://www.intercom.publinet.it/2000/nanotecnologia.htm>
- <http://www.tmcrew.org/eco/nanotecnologia/scientist.htm>

http://www.venetonanotech.it/pballegati/Le%20nanotecnologie_Sapere.it.pdf
<http://www.ilsalvagente.it/modules.php?name=News&file=article&sid=87>
http://www.venetonanotech.it/files/index.cfm?id_rst=31&id_elm=1163
http://www.torinoscienza.it/personaggi/apri?obj_id=364
<http://lapt.ece.northwestern.edu/publicity/slowed-and-halted%20light/slow-light-happyweb-in-Italian.pdf>
<http://punto-informatico.it/p.aspx?id=1769>
<http://progettocosmo.altervista.org/index.php?option=content&task=view&id=94>
<http://www.mediamente.rai.it/articoli/20020206b.asp>
http://www.ecologiasociale.org/pg/bio_biomach_nano2.html
<http://nanotecnologia-news.blogspot.com/>

