



LA LINGUA DELLA FISICA QUANTISTICA

"Noi dobbiamo essere chiari sul fatto che il linguaggio, quando si tratta di atomi, può essere usato solo come accade in poesia. Il poeta non si preoccupa tanto di descrivere fatti, quanto piuttosto di creare immagini e stabilire associazioni mentali." (Niels Bohr)

IN BREVE

Quello che state per leggere ha un obiettivo diretto: sfidare le parole a farci immaginare, senza linguaggio matematico, la Natura secondo la Meccanica Quantistica. Poi c'è anche un obiettivo meno diretto, ma altrettanto esplicito: allenare la mente a muoversi sui limiti del concepibile.

Leggerescrivere.it

Collana "I Mattoni"

LEGGERESCRIVERE.IT

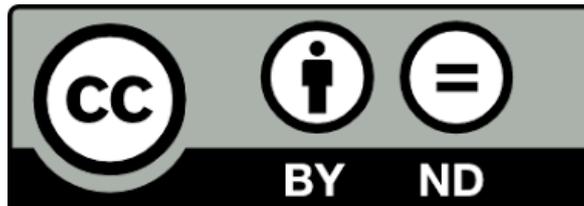
presenta

“I Mattoni”

Introduzione online su www.leggerescrivere.it

Quest'opera è distribuita con Licenza

Creative Commons Attribuzione - Non opere derivate 4.0 Internazionale



Sei libero di:

Condividere — riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare questo materiale con qualsiasi mezzo e formato per qualsiasi fine, anche commerciale.

Il licenziante non può revocare questi diritti fintanto che tu rispetti i termini della licenza.

Alle seguenti condizioni:

Attribuzione — Devi riconoscere una menzione di paternità adeguata, fornire un link alla licenza e indicare se sono state effettuate delle modifiche. Puoi fare ciò in qualsiasi maniera ragionevole possibile, ma non con modalità tali da suggerire che il licenziante avalli te o il tuo utilizzo del materiale.

Non opere derivate — Se remixi, trasformi il materiale o ti basi su di esso, non puoi distribuire il materiale così modificato.

Divieto di restrizioni aggiuntive — Non puoi applicare termini legali o misure tecnologiche che impongano ad altri soggetti dei vincoli giuridici su quanto la licenza consente loro di fare..

Luca Salvicchi

LA LINGUA DELLA FISICA QUANTISTICA

Sommario

LA LINGUA DELLA FISICA QUANTISTICA	2
PREMESSA	4
RIASSUNTO DEI PARAGRAFI	6
0. IL LETTORE IDEALE.....	8
Abstract: solo una messinscena per tirarcela da intellettuali, visto che di matematica non capiamo un'acca.....	8
1. LA SUGGESTIONE	10
Abstract: la Fisica Quantistica esercita <i>suggestione</i> non solo su gente come noi, popolino curioso e profano, ma sugli stessi studiosi che l'hanno scoperta ed esplorata.....	10
2. SABBIE MOBILI.....	11
Abstract: cerchiamo di sbarazzarci della suggestione: ma ci rimane appiccicata alle dita e alla fine farà un casino.....	11
3. PAROLE.....	14
Abstract: Spostiamo l'attenzione sulle <i>parole</i> della quantistica, per chiederci quale sia il linguaggio più idoneo a <i>narrare</i> la "nuova realtà".....	14
4. UN SECOLO FA.....	17
Abstract: Mettiamo in fila un po' di date e di concetti.....	17
5. ATOMI E QUANT'ALTRO	20
Abstract: qui intervistiamo Feynman e guardiamo in faccia l'atomo.....	20
6. DI COSA PARLIAMO QUANDO PARLIAMO DI $\Delta \varphi = 0$?	26
Abstract: Il vecchio Galileo ci ricorda che l'unico linguaggio valido per (di) <i>mostrare</i> il mondo è quello matematico: allora prendiamo sul serio Bohr e scriviamo la poesia del futuro. <i>Un po' per celia e un po' per non morir.</i>	26
7. LA MAPPA NON E' IL TERRITORIO	30
Abstract: il linguaggio è una mappa rispetto al territorio che descrive.....	30
8. TIRIAMO LE SOMME	33
Abstract: facciamo finta di avviarci a una conclusione.....	33
9. "...MENTRE PENSAVA A SE STESSO PENSANTE"	37
Abstract: le scoperte della Meccanica Quantistica impattano sul concetto di coscienza?	37
10. APPRENDERE E COMPRENDERE	43
Abstract: qui finalmente scegliamo come pensarla.....	43
BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE.....	48

PREMESSA

"Il futuro non è più quello di una volta"

Paul Valéry

Siete capaci di immaginare il mondo reale?

Quello che state per leggere ha il seguente - e apparente - obiettivo: **sfidare le parole** a raccontare - **a farci immaginare - la Natura secondo la Meccanica Quantistica**, ma **senza linguaggio matematico**. E dato che questo non è un thriller, diciamo subito che la sfida sarà persa. Ma la fatica, forse, non sarà stata inutile.

La **Quantistica** è quella parte della Fisica che da oltre cent'anni pare descriva piuttosto bene il mondo nel quale viviamo. Così ci garantiscono gli studiosi. Va detto, per onestà, che **non si tratta dell'ultimo modello in fatto di Fisica**¹: dopo i Quanti, c'è stato il Modello Standard per le particelle elementari, poi abbiamo dedotto la materia oscura, scoperto la radiazione cosmica di fondo, infine tirato fuori la Teoria delle Stringhe e ora - vi scriviamo dal 2018 - siamo alle prese con altre novità come la cosiddetta "Teoria M". E in tutto questo restano ancora da saldare certi vecchi conti con la gravitazione.

Ma - ci siamo chiesti - almeno la vecchia quantistica potremo spiegarla, a immaginarla, attraverso le parole? Abbiamo già detto che la nostra risposta è no. Ma se volessimo lasciare uno spiraglio, un "no virgola" - ed è quello che intendiamo fare -, allora la proposta diventa: "no, a meno forse di **'cambiare la nostra struttura concettuale'**".

Di cosa stiamo parlando? Del **reale obiettivo dell'articolo**, ambizioso fino a rasentare la ὑβρις (*hýbris*, o tracotanza) della tragedia greca. Stiamo parlando di allenare l'intelligenza e la capacità di meditazione come se fossero muscoli. Chi fa attività fisica sa che una seduta di allenamento, o *workout*, è composta da una sequenza di esercizi, che spesso prevedono l'uso di attrezzi o strumenti. Un esempio di esercizio sono le trazioni alla sbarra.

¹ Per dire quanto sia "vecchia" certa fisica, è indicativo il commento di un utente sul forum di "[Scienze Matematiche](#)". Stavamo ponendo alcune domande, alla ricerca di info utili per il pezzo. A un certo punto abbiamo citato Einstein e, in calce alla risposta, un utente ci dice: "Fammi anche dire che, ormai, citare Einstein è abbastanza anacronistico. Il suo massimo lavoro scientifico è di 100 anni fa. E' come se io cercassi di farmi un'idea su dove stia andando la letteratura contemporanea, citando una frase di Pirandello."

In modo analogo, questo articolo è un esercizio: il tema – la Quantistica – è lo strumento e gioca il ruolo della sbarra, mentre il fatto di ragionarci sopra - da non matematici - corrisponde a fare le trazioni. Per questo abbiamo detto che la fatica, forse, non sarà inutile: anche se perderemo questa sfida, avremo muscoli mentali un po' più forti, capaci di affrontare sfide sempre più complesse. E magari un giorno ci rivedremo qui, per vincere anche questa.

Ora giriamo la manopola del nostro microscopio mentale e ingrandiamo appena i concetti.

RIASSUNTO DEI PARAGRAFI

"Studiare è come andare in bagno:
alla fine il pezzo di carta serve sempre"
Checco Zalone

Nel paragrafo zero abbiamo voluto definire il nostro Lettore Ideale, e con ciò avvertire il Lettore Empirico: in realtà è stata una messinscena per citare Umberto Eco e tirarcela da intellettuali, visto che di matematica non capiamo un'acca.

Nel primo paragrafo abbiamo preso di petto la *suggestione* che la Fisica Quantistica esercita non solo su gente come noi, popolino curioso e profano, ma sugli stessi studiosi che l'hanno scoperta ed esplorata. E' emerso presto, però, come la suggestione sia un terreno infido e dal secondo paragrafo abbiamo cercato di sbarazzarcene. Ma ci è rimasta appiccicata alle dita per tutto il pezzo, e vedrete che alla fine farà un casino.

Dal terzo paragrafo abbiamo spostato l'attenzione sulle *parole* della quantistica, con lo scopo di indagare quale fosse il linguaggio idoneo a *narrare* questa nuova realtà. Sono state introdotte alcune citazioni a nostro avviso significative (ma anche suggestive, e pure un tantino fastidiose), pronunciate da Heisenberg e Bohr, scienziati protagonisti del processo di nascita e sviluppo della Fisica Quantistica. Eccone un estratto:

“Le unità più piccole della materia non sono oggetti fisici nel senso ordinario del termine”

“Il linguaggio, quando si tratta di atomi, può essere usato solo come accade in poesia”

Giunto al quarto paragrafo, abbiamo pensato che stavo abusando della pazienza dei nostri lettori ideali ed empirici (se per caso ce n'erano, dell'un tipo e dell'altro). Dovevamo fare ordine e così abbiamo messo in fila un po' di date e di concetti.

Nel quinto paragrafo abbiamo ripreso il tema delle parole: Feynman, che i *quanti* li conosce bene, ci ha spiegato il rassicurante modello atomico “vecchia maniera” e noi abbiamo confrontato quel modello con le frasi di

Heisenberg e Bohr. Questo confronto ha evidenziato l'inefficienza del linguaggio – parole e frasi - a rappresentare una descrizione del mondo così lontana dal senso comune, così controintuitiva, così *incredibile*. E con l'aiuto del vecchio Galileo Galilei, abbiamo preso atto che l'unico linguaggio capace oggi di mostrare e dimostrare il mondo è il linguaggio matematico.

Nel paragrafo sei – “DI COSA PARLIAMO QUANDO PARLIAMO DI $\Delta \varphi$ ” - abbiamo preso sul serio la citazione di Bohr e provato a immaginare la poesia del futuro. *Un po' per celia e un po' per non morir*.

Nel paragrafo sette, ci siamo chiesti cosa fosse poi questo linguaggio matematico.

Nel paragrafo otto ci siamo detti che il linguaggio – quale che fosse – è soltanto una mappa rispetto al territorio che descrive. E che dunque quel territorio – la realtà delle particelle subatomiche descritte dalla meccanica quantistica - viene sì espresso dal linguaggio matematico in modo efficace e funzionale, ma resta inaccessibile nella sua struttura profonda. Un passaggio di questo genere porta discutibili conseguenze, per lo più nefaste. Ne cito due: rispolverare la millenaria diatriba sulla *sostanza* (substantia) ed esaminare l'orientamento *riduzionista* della scienza.

Nel paragrafo nove – “...MENTRE PENSAVA A SE STESSO PENSANTE” abbiamo accennato agli sviluppi delle neuroscienze correlate alle scoperte della Fisica (ma anche della Chimica e della Biologia molecolare). Sviluppi che impattano sul concetto di coscienza e in pratica su quel che sappiamo del modo in cui noi stessi funzioniamo.

Ma a quel punto forse eravamo stanchi del viaggio, o troppo eccitati. Fatto sta che all'improvviso, tra il paragrafo nove e il paragrafo dieci, è saltato ogni freno inibitorio e ci siamo abbandonati a stomachevoli orge di fascino e suggestione.

Nel paragrafo dieci, una volta confessato come abbiamo scelto di pensarla, ci siamo rimessi alla clemenza della corte dei lettori. Col capo chino e il cuore contrito.

0. IL LETTORE IDEALE

Abstract: solo una messinscena per tirarcela da intellettuali, visto che di matematica non capiamo un'acca.

Il nostro lettore ideale non capisce molto di matematica e per questo non apprezza l'identità di Eulero.

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

Figura 1: *in matematica, l'identità di Eulero (1748) è il caso particolare della formula di Eulero in cui la variabile è uguale a pi greco. Questa uguaglianza è stata chiamata da Feynman "la formula più straordinaria in matematica" e "il gioiello di Eulero")*

Scherzi a parte, il “lettore ideale” è un concetto che abbiamo scoperto grazie a Umberto Eco². In sostanza, Eco dice che ogni testo è una “macchina pigra” che ha bisogno dell’azione volontaria e attiva di un lettore: questo Lettore può essere Empirico (io o voi o qualunque persona reale che legge un testo) o Ideale. Il lettore Ideale, a differenze di quello Empirico, è un’astrazione creata dall’Autore. E’ al lettore ideale che l’Autore si rivolge mentre scrive, supponendolo dotato di certe caratteristiche e aspirazioni. Ed è in base al Lettore Ideale, che l’Autore sviluppa il testo con un certo stile, con certi contenuti, e via dicendo.

Già nel 1935 Albert Einstein si preoccupava del suo Lettore Ideale, scrivendo assieme a Leopold Infeld il libro divulgativo “L’evoluzione della fisica” (Bollati Boringhieri, Torino, 1965):

“Durante la redazione del libro ci siamo molto preoccupati delle caratteristiche del nostro presunto lettore e ne abbiamo discusso a lungo. Lo abbiamo supposto dotato di molte qualità atte a compensare una totale mancanza di cognizioni concrete in fatto di fisica e matematica. Lo abbiamo immaginato pieno d’interesse per le idee fondamentali della fisica e della filosofia. [...] il nostro intento sarà raggiunto, se queste pagine indurranno il lettore a meditare sull’eterna lotta

² in particolare in “Lector in Fabula” (Milano, Bompiani, 1979) e nelle successive “Sei Passeggiate nei Boschi narrativi” (Milano, Bompiani, 1994)

impegnata dall'inventivo intelletto umano, per giungere a una miglior comprensione delle leggi che governano i fenomeni fisici.”

Terminato di leggere il libro, ci siamo resi conto che – almeno con noi – Einstein e Infeld avevano raggiunto l'intento. E questo, a rigor di logica, ci autorizzava a immedesimarci nel loro Lettore Ideale: un'esperienza intellettuale che ci ha gratificato profondamente per diversi minuti.

A questo punto, da grandi sbruffoni, vogliamo anche noi un Lettore Ideale. Come farebbe un dio, lo modelleremo a nostra immagine e somiglianza. Ed ecco che presa “un poco di argilla rossa, fece la carne, fece le ossa, ci sputò sopra, ci fu un gran tuono”³ ed è in questo modo che nasce il nostro Lettore Ideale: avido di libri e curioso di ogni storia, capace non solo di interessarsi ai processi di scoperta e indagine sul mondo, ma di emozionarsi di fronte all'avventura della scienza e della conoscenza, come di fronte all'ascesa di una montagna che si perde oltre le nuvole. E infine coraggioso, anzi incosciente, perché affronta questa avventura senza l'attrezzatura necessaria: e pur temendo che la propria arrogante ignoranza scientifica possa farlo precipitare, fa del suo meglio per restare aggrappato al suo tempo, capirci qualcosa e **sviluppare un'opinione sul mondo** di cui è fatto e di cui fa parte.

Il nostro lettore ideale ha già spulciato qualche testo divulgativo di Meccanica Quantistica e ne conosce per sommi capi i concetti principali.⁴ Non si aspetta qui di trovare un Bignami sull'argomento o una “Quantistica for Dummies”. Si aspetta qualcos'altro, anche se non sa bene cosa e in questo istante si chiede se valga la pena proseguire nella lettura.

Per concludere, il nostro lettore ideale “ritiene che la scienza, tutto sommato, sia un gioco assai elegante al quale prendere parte. Lo aiuta a mettere ordine dentro e fuori, a rimanere costantemente meravigliato dalle cose del mondo, ma soprattutto a sapersi scemo e così a prendere meno sul serio la vita, che non fa mai male.”⁵

³ Francesco Guccini, “La Genesi”, in *Opera Buffa*, 1973

⁴ Sono comunque stati inseriti, in nota, riferimenti web (di solito wikipedia) o bibliografici ai concetti di volta in volta trattati

⁵ <http://www.fisicisenzapalestra.com/spalestrati/>

1. LA SUGGESTIONE

Abstract: la Fisica Quantistica esercita *suggestione* non solo su gente come noi, popolino curioso e profano, ma sugli stessi studiosi che l'hanno scoperta ed esplorata.

Scopo di questo pezzo, si era pensato in un primo momento, era quello di affrontare la **suggestione** che – dalla sua nascita – la fisica quantistica esercita non solo su gente come noi, popolino ignorante di fisica, ma anche sugli stessi studiosi che l'hanno scoperta ed *esplorata*.

Ma che cos'è la **suggestione**? Leggiamo dal Garzanti: "influire su qualcuno e condizionarne il comportamento". L'Accademia della Crusca ci va già più pensate: "processo psichico per cui un individuo accetta un'opinione di altri senza una valutazione critica"; e in Treccani: "Fenomeno della coscienza per cui un'idea, una convinzione, un desiderio, un comportamento sono imposti dall'esterno, da altre persone (la forma estrema è la s. ipnotica)"

L'etimo latino però, è *suggerere*, suggerire. Perché un suggerimento dovrebbe generare imposizione e influenza? Suggestere (sub - gerere), letteralmente, sta per "portare sotto", "condurre sotto". Forse, un *suggerimento* può *suggestionare* perché si rivela *suggestivo*. Il Treccani definisce "suggestivo" qualcosa "che induce uno stato di abbandono sentimentale e di patetica commozione". L'etimo è il medesimo. Si tratta di una conduzione o gestione (*gerere*) che ha a che fare con qualcosa che sta al di sotto di qualcos'altro (*sub*). La suggestione ipnotica per esempio lavora al di sotto della soglia della coscienza, bypassa quindi la razionalità per rivolgersi ad altri aspetti della personalità.

Ecco che già soltanto indagare il termine suggestione ci confonde, al punto che qualcuno potrebbe rimanerne affascinato. E chi oserebbe negare che la Meccanica Quantistica sia davvero affascinante? Ma chiunque lo affermi dovrà fare molta attenzione, perché "affascinante" deriva da *fascinum* e ha due significati principali: 1) incantesimo, malia, stregoneria, maleficio, malocchio, e 2) membro virile"⁶. Lo strappo dell'apparente inconciliabilità tra le due definizioni ce lo ricuce Wikipedia, spiegando che col termine *fascinum* si indicavano degli amuleti fallici a scopo apotropaico (ossia lo scopo di allontanare stregonerie e incantesimi)

⁶ www.dizionario-latino.com.

In soli tre capoversi la Fisica Quantistica rivela un aspetto stregonesco e ipnotizzante, e arriva a suggerire indecenti analogie anatomiche. Insistere con le suggestioni vuol dire mettere i piedi in un terreno infido, paludoso, interpretativo: vuol dire rischiare fin da subito di andare contro l'interpretazione di Copenaghen⁷, e quindi contro l'ortodossia in materia di Quantistica. Non ce lo potremmo mai permettere, e basta un briciolo di buon senso per riconoscerlo.

2. SABBIE MOBILI

Abstract: cerchiamo di sbarazzarci della suggestione: ma ci rimane appiccicata alle dita e alla fine farà un casino.

“Mi sembrava che non ci fosse più niente di nuovo da scoprire. Eravamo i primi esseri umani condannati a non vedere nulla per la prima volta. Contemplavamo le meraviglie del mondo con sguardo vacuo, per nulla impressionati. La Gioconda, le Piramidi, l'Empire State Building. Gli agguati delle belve della giungla, antichi iceberg che si disgregavano, vulcani che eruttavano. Non riesco a ricordare un solo spettacolo stupefacente visto coi miei occhi che non mi abbia fatto pensare a un film o a un programma televisivo. [...] Io ho già visto tutto, e la cosa peggiore [...] è che l'esperienza mediata, quella di seconda mano, è sempre la migliore. L'immagine è più nitida, la scena più incisiva, l'inquadratura e la colonna sonora manipolano le mie emozioni come la realtà non è più in grado di fare.”

(Gillian Flynn, *Gone Girl*, Rizzoli, 2014, pag. 89)

Restiamo perplessi pensando alla modesta diffusione di idee note ormai da oltre un secolo. E dire che sono ricerche e studi tutt'altro che astratti e teorici, se è vero che gli dobbiamo i laser, il microscopio elettronico, i transistor, la risonanza magnetica nucleare, e persino l'effetto fotoelettrico

⁷ Cfr: <http://www.robertobigoni.it/Fisica/EPR/quattro.htm>

che apre e chiude gli ascensori. Forse davvero dovremmo **insegnarla nelle scuole superiori**, se è vero che “il ruolo paradigmatico che la MQ riveste nella attuale descrizione del mondo microscopico enfatizza l'importanza, nella formazione culturale del cittadino medio e non solo del fisico, del modo in cui essa costruisce conoscenza sul mondo, interpreta i fenomeni, indirizza alla costruzione di modelli”⁸

Restiamo perplessi anche perché questa modesta diffusione non è giustificata dalla complessità dell'argomento, visto che ci sono un vagone di fonti divulgative di ottima qualità. Però fioccano le interpretazioni. E in gran parte, si tratta di “spiegazioni” che scavallano l'ambito oggi accettato come scienza (descrizione della natura e sua riduzione ai termini elementari) e si inoltrano in quello della filosofia e della spiritualità. Intendiamoci: ogni valutazione è legittima, ma è elevato il rischio di superficialità, di forzature, che conducono a passi falsi, fraintendimenti se non vere e proprio bufale.

Facciamo un esempio con la cosiddetta “equazione dell'amore”. In Rete circola questo squisito e surreale scambio di battute:

Lei disse: “Dimmi qualcosa di bello”

Lui rispose: “ $(\partial + m) \psi = 0$ ”

$(\partial + m) \psi = 0$ è un'equazione scritta da Paul Dirac, Premio Nobel per la fisica nel 1933 e tra i fondatori della Meccanica Quantistica. E' molto bella ed elegante, a sentire quelli che riescono a capirla.

Per inciso, mi piace questa cosa che i fisici guardano un'equazione e la trovano elegante, bella, forse anche un po' arrapante. Ad esempio Rovelli, nel suo “Sette lezioni di fisica” non riesce a trattenersi dal mostrare l'equazione del campo gravitazionale di Einstein:

$$R_{ab} - \frac{1}{2} R g_{ab} = T_{ab}$$

“Un equazione semplice, che non resisto a ricopiare qui, anche se il mio lettore non potrà certo decifrarla, ma vorrei che almeno ne vedesse la grande semplicità”⁹

⁸ Fonte. Sul tema dell'introduzione della MQ nell'insegnamento secondario, vedi anche [qui](#)

⁹ “Certo”, prosegue Rovelli, “ci vuole un percorso di apprendistato per digerire la matematica di Riemann e impadronirsi della tecnica per leggere quest'equazione. Ci vuole un po' di impegno e fatica. Ma meno di quelli necessari per arrivare a sentire la rarefatta bellezza di uno degli ultimi

Torniamo però a $(\partial + m)\psi = 0$.

Spesso, troverete in giro per la Rete che questa equazione viene associata a uno dei fenomeni più sconcertanti della Quantistica, l'[entanglement](#). Questa associazione, dice chi se ne intende, non ha alcuna base scientifica. Ma sia pure a sproposito, qualcuno l'ha fatta e siccome l'entanglement può **suggerire analogie** anche con le relazioni umane, il passo è stato breve per ottenere l'equazione che "dimostra" l'amore: la cosa diventa *virale* e per ciò stesso quasi vera. Lascio spiegare la bufala a [questo articolo](#), ma anche [questo raccontino](#) è molto divertente.

Il meccanismo delle bufale sul web meriterebbe un pezzo a parte. Per quanto riguarda il seguito della nostra storia, è utile riflettere su come in "internet si combinano tre fenomeni. [In primo luogo], non esiste più l'intermediazione, un filtro posto a monte dell'informazione. Chiunque può dire la sua, può scrivere ciò che pensa. In secondo luogo, ognuno sceglie di leggere ciò che più si avvicina alla sua visione del mondo. Per esempio, chi è ansioso e nota un post che annuncia un legame tra vaccini e autismo, tenderà a crederci perché conferma la sua narrazione della realtà. Infine, esiste un analfabetismo funzionale: c'è troppa informazione e l'attenzione ha dei limiti. Perciò ci si concentra solo su alcuni punti".¹⁰

In più, dice Gillian Flynn ne "L'amore bugiardo" (Gone Girl), "l'esperienza mediata, quella di seconda mano, è sempre la migliore. L'immagine è più nitida". Nel nostro caso, potremmo dire che è più facile (più nitido) sentirci dire quel che dobbiamo pensare piuttosto che impegnarsi a scegliere la nostra idea del mondo.

Ecco dunque una conferma che il sentiero della suggestione rischia di portarci nelle sabbie mobili dell'ambiguità, dell'interpretazione, di un pressapochismo da bancarella new age. Il lato oscuro del *fascinum*, allora, inghiottirà e maledirà chi si avventuri nel regno della Meccanica Quantistica senza conoscere le formule (magiche?) che si imparano nelle facoltà di Fisica e di Matematica?

quartetti di Beethoven. In un caso e nell'altro, il premio è la bellezza e occhi nuovi per vedere il mondo". Da "Sette brevi lezioni di Fisica" Adelphi, 1994, pag. 56)

¹⁰ Walter Quattrocchi, direttore del laboratorio di Computational Social Science all'Imt di Lucca

[Fonte](#)

3. PAROLE

Abstract: Spostiamo l'attenzione sulle *parole* della quantistica, per chiederci quale sia il linguaggio più idoneo a *narrare* la "nuova realtà".

La risposta è sì. Saremo coperti di pece e di piume ed esposti al pubblico ludibrio: "Guardateli" proclamerà il bardo in piazza, "hanno fatto Lettere, si sono laureati in Antropologia e ora vengono a spiegarci la Fisica!" e via al lancio di ortaggi, uova marce e gatti (di [Schrödinger](#)) morti/vivi.



Calma. Andiamo per errori e tentativi. Facciamo così: se all'università abbiamo fatto Lettere, proveremo a concentrarci sulle **parole** – e i simboli, come ad esempio le formule - che vengono utilizzate per descrivere concetti che sembrano lontani *anni luce* dalla nostra esperienza quotidiana, dal *buon senso* della fisica classica. Ci interesseremo al rapporto tra le parole - i segni - e i significati che quelle parole provano a rappresentare. E così speriamo di cavarcela perché in effetti, che sorpresa, noi le formule non le capiamo.

Dovremo perciò limitarci alle parole che i fisici usano per parlare della "loro" Quantistica. Ciò significa che dovremo affrontare frasi come queste di **Niels Bohr e Werner Heisenberg**, entrambi fisici e vincitori del Nobel uno nel 1922 e l'altro nel 1932:

Heisenberg: "Io penso che I fisici moderni hanno definitivamente sancito che Platone aveva visto giusto. Infatti, le unità più piccole della materia non sono oggetti fisici nel senso ordinario del termine; sono forme, idee che possono essere espresse in modo non ambiguo solo attraverso il **linguaggio matematico**¹¹²

Bohr: "Noi dobbiamo essere chiari sul fatto che il linguaggio, quando si tratta di atomi, può essere usato solo come accade

¹² "I think that modern physics has definitely decided in favor of [Plato](#). In fact the smallest units of matter are not physical objects in the ordinary sense; they are forms, ideas which can be expressed unambiguously only in mathematical language - Werner Heisenber citato in *The New York Times Book Review* (8 March 1992)"

in **poesia**. Il poeta non si preoccupa tanto di descrivere fatti, quanto piuttosto di creare immagini e stabilire associazioni mentali.¹³

Vogliamo però affrontare queste frasi in modo insolito: come se fossimo davanti un quadro o stessimo ascoltando l'esecuzione di un brano al pianoforte. Vogliamo leggerle più volte. Vogliamo meditarle.

In prima battuta emerge lo **iato** tra il segno e il significato, cioè la distanza tra le parole e il senso delle frasi che quelle parole compongono. Sappiamo cosa vogliono dire le parole, ma ci sfugge il senso dell'intera frase. Wikipedia dice che in *semiologia* "il segno è in generale *qualcosa che rinvia a qualcos'altro*" e fa un esempio: "La luce rossa del semaforo significa, o sta per, *stop*". Proviamo anche noi a fare un esempio con lo screenshot qui sotto, tratto da "Sei pezzi facili" di Richard Feynman (Adelphi, 2000), Premio Nobel

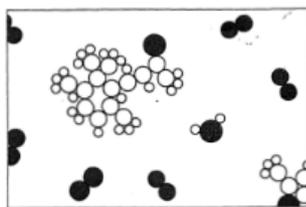


Fig. 9 Profumo di violette.

sua chimica, perché l'esatta disposizione di tutti gli atomi è nota in tre dimensioni, mentre la nostra figura ne ha solo due. I sei atomi di carbonio disposti ad anello non formano un anello piatto, ma una sorta di anello «raggrinzito». Si conoscono tutti gli angoli e le distanze. Quindi la formula chimica è semplicemente una raffigurazione di questa molecola: quando un chimico scrive una cosa del genere sulla lavagna, sta cercando, grosso modo, di «disegnare» in due dimensioni. Per esempio, vediamo un «anello» di atomi di carbonio, e una «catena» di atomi di carbonio che pende dall'anello, con un ossigeno sul penultimo, tre idrogeni attaccati a quel carbonio, due atomi di carbonio e tre idrogeni attaccati lì, ecc.

Come fa il chimico a capire quale sia la configurazione? Mescola bottiglie piene di roba, e se viene rosso vuol dire che c'è un idrogeno e due carbonii attaccati lì, se viene blu è tutto diverso. Questo è uno dei campi di indagine più fantastici che siano mai stati esplorati: la chimica organi-

44

ca. Per scoprire la configurazione degli atomi in queste strutture enormemente complicate il chimico guarda cosa succede quando mescola due sostanze diverse. I fisici non hanno mai veramente creduto ai chimici che descrivono la configurazione degli atomi, pensando che in realtà non sappiano esattamente di cosa stanno parlando. Da circa vent'anni si possono, in certi casi, guardare queste molecole (non proprio complicate come questa, ma che ne contengono magari delle parti) con metodi fisici, e quindi si può localizzare ciascun atomo non guardando al colore di una miscela, ma misurando dove si trova. E... udite, udite!, i chimici hanno quasi sempre ragione.

Risulta infatti che nel profumo di violetta ci sono tre molecole leggermente diverse, che differiscono solo nella disposizione degli atomi di idrogeno.

Uno dei problemi della chimica è dare alle sostanze un nome che faccia capire di che si tratta. Trovate un nome a questa struttura! (Quella di fig. 10). Non solo il nome deve descrivere la for-

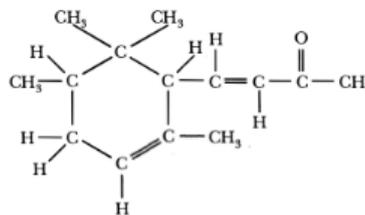


Fig. 10 La sostanza raffigurata è α -irone.

45

¹³ "We must be clear that when it comes to atoms, **language** can be used only as in **poetry**. The poet, too, is not nearly so concerned with describing **facts** as with creating images and establishing **mental connections**." Bohr In his first meeting with **Werner Heisenberg** in early summer 1920, in response to questions on the nature of language, as reported in *Discussions about Language* (1933); quoted in *Defense Implications of International Indeterminacy* (1972) by Robert J. Pranger, p. 11, and *Theorizing Modernism: Essays in Critical Theory* (1993) by Steve Giles, p. 28

per la Fisica nel 1965.

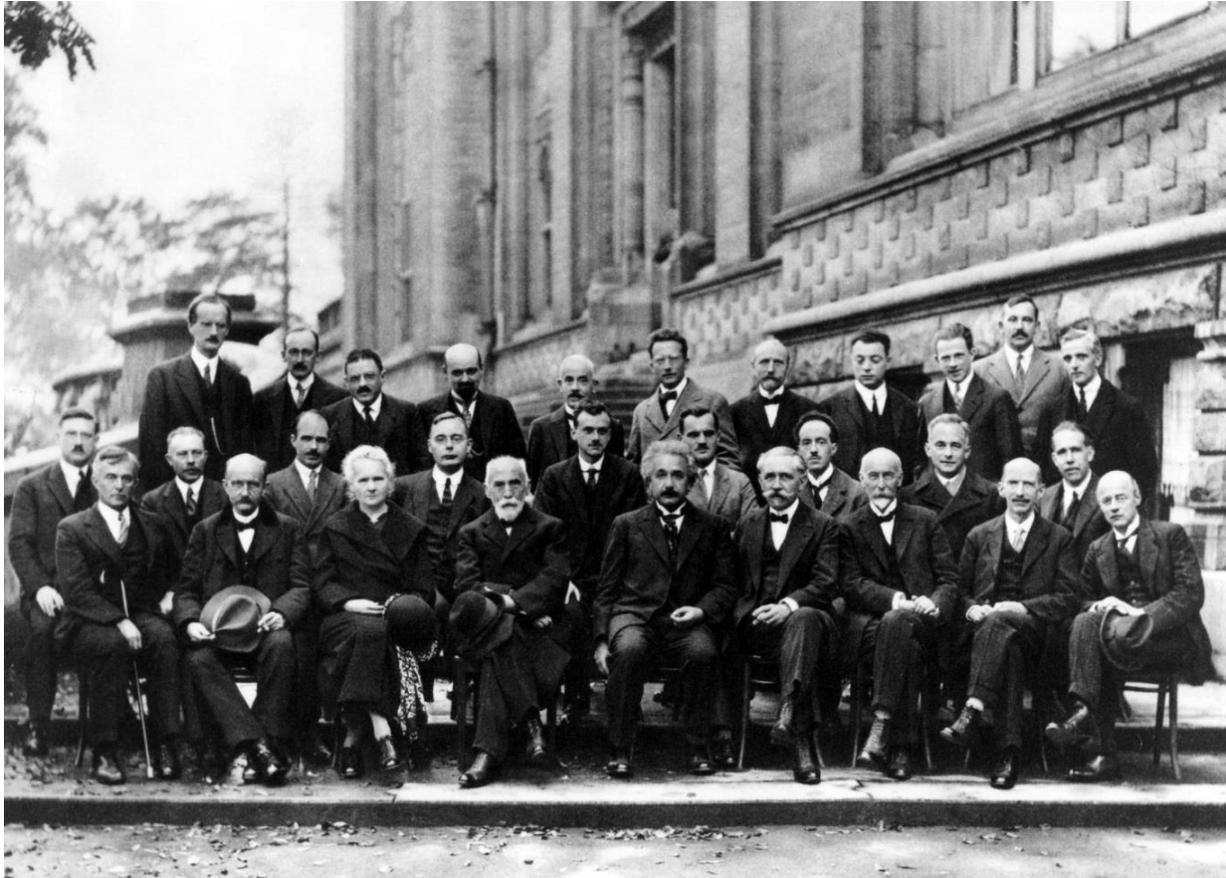
L'immagine a pag. 44 significa - sta per -, rinvia al profumo di violette. E la formula a pag. 45 significa - sta per -, rinvia al disegno a due dimensioni di una molecola. Elementi di natura, portati o tradotti in linguaggi differenti. Ci perdoni Umberto Eco dai suoi Boschi Narrativi Celesti, per questo approccio semiotico da marciapiede: non abbiamo titoli per farlo e di questo passo ne uscirà un robeta da quattro soldi, pretenziosa e raffazzonata, senza un quid che leghi insieme i concetti e le idee come fa la gravitazione con tutti noi. E se il destino per questo pezzo sarà cinico e baro¹⁴, sarà inevitabile attaccarsi al fascinum.

Ora facciamo una pausa, e nessun rancore se al prossimo paragrafo non ci sarete.

¹⁴ Parafasando Saragat dopo la sconfitta elettorale del '53

4. UN SECOLO FA

Abstract: Mettiamo in fila un po' di date e di concetti.



W. K. Heisenberg e Niels Bohr – i tizi delle citazioni - sono tra i 17 premi Nobel per la fisica o per la chimica presenti in questa foto. Heisenberg è il terzo da destra, terza fila in piedi. Bohr è il primo da destra, seconda fila. C'è anche Einstein, potete trovarlo anche da soli.

Sono riuniti per la quinta conferenza di Solvay: è l'ottobre del 1927. In quell'anno Heisenberg formula il Principio di Indeterminazione e Bohr enuncia il Principio di Complementarità



Nel 1927 nasce Gina Lollobrigida e viene fondata l'A.S. Roma dalla fusione dell'Alba Audace, del Roman e della Fortitudo Pro Roma.



Tra il 1900 e il 1935, nove premi Nobel per la fisica vengono assegnati a scienziati impegnati nello studio di quella che diventerà nota come Meccanica Quantistica. Ma andiamo con ordine e, se è vero che questo non

è un Bignami, tuttavia abbiamo lo stesso voluto elencare i passaggi-chiave nella storia della Meccanica Quantistica. Ci sono pure i link alle relative spiegazioni divulgative: *godi, popolo!* Può darsi che qualcuno troverà la cosa piuttosto noiosa, ma confidiamo nel Lettore Ideale.

1900: Max Planck introduce il concetto di “quanto”. Ci vince il Nobel per la fisica nel 1918

1905: Einstein scopre - matematicamente - che la luce è, oltre che onda, anche particella. Vince il Nobel per questo e non (come qui credevamo) per la teoria della relatività.

1922: Bohr riceve il Premio Nobel per la fisica "per i suoi servizi nell'indagine sulla struttura degli atomi e della radiazione che emana da essi".

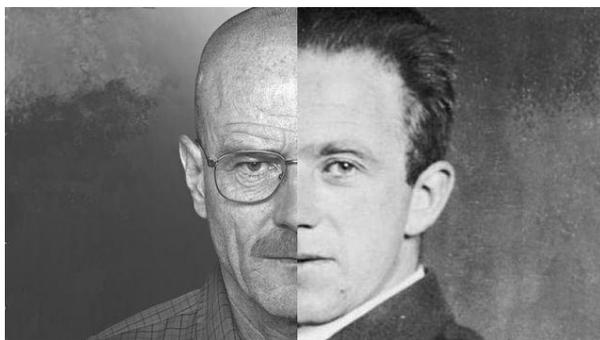


Figura 2 – Bohr ed Einstein. La foto è stata scattata a casa di Ehrenfest, presso Leiden. L'occasione, molto probabilmente, fu il 50° anniversario del dottorato di Hendrik Lorentz (11 dicembre 1925)

1924: De Broglie scopre che ogni particella è anche onda. Nel 1929 vince il Nobel appunto “per la sua scoperta della *natura ondulatoria dell'elettrone*”

1926: Schrodinger introduce la “funzione d’onda” (equazione di Schrodinger), che “spiega” come sia possibile il doppio stato onda-particella: “i luoghi ove le creste dell’onda sono più alti, sono i luoghi dove la particella si *materializza* più spesso [e viceversa]. Ossia: *l’onda è una mappa dell’esistenza della particella.*” (Battiston, video, min. 12¹⁵)

1927: Werner Heisenberg formula il celebre principio di indeterminazione. Vincerà il Premio Nobel per la fisica nel 1932 "per la creazione della meccanica quantistica".



¹⁵ Roberto Battiston è Ordinario di Fisica Sperimentale al Dipartimento di Fisica Università di Trento, e dal 2014 al 2018 è stato presidente dell’ASI.

Heisenberg, non a caso¹⁶, è anche il soprannome del protagonista della serie tv “Breaking Bad”

1927: Bohr enuncia il [principio di complementarità](#)

1933: Schrödinger riceve il premio Nobel, assieme a [Paul Dirac](#), per "la scoperta di nuove forme della teoria atomica"

1935: il [paradosso EPR](#) (Einstein, Podolsky e Rosen), che cerca di mettere in scacco la Meccanica Quantistica, aprirà invece la strada all'[entanglement](#) (termine introdotto lo stesso anno da Schrodinger)

E scavallando il '35:

1945 Pauli vince il Nobel per “[il principio di esclusione](#)” che da allora porta il suo nome. Da Wikipedia: “Il principio di Pauli spiega la stabilità su larga scala della materia. Le molecole non possono essere spinte arbitrariamente una contro l'altra, poiché gli elettroni di ogni molecola non possono entrare nello stesso stato degli elettroni di un'altra molecola”

1965: John Stewart Bell espone il suo [teorema](#), per il quale viene nominato al Nobel, ma muore all'improvviso prima di poter ritirare il premio.

1976: Samuel Chao Chung Ting e Burton Richter vincono il Nobel per la Fisica per la scoperta del mesone J/ψ . E' la cosiddetta "[rivoluzione di novembre](#)"

1979: Weinberg, Salam e Glashow furono insigniti del premio Nobel per la fisica per gli studi sul Modello Standard (Fisica delle particelle Elementari)

1982: Alain Aspect realizza l'[esperimento](#) sulla correlazione quantistica. “E' in pratica la realizzazione di un famoso esperimento concettuale proposto nel 1935 da Einstein, Podolski e Rosen (paradosso EPR) con l'intento di dimostrare l'incompletezza della meccanica quantistica”¹⁷. La Quantistica ne esce “vincitrice” e risulta fondamentalmente *non locale*: Aspect non vince il Nobel, ma nel 2013 ottiene il Premio Balzan per l'informatica e comunicazione quantistica.

¹⁶ Vedi in questo senso l'interessante articolo su <http://www.stoccolmaaroma.it/2014/heisenberg-breaking-bad-e-il-principio-di-indeterminazione/> da cui è anche tratta l'immagine

¹⁷ Cit. da www.vialattea.net/esperti/php/risposta.php?num=7230

2015 Nobel per la fisica a Arthur McDonald e Takaaki Kajita “per la scoperta delle oscillazioni del neutrino che mostrano che il neutrino ha massa”

5. ATOMI E QUANT'ALTRO

Abstract: qui intervistiamo Feynman e guardiamo in faccia l'atomo.

“La fisica è come il sesso: certo, può darti dei risultati pratici, ma non è per quello che lo fai.”

(Attribuita a Feynman¹⁸)

Sul modello delle interviste impossibili, ci rivolgeremo ora direttamente al Premio Nobel 1975 per la Fisica Richard Feynman, americano, morto nel 1988.

D: Buongiorno dott. Feynman e grazie per aver accettato di incontrarci

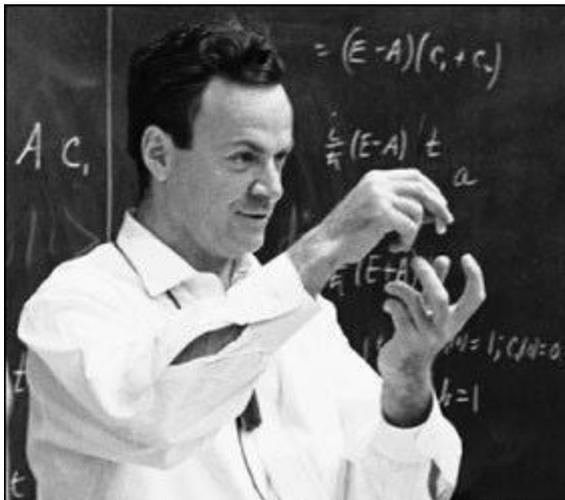


Figura 3 - Feynman - In questa foto ci sembra Stefano Accorsi con lo sguardo di Jack Nicholson. [Fonte](#)

R: Buongiorno, ragazzi. E' un piacere parlare con voi.

D: Lei ci lusinga, professore. Ma andiamo al sodo: se lei fosse in cima alla torre e dovesse lasciar cadere tutto della Fisica tranne un solo concetto, un'unica scoperta, cosa salverebbe?

R: Ci riflette, alza gli occhi a sinistra, poi a destra. “Se in qualche cataclisma andassero perdute tutte le conoscenze scientifiche”, ci dice infine, “e una sola frase potesse essere tramandata alle generazioni successive, quale

enunciato conterrebbe la maggiore informazione nel minor numero di parole?” (*6 pezzi facili*, cit., pag. 25)

D: Qui le domande le facciamo noi, se non le spiace.

¹⁸ “Physics is like sex. Sure you can get some interesting results, but that's not why we do it.”

Per approfondire la correttezza della citazione, cfr.

https://en.wikiquote.org/wiki/Talk:Richard_Feynman

R: “D’accordo” sorride un po’ tirato, “non vi scaldate. Io credo si tratti dell’*ipotesi atomica* (o fatto atomico, se preferite), cioè che tutte le cose sono fatte di atomi”, (*6 pezzi facili*, cit., pag. 42)

D: Anche il profumo di violette del paragrafo Tre?

R: “Certo, anche quello”, ci dice un po’ stizzito e come se parlasse a un bambino. “Insomma, tutte le cose sono fatte di atomi, piccole particelle in perpetuo movimento che si attraggono a breve distanza, ma si respingono se pressate l’una contro l’altra. [...] Questa è l’ipotesi chiave” (cit., pag. 47).

D: L’atomo, dice? Pare incredibile che ancora gira ‘sta cosa degli atomi, e che l’avessero già intuita 2500 anni fa.

R: Vi riferite alla vecchia storia di Leucippo, Democrito, Lucrezio e tutti gli altri? Vabbè, se è per quello anche Newton pensava che la teoria della gravitazione fosse già nota a Pitagora¹⁹

D: E lei ci crede?

R: Ve lo dico a microfono spento, semmai.

D: D’accordo. Senta, dottor Feynman, lei che è anche un brillante divulgatore, ci sa “mostrare” quant’è grande un atomo?

R: “Se una mela viene ingrandita fino alle dimensioni della Terra, i suoi atomi avranno all’incirca le dimensioni iniziali della mela.” (op. cit, pag.27)

D: Bravo, bella immagine. Ce ne faccia un’altra, la prego: i suoi fan la adoreranno. E’ vero che c’è il nucleo dell’atomo è piccolissimo e le *palline* che gli *girano* intorno, ossia gli elettroni, viaggiano a enorme distanza da esso?

R: Purtroppo non ci sono più gli elettroni di una volta, niente palline che girano o roba del genere: non so se avete presente l’equazione di Schrodinger e la sua funzione d’onda.

D. (lo guardiamo smarriti)

R: Vabbè... Per rispondervi lo stesso, pensate che “se avessimo un atomo e volessimo vederne il nucleo, dovremmo ingrandirlo fino alle dimensioni di una stanza, e allora il nucleo sarebbe una briciolina che si distingue a malapena (op. cit, pag.66)”

¹⁹ Guicciardini, Newton, ed Carocci, Roma 2012, pag.123

D: Grazie dott. Feynman, non la tratteniamo oltre anche perché inizia a spaventarci. Vorremmo solo una cortesia, in chiusura. Faccia conto che lei sia una specie di maestro zen. Come ce la *direbbe* in una sola frase tutta questa faccenda complicata della Fisica di oggi?

R: “Non capisco cosa intendete dire”

D: Ha presente quelle storielle, tipo ‘Ascolta il suono di una mano sola’?

R: “Ah, d’accordo.” Alza di nuovo gli occhi, ma giusto un attimo. “Non è difficile, io la metterei così:

C’è un sacco di spazio, laggiù”²⁰

Il dott. Richard Feynman scompare in una nuvoletta biancastra che odora di ghiaccio secco, lasciando per ultimo un sorriso enigmatico che ci ricorda il Gatto del Cheshire. Restiamo soli davanti a queste affermazioni e, come per le citazioni viste prima, ci fermiamo qualche secondo in devoto silenzio. Poi respiriamo e leggiamo di nuovo. Infine torniamo alle due frasi di Heisenberg e di Bohr, che per comodità riproponiamo:

"Io penso che I fisici moderni hanno definitivamente sancito che Platone aveva visto giusto. Infatti, le unità più piccole della materia non sono oggetti fisici nel senso ordinario del termine; sono forme, idee che possono essere espresse in modo non ambiguo solo attraverso il linguaggio matematico." (Heisenberg)

"Noi dobbiamo essere chiari sul fatto che il linguaggio, quando si tratta di atomi, può essere usato solo come accade in poesia. Il poeta non si preoccupa tanto di descrivere fatti, quanto piuttosto di creare immagini e stabilire associazioni mentali. (Bohr)

Che differenza c’è tra queste frasi e quelle di Feynman sulle dimensioni degli atomi? Certo, parlano della stessa faccenda, ma noi stiamo facendo attenzione alle parole, alle frasi, al segno e al significato. Ci viene in mente la prima differenza: pur nella loro bellezza mozzafiato, le frasi di Feynman sono affermazioni che riusciamo a (o almeno ci sembra di) comprendere. Visualizzare le dimensioni degli atomi, pensare che i “mattoncini” della

²⁰ Una celebre lezione di Feynman del 1959 si intitola “There's Plenty of Room at the Bottom”, che possiamo appunto tradurre così.

materia sono gli stessi per ogni cosa, e realizzare l'enorme quantità di spazio "vuoto" di cui noi stessi siamo fatti, sono esperienze straordinarie ed emozionanti. Certo, sia gli atomi che le galassie le capisco in modo approssimativo, mi sfuggono gli indispensabili dettagli tecnici e scientifici: ma *me ne faccio un'idea*, magari mi aiuto con una *similitudine*, e comunque riesco a "dirla" e quasi a "vederla", questa materia fatta solo e tutta di atomi e di "vuoto". E poi quel modello planetario dell'atomo mi ricorda le immagini dello spazio e delle galassie nei documentari in tv.

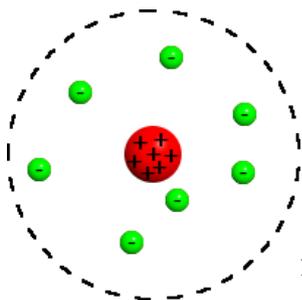


Figura 5 Modello atomico di Bohr

Oddio, è vero che qualcosa non torna. Il fatto che nessuno abbia mai davvero visto un atomo può indurmi in tentazione, e farci dire a un ipotetico pubblico di fisici e matematici: "Ma davvero tutta la materia è fatta di una cosa che non siete neanche capaci di mostrarci?".

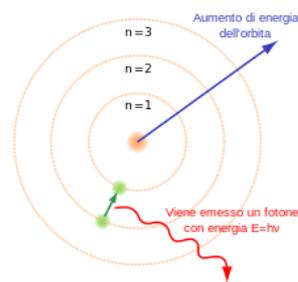
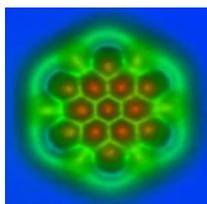


Figura 4 Modello atomico di Rutherford

E' un processo indiziario cui manca la prova schiacciante, oltre ogni ragionevole dubbio: la foto che incastra il colpevole. Ringrazio Davide Meloni, fisico, per averci chiarito questo punto (sul portale divulgativo dell'istituto nazionale di fisica nucleare):

“Bisogna capire cosa si intenda per atomo: se intendiamo un nucleo circondato da una nube elettronica, allora una foto in tal senso non è possibile. Infatti, per poter "vedere" un oggetto è necessario inviare fotoni di una lunghezza d'onda piccola almeno quanto gli oggetti a cui siamo interessati; ma così facendo perturbiamo lo stato dell'atomo, "distruggendolo". La foto da te citata si riferisce ad un gruppo di atomi e non al singolo elemento di materia.”

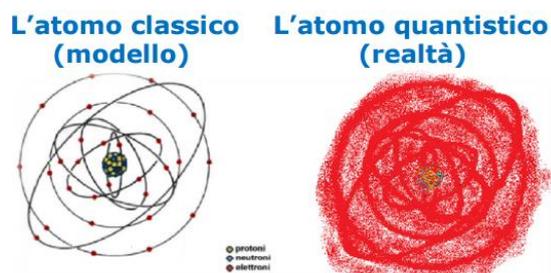
La foto da noi citata era questa:²¹



[fonte](#)

²¹ Tempo dopo ne ho trovata un'altra, la segnalo per info: www.link2universe.net/2013-05-24/primistorica-foto-della-struttura-di-un-atomo-di-idrogeno

Davide ci ha detto in pratica che lo strumento di misura condiziona ciò che viene osservato, uno dei cardini della Meccanica Quantistica, che però scardina la “vecchia” Fisica. E questo è il punto: non serve star lì a riflettere se l’atomo venga meglio di fronte o di profilo, perché a un certo punto - circa cento anni fa - si scoprì che le cose non sono così semplici, così *immaginabili*. Che quei piccoli *oggetti* atomici non sono per niente *oggettivi*. Che le regole di Newton, quindi l’intero edificio della Fisica Classica, applicate alle dimensioni atomiche, non vanno bene. Poi cominciarono ad apparire un mucchio di particelle subatomiche, più piccole, sempre più piccole, ma nessuna è mai quella “elementare²²”. Soprattutto, nessuna è più una particella come un cristo qualunque - noi, per esempio - si è sempre immaginato una particella: un granello di sabbia microscopico. La particella si comporta come un’onda (e viceversa), la posizione e la velocità non possono essere misurate contemporaneamente (sai quanto corre veloce ma non sai dov’è, o viceversa), il principio di complementarità “giustifica” una simile dualismo (non l’unico della Quantistica), l’esistenza stessa dei fenomeni diventa problematica perché l’osservatore influenza ciò che viene osservato (già noto dalla teoria della relatività) e – appunto - gli strumenti di misura condizionano ciò che viene misurato; e altre stranezze pazzesche.²³ Insomma, è arrivato il **quanto**, “una *quantità* discreta ed indivisibile di una certa grandezza” (wikipedia). Siamo forse di fronte finalmente all’atomo degli antichi greci (da ἄτομος, *a-tomos*, indivisibile)? Neanche per sogno. Siamo di fronte a... non si sa bene cosa, dicono quelli che l’hanno scoperto.



“Se non riesci a spiegare una teoria di fisica con parole semplici vuol dire che non l’hai capita. [...] Vi dirò che anche i miei studenti di fisica non capiscono queste cose. E non le capiscono perché non le capisco

²² Cedendo ancora una volta alla suggestione, “Le particelle elementari” mi rimanda al titolo del [libro di Michel Houellebecq](#). Forse non adatto a tutti. [Qui una recensione](#).

²³ Che poi, [stranezza](#) è anche il nome di *un numero quantico*, una proprietà di certe particelle.

nemmeno io. Il fatto è che non le capisce nessuno" - Richard Feynman

Ecco, queste sono le scoperte che Heisenberg e Bohr sottintendono. Questo è quello che emerge dopo un più lungo ascolto delle loro citazioni. Il messaggio sostanziale è pressappoco il seguente: “Scordatevi gli atomi per come li *conosceate*, anzi fate una bella cosa: scordatevi di tutta la materia – meglio: di tutta la realtà - per come l’avete sempre *immaginata*. Accontentatevi dei gatti che miagolano nel cortile, ossia del mondo macroscopico. Nel mondo atomico e subatomico, è tutta un’altra musica”

Non avremmo nulla da obiettare: gli scienziati sono loro e noi ci crediamo. Però d’istinto viene da chiedere un’alternativa da mettere – da *immaginare* - al posto dei falsi idoli che abbiamo adorato finora. E invece loro danno indicazioni difficili, fumose, ma seriamente convinti che siano indicazioni per davvero: “Usa il linguaggio matematico”, ci dice Heisenberg. “E se proprio non riesci a smetterla con le parole” prosegue Bohr, “scrivici una poesia”. Una pausa ad effetto, e poi il battutone finale: “E’ la Quantistica, bellezza²⁴”

All’improvviso ci manca la terra sotto ai piedi, qualunque cosa la terra sia diventata.

²⁴ Ovvio riferimento al leggendario “That’s the press, baby” di Humphrey Bogart in L’ultima minaccia, 1952. Curiosità: “That’s the press, baby” è anche il titolo con cui venne presentato l’ultimo romanzo di Umberto Eco alla Fiera del libro di Francoforte. In italiano è *Numero zero*, Bompiani, Milano 2015

6. DI COSA PARLIAMO QUANDO PARLIAMO DI $\Delta \varphi = 0$?

Abstract: Il vecchio Galileo ci ricorda che l'unico linguaggio valido per (di)mostrare il mondo è quello matematico: allora prendiamo sul serio Bohr e scriviamo la poesia del futuro. *Un po' per celia e un po' per non morir.*

“Un corpo immerso in un liquido riceve una spinta verso l'alto di una maleducazione, di una cafonaggine, che non si può neanche fare più il bagno in questo paese.”
Corrado Guzzanti, *L'ottavo nano*, ep. 7

“Perché per descrivere la natura possiamo usare la matematica, senza riuscire a spiegare il funzionamento? Nessuno lo sa, ma dobbiamo andare avanti lo stesso in questo modo perché funziona.”
R. Feynman, *Sei pezzi facili*, Adelphi 1994, pag. 166

Quando Heisemberg dice che “le unità più piccole della materia [...] sono forme, idee che possono essere espresse in modo non ambiguo solo attraverso il linguaggio matematico”, ripercorre i passi di un suo – come si dice - illustre predecessore. **Galileo Galilei** in un celebre passo del suo *Saggiatore* (1624), scriveva: “La filosofia naturale è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi, io dico l'universo, ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua e conoscere i caratteri nei quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro labirinto.” E potremmo andare ancora più indietro, fino a Pitagora che “staccò il numero dalla cosa numerata, la figura geometrica dalla cosa figurata, ed elevò numeri e figure

alla dignità di enti astratti, oggetti puramente intellettuali, considerati e studiati nei loro possibili rapporti, in se stessi.” (Villani p 19 e 20)

Per inciso, Feynman ci dice che la filosofia naturale è la madre della moderna fisica (op. cit. pag. 83) e anche Newton intitolò *Philosophiae naturalis principia mathematica* uno dei suoi scritti maggiori: “principi matematici della filosofia naturale”²⁵. Ancora negli anni Trenta, Niels Bohr parla delle scienze fisiche come di filosofia naturale²⁶.

Ma torniamo a bomba e guardiamo in faccia la realtà: non c'è niente da fare. È la **matematica** il linguaggio necessario per (de)scrivere la realtà. Perché, a sentire Bohr, la lingua – quella fatta di parole – se si accosta ad argomenti così caldi, rivela ali di cera. La lingua può solo muoversi come in poesia, generando associazioni di idee. Forse, al limite, suggestioni.

La poesia. Dai bei vecchi tempi del liceo classico, recupero l'etimologia di **poesia**: *ποίησις* (*poiesis*) che è un verbo e vuol dire “produrre, fare, creare”. *Poiesis*, a sua volta, sembra che derivi dalla radice sanscrita *pu-* che significa “generare, procreare”. Se fosse vero, potremmo suggerire che la poesia – siate cauti: è suggestione - genera la realtà nel momento in cui la descrive. L'osservatore crea il fenomeno mentre lo osserva (lo pensa, lo comprende, lo scinde da sé). Un corto circuito. Pericolo! Sabbie mobili!

E' interessante ancora una volta leggere Feynman, a proposito di poesia, che in una nota a piè di pagina – non nel testo, ma in una nota - racchiude questo urlo appassionato: “I poeti dicono che la scienza rovina la bellezza delle stelle, riducendole solo ad ammassi di atomi di gas. Solo? Anch'io mi commuovo a vedere le stelle di notte nel deserto, ma vedo di meno o di più? [...] Saperne qualcosa non distrugge il mistero [...] Perché i poeti di oggi non ne parlano? Che uomini sono mai i poeti, che riescono a parlare di Giove pensandolo simile a un uomo, ma se è un'immensa sfera di metano e ammoniaca ammutoliscono?” (op cit, pag. 100)

Ha ragione da vendere, crediamo, ma quale sarà la nuova poesia? Proviamo a immaginare un'antologia di poeti del futuro, un testo da scuola primaria che riporti nelle prime pagine un vecchio classico:

²⁵ “Isaac Newton è un personaggio che merita di essere approfondito. Suggestiva la celebre frase che scrisse su di lui il noto economista J. M. Keynes, nel 1946: “Newton was not the first of the age of reason. He was the last of the magicians” ([qui](#) il testo integrale). Per approfondire: “Newton” di Guicciardini, ed Carocci. L'autore peraltro a p. 119 contesta l'affermazione di Keynes.

²⁶ Cfr “Filosofia naturale e culture umane”, in Niels Bohr, “I quanti e la vita”, Bollati boringhieri, Torino 1965, pag. 48 e seg.

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} + \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{B} - \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} &= \mu_0 \mathbf{j}\end{aligned}$$

27

Un po' come ora, per raccontare le origini della lingua e della poesia, citiamo – che so? - Jacopo da Lentini:

Io m' agio posto in core a Dio servire
com' io potesse gire in Paradiso
al santo loco, ch' agio audito dire
u' si mantien sollazzo, gioco e riso.

O l'iscrizione di San Clemente, di scolastica memoria:

SISINIUM: "Fili de le pute, traite"
GOSMARIUS: "Albertel, trai"
ALBERTELLUS: "Falite dereto co lo palo, Carvoncelle!"

Dunque in futuro, anziché restare folgorati da un "M'illumino d'immenso", saremo attraversati da un $E = MC^2$ ²⁸

Ok, a parte le sciocchezze: il punto è che questa storia ci scoccia un po'. Facciamo fatica ad accettare che con la nostra intelligenza "non matematica" dobbiamo rinunciare a farci un'idea di questo nuovo mondo, come ci eravamo fatti un'idea del vecchio. Non diciamo capirne i dettagli, ci mancherebbe: basterebbe farsene un'idea, il più precisa possibile nei limiti dell'ignoranza *tecnica*. Anche la rivoluzione copernicana, un'altra storia meravigliosa, invertiva cosa gira intorno a cosa e sbatteva la Terra nella periferia dell'Universo; ma sempre di palle in cielo stava parlando.

²⁷ Si tratta delle equazioni di Maxwell (www.galileivr.it/doc/articoli/fisica/teorema_piu_bello.pdf):

²⁸ Perdonatemi, ma su $E = MC^2$ non riesco a trattenere una triviale suggestione: "L'energia contenuta in un pezzo di materia è pari alla massa della materia moltiplicata per un numero straordinariamente grande, la velocità della luce al quadrato. Ciò significa che anche la più minuscola particella di materia ha in sé un'enorme quantità di energia concentrata" (Gary Zukav, "La danza dei maestri Wu Li", pag. 217, ed. Corbaccio 2007)

Abbiamo chiesto in giro a gente come Feynman, Einstein, Jim al Khalili, Rovelli, Villani, Bohr, Barrow se loro credevano che si potesse comunque parlare di questa roba, se avesse senso cercare una lingua nuova (i logori “nuovi occhi” del vero viaggio di scoperta, come dice l’aforisma sui segnalibri), insomma se si poteva fare qualcosa con questa Quantistica per “descrivere la realtà” evitando formule matematiche e poesia. Abbiamo chiesto anche in Rete sul [forum di Scienza Matematiche](#) e sul [portale divulgativo dell’Istituto Nazionale di Fisica Nucleare](#).

La risposta è stata sempre la stessa.

No.

E’ stato a quel punto che abbiamo chiamato nostra nipote di quattro anni e le abbiamo raccontato una fiaba che iniziava così: “il punto stazionario di minimo in un campo statico di energia potenziale...”. Lei ci ha interrotto con uno sguardo sospetto, ma prima che aprisse bocca abbiamo aggiunto: “ $\Delta \varphi = 0$ ”. Ha subito sorriso: iniziava a capire. Abbiamo annuito felici e le abbiamo detto: “Fermati un attimo e respira, perché stai guardando il senso profondo delle cose”²⁹

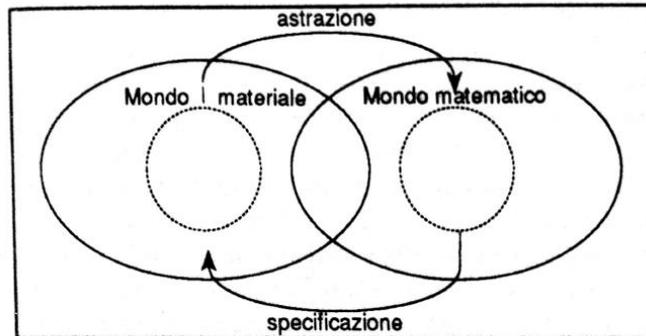


FIG. 1. La misteriosa interconnessione tra il mondo concreto delle cose particolari e quello matematico delle relazioni astratte, delle geometrie, dei numeri e delle logiche. Viviamo in un mondo materiale pieno di fenomeni che possono fungere da fonte per strutture e relazioni astraibili all’interno del mondo matematico; a loro volta esse si possono riferire a singole esemplificazioni di cose ed eventi particolari nel mondo reale. È suggestivo chiedersi se esista alcunché nel mondo materiale che *non* possa essere astratto in quello matematico, e di converso se qualcosa che abita in quest’ultimo possa non avere alcuna manifestazione concreta nel nostro Universo fisico.

Figura 6- Fonte: Barrow, "Perché il mondo è matematico", Laterza, Bari, p.13

²⁹ La fonte dell’aneddoto è qui: sites.google.com/site/ilfantasmadelletere/fisicaclassica

7. LA MAPPA NON E' IL TERRITORIO

Abstract: il linguaggio è una mappa rispetto al territorio che descrive.

“C'è grossa crisi, qua non sappiamo più quando stiamo andando sulla terra. Ti chiedi: come mai? Come dove nel mondo? Dove chi? Perché quando? E chi le sa le risposte? Le chiedi e miagoli nel buio. “

Corrado Guzzanti, il Profeta Quello ne "L'ottavo nano"

Diceva Bohr nel 1929 parlando del giovane Heisenberg: “questo ingegnoso modo di affrontare il problema della teoria dei quanti richiede un grande sforzo al nostro potere di astrazione”.³⁰

E noi ci sforziamo. Rileggiamo dal paragrafo 4:

1926: Schrodinger introduce la “funzione d’onda” (equazione di Schrodinger), che “spiega” come sia possibile il doppio stato onda-particella: “i luoghi ove le creste dell’onda sono più alti sono i luoghi dove la particella si materializza più spesso [e viceversa]. Ossia: l’onda è una mappa dell’esistenza della particella.”³¹

Una mappa dell’esistenza della particella. In qualche modo, un’equazione è assimilabile, per analogia, a una mappa. E noi, che abbiamo fatto Lettere, che ci siamo laureati in Antropologia, pensiamo subito una cosa: “la mappa non è il territorio”, secondo la celebre espressione di [Korzybski](#). Non solo, ma “il nome non è la cosa designata”, come suggeriva [Gregory Bateson](#) in “Mente e Natura”. E in un altro senso lo diceva già Platone (427–343 a.C.) nella teoria delle Idee:

“Esistono molti animali di cui possiamo dire “questo è un gatto”. Cosa intendiamo con la parola “gatto”? Evidentemente qualcosa di diverso da ciascun singolo gatto. Un animale è un gatto, sembra, perché partecipa d’una generale natura, comune a tutti i gatti.”³²

³⁰ N. Bohr, *i Quanti e la Vita*, Bollati Boringhieri, Torino 1965, pag 18

³¹ Battiston, [Video](#), min. 4,20

³² Giovanni Villani, “L’onnipotenza delle molecole”, ecc ecc

Il linguaggio di questa nuova Fisica, abbiamo detto, è la matematica. Ma il linguaggio – il nome – non è la cosa designata.³³ Se dico *gatto*, la parola non è un gatto in pelo e artigli, che invece sta



lì fuori dalla finestra ad aspettare che io esca per dargli da mangiare. La parola *gatto* è un segno sulla mappa che mi aiuta ad orientarmi. Ma devo andare sul terreno, nel *territorio*, per ammirare un “vero” gatto – vivo - che miagola e mangia. Se la matematica è la lingua della nuova Fisica, e descrive la “realtà”, allora è una mappa (come l’onda nell’equazione di Schrodinger è una mappa dell’esistenza della particella) che ci aiuta a descrivere e ad orientarci nel nuovo territorio di questa realtà. Ma qual è il territorio che corrisponde alla lingua matematica? Possiamo solo soltanto coglierne alcuni tratti (processi, probabilità) o in qualche modo possiamo “capirlo”, “vederlo”, “intuirlo”?

L’idea che la mappa non sia il territorio è uno dei presupposti della PNL e del suo Metamodello. Secondo questo approccio, l’esperienza percettiva umana (*struttura profonda*) coincide col territorio esplorato ed è “indicibile”: ciò che registriamo al momento dell’esperienza è la nostra versione dell’esperienza stessa (*struttura superficiale*). La realtà sarà per noi quindi non ciò che viviamo, ma il modo in cui lo viviamo, la prospettiva che scegliamo di assumere. E la nostra storia personale determinerà in che modo in registreremo l’esperienza. Potremmo azzardare un’analogia con lo sperimentatore che vede la luce come corpuscolo: ha assunto una certa prospettiva sperimentale. Quello che la vede come onda ne assume un’altra. Cosa sia la luce, l’esperienza in sé, la struttura profonda, non si sa. Cosa sia la natura che esperiamo, non si sa. Ne interessa alla fisica né alla PNL (che nasce dalla cibernetica), però abbiamo tecniche e descrizioni funzionali.

In ogni caso, troviamo stimolante il fatto in Fisica sia possibile che la stessa esperienza (fenomeno) è definibile da due punti di vista, apparentemente

³³ È chiaro che questo ragionamento è irrilevante per i formalisti alla Hilbert: cfr [questa relazione](#), e anche Barrow, “perché il mondo è matematico”, pag. 57 e segg

inconciliabili e tuttavia entrambi validi. Heisenberg disse nel 1930: “E’ vero che approssimativamente si può parlare di "onde" e "corpuscoli", ma le due descrizioni hanno la stessa validità. Per converso, la descrizione cinematica di un fenomeno necessita dell'osservazione diretta; ma poiché osservare significa interagire, ciò preclude la validità rigorosa del principio di causalità.”³⁴

Niels Bohr, che a quel principio di complementarità ha dato il suo nome, dice che “lungi dal contenere qualunque misticismo estraneo allo spirito della scienza, il punto di vista della complementarità costituisce in realtà *una coerente generalizzazione dell’idea di causalità*”.³⁵

Il corsivo è nostro ma non è che abbiamo capito cosa intende Bohr: forse è una profonda verità, forse una [supercazzola](#) che nemmeno Ugo Tognazzi. Lo capiamo invece, ma quasi per disperazione, quando ci dice che “i fisici devono aver avuto ragioni fortissime per rinunciare all’idea di causalità”³⁶, solo che ormai procediamo alla luce flebile di suggestioni, sorretti da associazioni di idee, nutrendoci di afflati poetici. Ci torna in mente ancora Gregory Bateson quando dice che “non esiste esperienza oggettiva”, ma lui non è altro che un povero antropologo, al più un misero psicologo. Vero è che lo stesso Bohr su questo tema ci va giù pesante: “E’ proprio questa impossibilità di distinguere nettamente, nel corso dell’introspezione, il soggetto dall’oggetto, ad assicurare alla volontà lo spazio necessario alle sue manifestazioni. Voler connettere il libero volere, come spesso si fa, più direttamente con quella limitazione della causalità che si manifesta nella sfera atomica, rimane però totalmente fuori dal pensiero che ha ispirato le osservazioni qui presenti” (pag. 47). In pratica, ci dice, c’è gente che afferma che l’elemento probabilistico³⁷ tipico della Meccanica Quantistica (e quindi la mancanza della “precisione” cui ci avevano abituato la fisica classica e il buon senso di una volta) è direttamente collegata all’esercizio della volontà (op cit, pag. 35): in una nuvola di probabilità di eventi subatomici che possono accadere, un qualche ente “volitivo” decide quello che accade. Un punto di vista quasi “spirituale”, tanto da ricordare ad esempio³⁸ la Psicosintesi di Assagioli, e Bohr chiaramente lo esclude; ma a noi basta la

³⁴ wikipedia, principio di complementarità

³⁵ Op cit pag 52

³⁶ Op cit pag 50

³⁷ Pauli affermava che “In un certo stato di un sistema (oggetto) si possono fare in generale solo previsioni statistiche (probabilità primaria) sui risultati di osservazioni future; il risultato di una singola osservazione non è invece determinato da leggi ed è quindi senza causa.” ([fonte](#))

³⁸ Cfr ad es “L’atto di Volontà” ed. Astrolabio, 1978

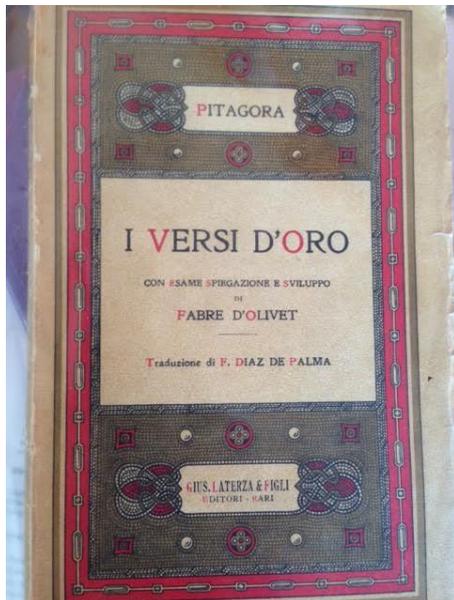
suggerimento dell'analogia tra processi atomici e psicologici. E più in generale, basta **“l'imprevista lezione epistemologica** che ci è venuta negli ultimi anni dall'aprirsi di nuovi campi di ricerca per la Fisica” (op cit, pag 49)

8. TIRIAMO LE SOMME

Abstract: facciamo finta di avviarci a una conclusione.

“Niente panico, niente panico, niente panico...
Ok, panico”
Da *L'aereo più pazzo del mondo*, 1980

Nel paragrafo precedente ci siamo chiesti qual è il territorio che corrisponde alla lingua matematica, ma non abbiamo trovato una risposta. Possiamo dire che in questo contesto la mappa – pur rappresentando il territorio – se ne disinteressa? Forse dipende dalle origini della disciplina:



“Ecco l'essenza della “rivoluzione” pitagorica, creatrice delle matematiche pure: prendere in considerazione solo il simbolo, mettendo tra parentesi, in modo assoluto, i simboleggiati; fissare le regole di operazioni sui simboli stessi, creando così quello strumento, astratto ma potentissimo, che è il linguaggio matematico.” (Giovanni Villani, in “La chiave del mondo. Dalla filosofia alla scienza: l'onnipotenza delle molecole”. 19 e 20)

Certo, Pitagora era tutt'altro che un riduzionista, ma come abbiamo accennato anche Newton aveva i suoi scheletri “religiosi” nell'armadio: un fatto che a nessuno dei due ha impedito (pare anzi che sia stato l'inverso) di estrarre un distillato di concetti e leggi fondanti per lo sviluppo della Fisica e della Matematica moderne.

E con questa scusa abbiamo citato il **riduzionismo**, ossia l'approccio prevalente delle scienze della natura (come la Fisica). Il riduzionismo, in breve, è l'orientamento filosofico che presuppone la possibilità di ridurre la realtà ai suoi termini minimi, individuandone quindi i componenti essenziali – le “particelle elementari” – e attraverso questi componenti essenziali spiegare i fenomeni naturali. Di solito, parlando di riduzionismo, viene citato l'antico rasoio di Occam: “A parità di fattori la spiegazione più semplice è da preferire”. La teoria atomica classica è un esempio di spiegazione riduzionista, mentre “contrapposta a questa visione vi è sempre stata quella derivata dallo studio della materia vivente e legata, nella dizione moderna, alla biologia.”³⁹

Approccio prevalente, abbiamo detto, se si pensa che per contrastarlo si usano a volte parole come “olistico” o “metafisico”, che fanno tanto libro usato sulla nostra bancarella new age (con annessa copertina sbiadita dal sole di mille fiere in cui è rimasto invenduto).

E per associazione di idee - siamo stanchi, e ormai preda di brumose suggestioni - ci cade l'occhio su un altro vecchio libro, ingiallito dagli anni⁴⁰. Edoardo [Sanguineti](#) introduce il Primo Volume di un'antologia della “Poesia Italiana del Novecento”, quando ancora le poesie si scrivevano con le parole:

“Si spera soltanto che il cortese lettore, sopra il banco o altrove, sappia vedere come l'insistenza ostinatissima sopra gli elementi ideologici, nella organizzazione e nella motivazione della trama, [...] proceda anche dal rispetto dei fatti, dalla materia del narrato, dall'ambizione che il ritratto risulti fedele, e insomma dai propositi realistici di chi racconta la storia, sempre che sia vero che il fato dei moderni è ancora la politica. Per noi, così andavano le cose, almeno, nel secolo ventesimo”. (Einaudi, 1971)

La suggestione di questo brano riguarda la lucidità, la *consapevolezza* che quanto in un dato momento storico è sia forte convinzione personale sia condivisione culturale egemonica, potrà nel tempo diventare oggetto di *evoluzione* (Sanguineti scriveva per Einaudi nel 1970 ed era facile immaginare perché per lui “il fato dei moderni” sia “ancora la politica”). E

³⁹ Villani op cit pag 119

⁴⁰ Volete sapere la formula chimica dell'aroma dei vecchi libri? [Eccola](#)

tutto questo è nella capacità di mettersi in una prospettiva futura, da cui guardare al presente come a un'epoca trascorsa. E per dirlo, usa quell'imperfetto dolcissimo e geniale: “Per noi così andavano le cose, almeno, nel secolo ventesimo”.

Ammettiamolo, è divertente pensare a un futuro in cui ricorderemo di quando credevamo che il sole ruotasse intorno alla terra e poi - con la stessa divertita nostalgia - di quando credevamo di poter spiegare ogni cosa riducendola in pezzettini piccolissimi.

Qualcuno potrebbe sospettare che stiamo tendendo una trappola al riduzionismo. Ma sappiamo bene che si tratta di una bestia furba, e il nostro attacco sarebbe destinato a fallire. E poi in realtà, da molte parti questo approccio viene già affrontato a viso aperto, e sempre nei termini della scienza contemporanea.⁴¹

D'altra parte, di pezzetti piccolissimi non c'è più nemmeno l'ombra (tranne forse nella [caverna di Platone](#)), e sappiamo che “the ground of the cosmos is not elementary particles but pure process”⁴² E non solo sono solo processi, ma si tratta di processi probabili.

In apertura del paragrafo precedente abbiamo parlato della funzione d'onda, vera star dell'universo quantistico. Ci piace come se ne parla qui:

“Il dualismo onda-corpuscolo spazza via le fondamenta della fisica classica. In meccanica classica ogni particella segue una traiettoria definita, ossia un tragitto lungo il quale la posizione e il momento lineare risultano istante per istante specificabili. Non si può determinare, invece, l'esatta localizzazione di una particella che si comporta come un'onda. [...] Per giustificare il dualismo onda-corpuscolo, gli scienziati del ventesimo secolo non poterono fare a meno di rivedere la descrizione della materia accettata nel secolo

⁴¹ Da una recensione al libro di Villani: “Per quanto riguarda la questione cruciale del riduzionismo va precisato che attualmente i filosofi non la ritengono per nulla 'cruciale', essi tendono ad indicare il riduzionismo come 'un problema superato'. Anche lo stesso Villani mostra un certo ottimismo quando parla di "crisi odierna del riduzionismo" (p. 239). Questo potrebbe essere anche vero a livello professionale (della loro professione, quella dei filosofi), ma non è affatto così nella cultura corrente degli scienziati e degli accademici in cui vige tuttora una gerarchia pressoché ferrea fra le discipline sperimentali, con le scienze della vita e le scienze della terra 'ridotte' alla fisica e alla chimica, con la chimica 'ridotta' alla fisica, ed infine con la fisica 'ridotta' a matematica” [fonte](#)

⁴² F. David Peat, “Infinite Potential: The Life and Times of David Bohm (1997)”, citato [qui](#)

precedente. Uno dei primi a formulare una teoria efficace (nel 1927) fu lo scienziato austriaco Erwin Schrödinger, che introdusse il concetto principale della teoria quantistica. Schrödinger sostituì al concetto di traiettoria precisa della particella quello di funzione d'onda, ψ , una funzione matematica il cui valore varia con la posizione. [...] Fu il fisico tedesco Max Born a suggerire il modo di interpretare fisicamente il senso della funzione d'onda. Secondo l'interpretazione di Born della funzione d'onda, la probabilità di rinvenire la particella in una data regione è proporzionale al valore di ψ^2 . Per essere precisi, ψ^2 individua una densità di probabilità”⁴³

Chissà che vuol dire. Forse la cifra della Fisica oggi è la probabilità, come per i vulcani, i terremoti, il meteo e la finanza. Cioè, non siamo in grado di fare descrizioni precise, ma possiamo dare ragionevoli probabilità e lo facciamo in modo rigoroso, matematico.

Non ci sono più oggetti elementari e quel che “rimane” non prevede parole semplici per essere intuito, detto, compreso: allora, avviandoci a concludere, invociamo la protezione di Italo Calvino, se per caso ci guarda dalla più bella delle sue Città Invisibili. E parafrasando Sanguineti ci chiediamo: qual è oggi il “fato dei moderni”? Per noi, nel ventunesimo secolo, come *andavano* le cose?

⁴³ Peter William Atkins, Loretta Jones, *La chimica di Atkins*, Zanichelli 2012 (estratti online: <http://www.zanichelli.it/ricerca/prodotti/la-chimica-di-atkins>)

9. “...MENTRE PENSAVA A SE STESSO PENSANTE”⁴⁴

Abstract: le scoperte della Meccanica Quantistica impattano sul concetto di coscienza?

“Non bisogna cercare di guarire gli occhi senza la testa né la testa senza il corpo, allo stesso modo il corpo senza l'anima, ma questa sarebbe anche la causa del fatto che molte malattie sfuggono ai medici greci, perché trascurano il tutto, di cui bisognerebbe aver cura; e se il tutto non sta bene, è impossibile che la parte stia bene. [...]”

Platone, Carmide

"Dall'altro lato delle parole c'è qualcosa che cerca di uscire dal silenzio, di significare attraverso il linguaggio, come battendo colpi su un muro di prigione."

Italo Calvino, 1983

Definendo il nostro lettore ideale abbiamo evidenziato in grassetto uno dei suoi principali obiettivi: **sviluppare un'opinione sul mondo**. Poiché tale lettore ideale è stato costruito a nostra immagine e somiglianza, noi per primi vogliamo chiudere questo breve viaggio con l'opinione che abbiamo sviluppato su questo pezzo di mondo.

Innanzitutto, una doverosa premessa espressa nelle parole del fisico teorico Ignazio Licata.

“Personalmente trovo spiacevole che una teoria bellissima e precisa come la Meccanica Quantistica venga utilizzata per "far passare" un pò di tutto, come a dire "oltre il mondo newtoniano, tutto è possibile", una sorta di giustificazione del mondo di Alice e delle relative "meraviglie". [...] Credo che ci sia una colpa anche dei divulgatori in questo gioco al fraintendimento, e persino di alcuni scienziati, per altri versi

⁴⁴ Francesco Guccini, “Genesi”

rispettabilissimi. Forse bisognerebbe aggiungere nella quarta di certi libri un avvertenza, del tipo: "Le opinioni filosofiche del Sig. Penrose, Eccles, etc... non sono giustificate dal loro lavoro scientifico".⁴⁵

Detto questo, esprimiamo subito la nostra posizione, usando stavolta le parole di Carlo Rovelli, anch'egli fisico teorico e uno dei fondatori della teoria della "gravità quantistica a loop" (qualunque cosa sia)

“L'idea e le immagini che abbiamo di noi stessi sono estremamente più rozze e sbiadite del dettaglio della complessità di ciò che avviene dentro di noi. Noi siamo sorgente di stupore per noi stessi. Abbiamo cento miliardi di neuroni nel nostro cervello, tanti quante le stelle di una galassia, e un numero ancora più astronomico di legami e combinazioni in cui questi possono trovarsi. Di tutto questo non siamo coscienti. «Noi» siamo il processo formato da questa complessità, non quel poco di cui siamo coscienti. [...] “Non solo impariamo, ma **impariamo anche a cambiare gradualmente la nostra struttura concettuale e ad adattarla a ciò che impariamo.**”⁴⁶

Non abbiamo le competenze per dire se al libro di Rovelli vada apposta l'avvertenza che suggerisce Licata, ma fa lo stesso. La frase che ci interessa è in grassetto:

“impariamo anche a cambiare gradualmente la nostra struttura concettuale e ad adattarla a ciò che impariamo”.

Vero è che il tema della coscienza, anch'esso citato, riapre una vecchia suggestione per la quale siccome osservatore e osservato si influenzano (teoria della relatività), siccome strumento di misura - ad es un acceleratore di particelle o un occhio umano - e fenomeno misurato si “disturbano” a vicenda (meccanica quantistica), allora questo implica che l'io osservante e la realtà osservata siamo in qualche modo connessi. E allora “mente” che osserva e “corpo” osservato sono anche loro connessi. Molto new age vecchia scuola, nevvero? Già, molto olistico.

⁴⁵ Fonte: www.neuroscienze.net/?p=364

⁴⁶ *Sette brevi lezioni di Fisica*, cit.

Suggestivo, seppure forse un po' abusato, anche l'analogia tra neuroni e stelle. Potrebbe sembrare che Rovelli - fior di scienziato – dia man forte al vecchio Ermete Trismegisto e al suo “Come in alto così in basso”. E solo per giocare, qui sotto abbiamo comparato un ammasso di galassie e un gruppetto di neuroni:

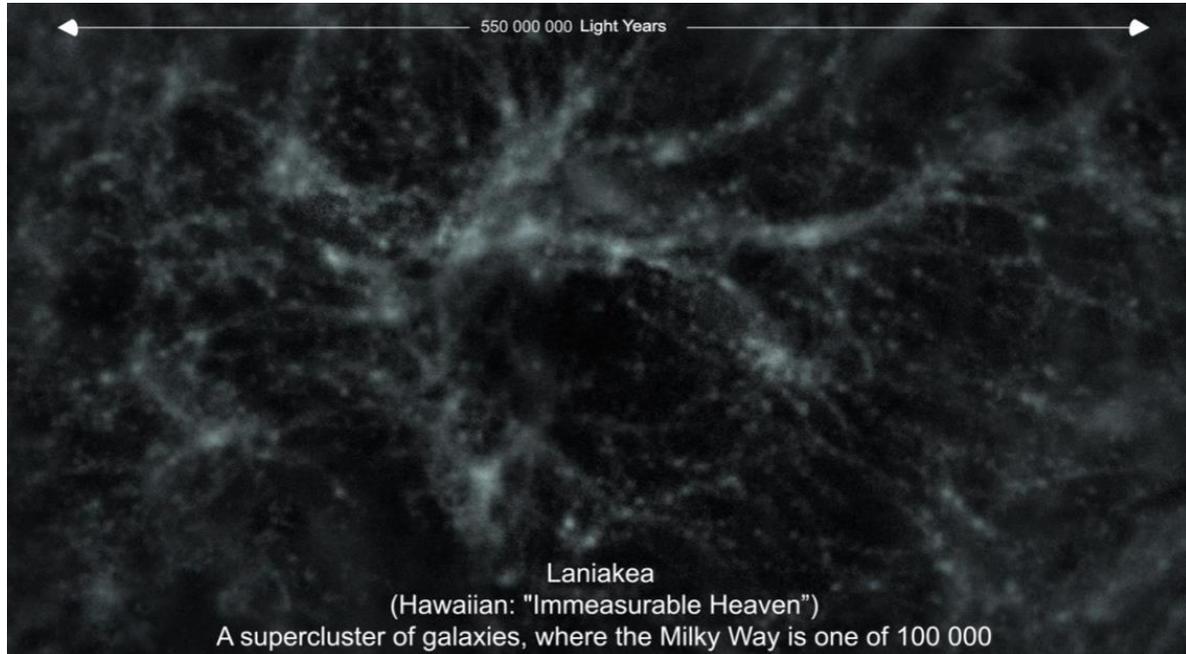


Figura 7- Supercluster di galassie “grande” 550 milioni di anni luce- Screenshot del minuto 5.21 di questo [video](#).

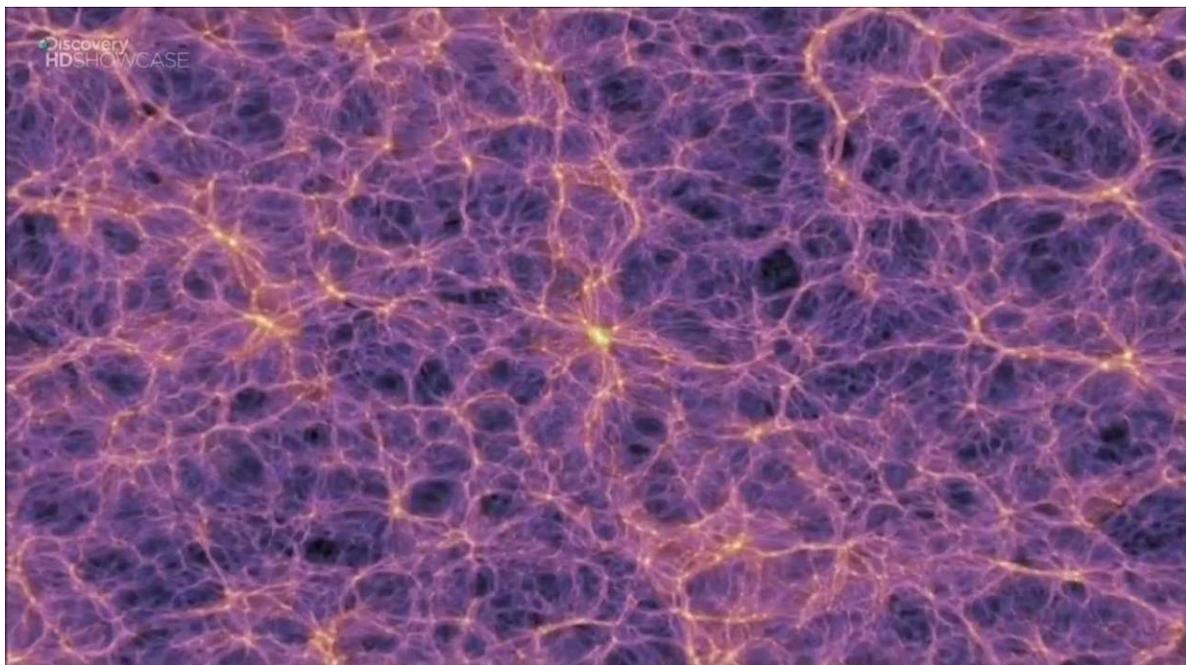


Figura 8 - Un'altra rappresentazione del supercluster di Fig. 1 – [Fonte](#)

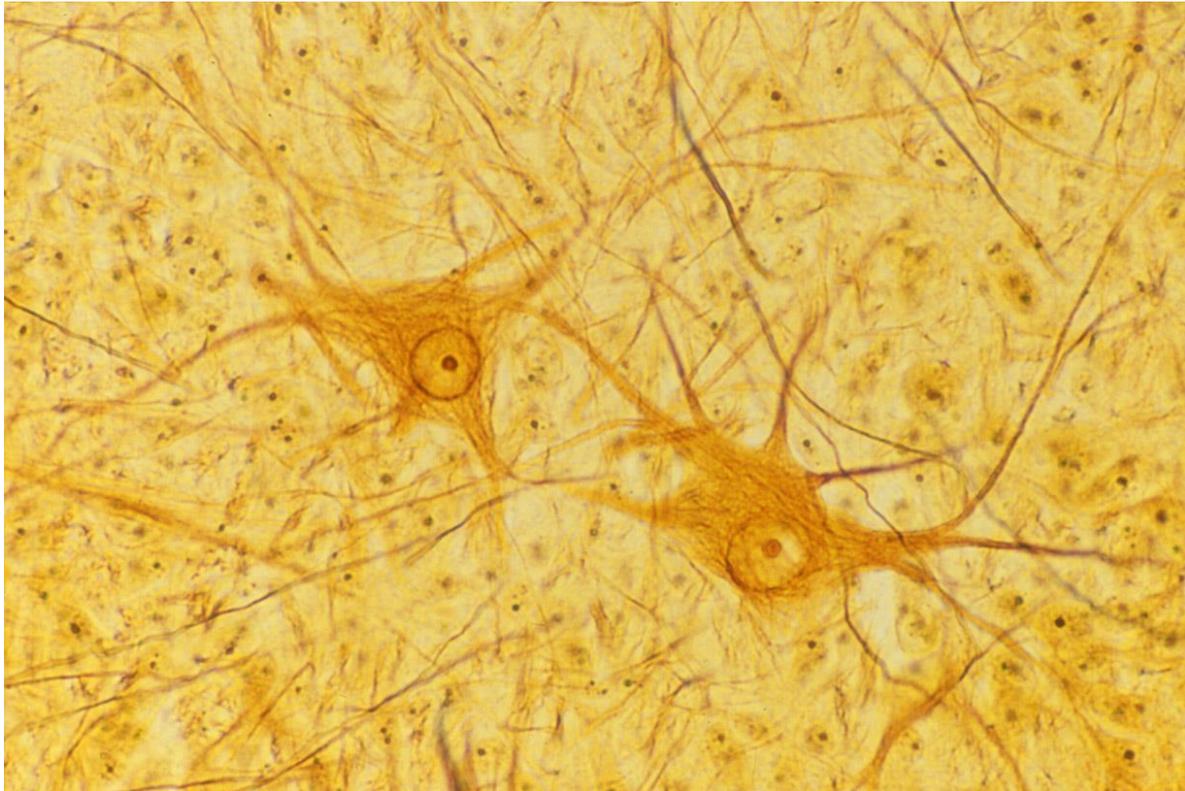


Figura 9 - Tessuto nervoso, evidenziato col metodo di Cajal. Un mm³ di corteccia cerebrale contiene in media 100.000 neuroni. [fonte](#)

A leggerla in altro modo però, la posizione di Rovelli, nel linguaggio della filosofia della mente, somiglia invece a una sorta di “emergenza debole” e quindi in finale a un punto vista riduzionistico: “La forma debole di emergenza⁴⁷ [...] di solito è esposta come segue. Dal momento che i nostri concetti e i nostri mezzi sperimentali sono troppo grezzi per catturare il dettaglio dei processi fisici microscopici supposti “fondamentali”, crediamo di vedere emergere nuovi effetti in grande scala. Si tratta dunque di un’apparenza, di una finzione, quasi di un’illusione che verrebbe immediatamente corretta se possedessimo concetti più sottili, o procedimenti sperimentali più potenti. Quindi, l’emergenza debole non differisce molto dal mero riduzionismo.”⁴⁸

Posizioni complesse - come questa di Rovelli - su temi complessi assumono pertanto un’indeterminazione interessante e per certi versi feconda: lo sforzo di conciliare posizioni tra loro diverse ma comunque legittime, nelle

⁴⁷ Per info sull’emergentismo: <https://it.wikipedia.org/wiki/Emergentismo>

⁴⁸ Bitbol (12 marzo 1954) è un filosofo della scienza francese, direttore di ricerca presso il CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique). Qui l’intervista da cui è tratta la citazione: http://gaianews.it/scienza-e-tecnologia/cose-la-coscienza-un-percorso-tra-filosofia-neuroscienze-e-fisica-quantistica-insieme-a-michel-bitbol-41939.html#.V723O_mLRhE

scienze della natura come nella filosofia della mente, conduce a volte a una *sintesi* di grado superiore che amplia le nostre conoscenze del mondo. Se vogliamo, ad esempio, [la medicina psicosomatica](#) (“malattie *ex emotione*”) ha sdoganato empiricamente l’unità corpo/mente, e ha aiutato un mucchio di persone ad essere più *consapevoli* della propria mappa del mondo e, forse, più felici. Ma non è tanto il tema dell’unità tra corpo e mente che ci interessa, sebbene sia un passaggio importante, quanto quello di una nostra possibile capacità di *evoluzione* che sfrutti (e riconosca) l’abilità di espandere i nostri concetti: se non abbiamo le parole per narrare la Meccanica Quantistica, forse vuol dire che non abbiamo sviluppato una mappa concettuale adeguata. E restiamo con delle equazioni straordinarie, bellissime⁴⁹, ma ancora senza parole e senza intuizioni per poterla davvero comprendere.

“Cambiare gradualmente la nostra struttura concettuale”, come suggerisce Rovelli, ci riporta alla mappa e al territorio, e dunque a Bateson e un po’ anche alla PNL. In un capitolo intitolato “Essere adatti al futuro”, Robert Dilts scrive che “*le mappe mentali relative a chi siamo e a cosa sia possibile nel mondo* devono diventare più ampie, e dobbiamo percepire le vecchie limitazioni in modo del tutto nuovo. Questo significa svincolarci dalla nostra vecchia mentalità e pensare fuori dagli schemi, imparando al livello di quello che l’antropologo e teorico dei sistemi Gregory Bateson chiamava [Apprendimento IV](#)”⁵⁰ Sempre Dilts, in un altro libro, sostiene che “l’accesso all’apprendimento IV richiede una forte connessione con il nostro pensiero inconscio e deriva dagli stati che implicano il fatto di essere centrati e aperti a tutte le possibilità, senza dare giudizi o interpretazioni. [...] Gli atti di genio hanno di solito le caratteristiche dell’apprendimento IV”⁵¹

La coscienza è consapevolezza dell’esperienza, quindi è consapevolezza di un sé che fa qualcosa: Bitbol ci ricorda che però, prima della consapevolezza dell’esperienza, c’è un livello inferiore che è l’esperienza stessa, “pura”: ed è questa un fenomeno di straordinaria complessità, è la “struttura profonda” di Bandler e Grinder (cfr il fondante “[La struttura della magia](#)”). Il loro metamodello⁵², accennato nel paragrafo 7, somiglia da un punto di vista funzionale al linguaggio matematico, nel senso che tenta

⁴⁹ Cfr nota 9, pag. 5

⁵⁰ in *L’Evoluzione della PNL. Dalle origini alla next generation* di Robert Dilts, Judith DeLozier, Deborah Bacon Dilts, ed. Alessio Roberti, 2014

⁵¹ Robert Dilts “il manuale del coach” ed NLP Italy, 2004

⁵² <https://it.wikipedia.org/wiki/Metamodello>

idealmente di raggiungere l'esperienza diretta, "profonda" – per decrittarla e descriverla - a partire da un'esperienza "superficiale", mediata da innumerevoli filtri percettivi, che possiamo indagare ma non risolvere nei suoi componenti fondamentali. Ma da questa parte, il vicolo porta di nuovo al raffinato riduzionismo emergentista (o presunto tale) di Rovelli.

Ed ecco l'orgia anticipata all'inizio: se introduciamo concetti di filosofia della mente, entriamo (se mai ne eravamo usciti) nel mondo della interpretazione della meccanica quantistica. E l'interpretazione è cugina della suggestione, e la suggestione è la madre di tutti i vizi. Di questo passo, a parte l'interpretazione di Copenaghen, chi altri ci impedisce di dire che "la coscienza e gli oggetti sono in entanglement e non possono essere considerati distinti", aderendo alla teoria speculativa secondo cui è la coscienza che causa il collasso d'onda? Chi ci impedisce di accettare in blocco le [idee di Bohm](#)? A proposito di Bohm:

Forse definire pseudoscientifica la teoria di Bohm è eccessivo. In effetti essa ha una sua coerenza logica, un'elegante veste matematica ed è perfettamente compatibile con le evidenze sperimentali. La critica che si può rivolgere a tale teoria è di essere un tantino metafisica. In pratica ipotizza l'esistenza di qualche cosa di cui non esiste alcuna evidenza empirica e che, francamente, non è neppure necessario ipotizzare. La teoria di Bohm può essere sotto certi aspetti affascinante, ma è solo una delle molte ipotesi proposte per tentare di spiegare gli aspetti paradossali e sconcertanti della meccanica quantistica. A oggi nessuna di queste ipotesi è risultata convincente e la maggior parte dei fisici semplicemente si astiene dal pronunciarsi su questioni interpretative ed epistemologiche, limitandosi a descrivere come la realtà si comporta (cosa che la meccanica quantistica riesce comunque a fare molto bene). Il principale problema di queste ipotesi è che non esistono metodi per verificarle, per confrontarle tra di loro e vedere se descrivano effettivamente la realtà. Per questo motivo, essendo di fatto infalsificabili, sono ipotesi sostanzialmente metafisiche. Se la teoria di Bohm ha comunque una sua coerenza, purtroppo essa è stata frequentemente presa in prestito da molti esponenti del pensiero New Age e alternativo che, fraintendendola ed esasperandola in modo indebito, l'hanno utilizzata per

cercare di fornire una base scientifica alle loro bizzarre visioni del mondo.”⁵³

Siamo d'accordo, ma capiamo anche la voglia di spiegazioni. Sia detto con perplessità: alle volte la Fisica ci fa sembrare la nostra realtà (il territorio) un po' irreali, un po' un'ombra, mentre ci garantisce che solo la matematica – l'idea, la mappa – descrive quel che c'è sotto, o dentro, o probabilmente dappertutto, in un qualche modo non determinabile, un po' onda e un po' particella, un po' qui e un po' lì o sia qui che lì, un po' per celia e un po' per non morir.

Torniamo a noi, anzi a Rovelli. “Quello che impariamo a conoscere”, ci dice, “anche se lentamente e a tentoni, è il mondo reale di cui siamo parte. Le immagini che ci costruiamo dell'universo vivono dentro di noi, nello spazio dei nostri pensieri, ma descrivono più o meno bene il mondo reale di cui siamo parte. Seguiamo tracce per descrivere meglio questo mondo. Quando parliamo del Big Bang o della struttura dello spazio, quello che stiamo facendo non è la continuazione dei racconti liberi e fantastici che gli uomini si sono narrati attorno fuoco nelle sere di centinaia di millenni. E la continuazione di qualcos'altro: dello sguardo di quegli stessi uomini, alle prime luci dell'alba, che cerca fra la polvere della savana le tracce di un'antilope — scrutare i dettagli della realtà per dedurne quello che non vediamo direttamente, ma di cui possiamo seguire le tracce.” (*Sette brevi lezioni di fisica*, cit, pag. 74)

10. APPRENDERE E COMPRENDERE

Abstract: qui finalmente scegliamo come pensarla

La risposta sulla vita,
l'Universo e tutto quanto è:

42

Scegliamo la posizione di Rovelli. L'idea che occorre ampliare la nostra capacità concettuale è stimolante in termini di evoluzione e crescita, diremmo quasi “di specie”. In questo senso, in questa direzione pensiamo

⁵³ <http://www.vialattea.net/esperti/php/risposta.php?num=7230>

sia utile meditare sul tema della realtà così come ce la raccontano gli scienziati di frontiera; meditare le distanze tra parole e cose designate, tra segni e significati, tra matematica e poesia: meditare quelle distanze come semplici suggestioni, facendo *come se* potessimo davvero intuire, capire qualcosa di più di quello che abbiamo capito finora.

Assodato che il linguaggio “comune”, quello *vecchia maniera*, non può raccontarci la funzione d’onda e l’indeterminazione, l’entanglement e la non località, l’onda che è particella che è onda, allora non resta che “sviluppare la coscienza” e allenarci a pensare meglio e più forte, a meditare questi strani concetti fidando che a un certo punto – guardandoci nello specchio della mente - vedremo spuntare i nostri nuovi, scolpiti, addominali psichici.

Scegliamo l’idea che “la coscienza rappresenta un vantaggio evolutivo”⁵⁴, e poniamo l’io a comun denominatore dell’esperienza: eccoci così fare di nuovo corto circuito e tornare alle prime righe di questo pezzo, quando leggevamo le definizioni di “suggestione” e la Treccani diceva: “Fenomeno della coscienza per cui un’idea, una convinzione, un desiderio, un comportamento sono imposti dall’esterno, da altre persone”

Scegliamo di accettare che la suggestione è un fenomeno della coscienza per cui un’idea, una convinzione sono – non imposti – ma *suggeriti* (lat. *suggestio*) dall’esterno, da altre persone. Persone, ad esempio, come certi Premi Nobel per la Fisica che scrivono libri di divulgazione scientifica. E questo suggerimento attiva un processo per la coscienza, che usa il fenomeno suggestivo – e le analogie - per allenare se stessa.

Diceva Bohr nel 1937: “L’intera struttura concettuale della fisica classica, portata a così splendida unità e compiutezza da Einstein, riposa sull’ipotesi, consona con la nostra quotidiana esperienza dei fenomeni fisici, che è possibile distinguere tra il comportamento degli oggetti materiali e l’osservazione degli stessi. Per trovare un parallelo alla lezione offertaci dalla teoria atomica sulla limitata applicabilità di simili, abituali idealizzazioni, dobbiamo volgerci a rami del tutto differenti dalla scienza, come la psicologia, o anche a quel tipo di problemi epistemologici che già pensatori come Buddha e La Tze hanno affrontato nel tentativo di

⁵⁴ La citazione completa: “La coscienza rappresenta un vantaggio evolutivo perché è un mezzo attraverso il quale l’individuo può produrre delle risposte adattative “in tempo reale”. Senza la coscienza, infatti, un organismo è costretto a valutare le sue azioni dall’effetto che esse producono; mentre attraverso la coscienza esso può monitorarne mentalmente l’effetto mentre sono ancora delle intenzioni. (da <http://www.neuroscienze.net/?p=3733>)

armonizzare la nostra posizione di spettatori e attori a un tempo del grande dramma dell'esistenza. Il riconoscimento di un'analogia di carattere puramente logico fra i problemi che si presentano in domini tanto separati dell'interesse umano non comporta però in alcun modo l'introduzione nella fisica atomica di tratti mistici, estranei al vero spirito della scienza; al contrario, ci sprona a esaminare se lo scioglimento dei paradossi inaspettatamente incontrato nell'applicazione dei concetti più semplici ai fenomeni atomici non possa aiutarci a chiarire difficoltà concettuali in altri campi dell'esperienza."⁵⁵

E' una posizione, la nostra, intermedia tra l'accettazione acritica di un modello analitico e funzionale, che descrive in modo rigoroso quanto finora sappiamo, e l'intimo sospetto – la ὑβρις, dirà qualcuno – di una virata scientifica di là da venire e che tornerà (o arriverà) a chiedersi – in chiave contemporanea, adatta ai tempi, rigorosa – “Il senso delle cose”⁵⁶.

Nella costruzione della nostra posizione, siamo debitori anche a Ernesto De Martino – un antropologo sui cui studi ci siamo laureati quasi vent'anni orsono - e alla sua nozione di “etnocentrismo critico”:

“Questo è da intendersi come sforzo supremo di allargamento della propria coscienza culturale di fronte ad ogni cultura "altra", e come sofferto processo di presa di coscienza critica dei limiti della propria storia culturale, sociale, politica”⁵⁷

Ci piace anche rileggere Newton, quando diceva: “Spero, quasi ad esempio, di mostrare quanto la matematica valga in filosofia naturale e quindi di esortare i geometri ad accingersi a un più stretto esame della natura, e gli amanti della scienza naturale ad appropriarsi prima della geometria [...] affinché, filosofando i geometri ed esercitando la geometria i filosofi, otteniamo, invece di congetture e cose probabili, che si smerciano ovunque, una scienza della natura finalmente confermata con la più alta evidenza.”⁵⁸

Ci piace infine ricordare la smisurata suggestione di quanto già citato in Bohr a proposito della volizione come “causa intelligente” (dunque “acausale” in termini di meccanica), dell'esito probabilistico degli eventi

⁵⁵ Niels Bohr, *I quanti e la vita*, Bollati Boringhieri, Torino 1965, pag. 44

⁵⁶ *Il senso delle cose* è anche un altro libro di Feynman, edito da Adelphi

⁵⁷ www.filosofico.net/demartino.htm

⁵⁸ Cit. in Guicciardini, Newton, Carocci pag. 69

subatomici.

E poi che ne sappiamo? Magari meditare su qualcosa ci fa bene di per sé, come sembra suggerire l'etimologia stessa del verbo “meditare”, *meditari*. Sta per *curare* e viene da una radice che vuol dire sia *misurare* che *pensare*. E chissà che a un certo punto, mentre mettiamo in moto o prepariamo il pranzo, alzando appena la testa al cielo o al soffitto, non ci torni in mente questo tempo passato a leggere e a pensare, a misurare la nostra capacità di comprendere, e ci salti in testa il barlume di un'idea, piccola come un seme, ma giusta per andare avanti sulla strada che abbiamo scelto.

Chiudiamo con alcune ulteriori citazioni, pensate appunto per essere meditate. Le immaginiamo simili a *koan* ma cucinate all'occidentale, senza spezie esotiche indigeste che lascino in bocca sapori strani tipo bacche di goji.⁵⁹

Come ha detto un insegnante di matematica, “so che è facile intuire mentre è difficile esplicitare le regole: si tratta di trasformare l'intuizione in ragionamento, e questo è uno degli scopi della matematica”⁶⁰

⁵⁹ Allo stesso modo, suggeriamo le equazioni come eleganti esempi di *mandala* analitici per le nostre menti razionali e ricordiamo Rovelli: “Ci vuole un percorso di apprendistato per digerire la matematica di Riemann e impadronirsi della tecnica per leggere quest'equazione. Ci vuole un po' di impegno e fatica. Ma [...] il premio è la bellezza e occhi nuovi per vedere il mondo”.

⁶⁰ <http://www.ripmat.it/mate/b/bc/bcc0.html>

L'identità di Eulero⁶¹

$$e^{i\pi} + 1 = 0;$$

Benjamin Peirce sull'identità di Eulero: "Signori, posso dirlo con certezza, è assolutamente paradossale; non possiamo capirla, e non sappiamo che cosa significa. Ma l'abbiamo dimostrata, e quindi sappiamo che deve essere la verità." ([wikipedia](#))

"La traiettoria non esiste nel suo divenire"

Roberto Battiston, [video](#), min. 40.07, spiegando il principio di indeterminazione di Heisenberg

Heisenberg sul principio di complementarità: "Anche se esiste un corpo di leggi matematiche *esatte*, queste non esprimono relazioni tra oggetti esistenti nello spazio-tempo"

- "la soluzione dell'equazione di Schrodinger, detta 'funzione d'onda' è una descrizione incredibilmente accurata del mondo reale" (Roberto Battiston, video cit, min 5.06)

"Quando nuovi insiemi di fenomeni inducono a cambiamenti negli schemi di pensiero [...], perfino il più eminente dei fisici incontra difficoltà insormontabili. Poiché la richiesta di cambiamento degli schemi mentali può generare la sensazione che il terreno sfugga da sotto i piedi [...]. Credo che a questo punto difficilmente le difficoltà possano essere sopravvalutate. Quando uno ha sperimentato la disperazione con cui intelligenti e concilianti uomini di scienza hanno reagito alla richiesta di un cambiamento dei propri schemi mentali, può solo rimanere stupito che simili rivoluzioni nella scienza siano semplicemente state possibili.

(W. Heisenberg, across the frontiers, harper & row, New York, 1974, pag. 162)

la fisica quantistica [richiede] una nozione di realtà sostanzialmente diversa da quella della fisica classica. [...] La meccanica quantistica richiede anche una logica sostanzialmente diversa da quella della fisica classica, [e mostra] così matematicamente che la rottura col senso comune richiesto dalla fisica dei quanti è sia radicale che irrimediabile.

Piergiorgio Odifreddi,

<http://itis.volta.alessandria.it/episteme/odifr1.html>.

E=MC²

"Secondo l'equazione di Einstein E=mc², la massa non si trasforma in energia o viceversa. L'energia è massa" ("La danza dei maestri Wu Li", di Gary Zukav (1978, ed. it. Corbaccio 2004. pag. 137)

- "Dio non gioca a dadi con l'universo." (A. Einstein)
- "Piantala di dire a Dio che cosa fare con i suoi dadi." (Niels Bohr)
- "Dio non solo gioca a dadi, ma bara." (J. Bell)

Fonte

61 In matematica, l'identità di Eulero (1748) è il caso particolare della formula di Eulero in cui la variabile è uguale a pi greco. Questa uguaglianza è stata chiamata da Feynman il "la formula più straordinaria in matematica" e "il gioiello di Eulero".

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Jim Al-Khalili, *La fisica del diavolo. Maxwell, Schrödinger, Einstein e i paradossi del mondo*, Torino, Bollati Boringhieri, 2012
- R. Bandler, J. Grinder, *La Struttura della Magia*, Roma, Astrolabio, 1974
- J. D. Barrow, *Perchè il mondo è matematico*, Bari, Laterza, 1992
- N. Bohr, *I Quanti e la Vita*, Torino, Bollati Boringhieri, 1965,
- Ernesto De Martino, *La terra del rimorso. Contributo a una storia religiosa del Sud*, Milano, Il Saggiatore, 1994
- A. Einstein e L. Infeld, *L'evoluzione della fisica*, Torino, Bollati Boringhieri, 1965
- M. Fabbrichesi, *Pensare in formule: Newton, Einstein e Heisenberg*, Torino, Bollati Boringhieri, 2004
- R. Feynman, *Sei pezzi facili*, Milano, Adelphi 1994
- Arthur I. Miller, *L'equazione dell'anima: l'ossessione per un numero nella vita di due geni*, Milano, Rizzoli 2009
- Pitagora, *Versi d'oro*, Bari Laterza, 1931
- C. Rovelli, *Sette brevi lezioni di Fisica*, Milano, Adelphi, 1994,
- G. Zukav, *La danza dei maestri Wu Li*, Milano, Corbaccio 2004
- Giovanni Villani, *La chiave del mondo. Dalla filosofia alla scienza: l'onnipotenza delle molecole*, Cuen, 2001