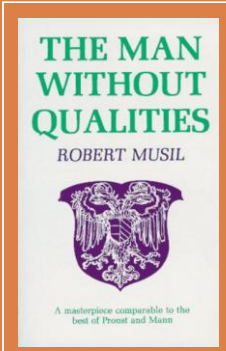
YAEL BALABAN, CENTRUM SETE SOIS SETE LUAS, PONTEDERA

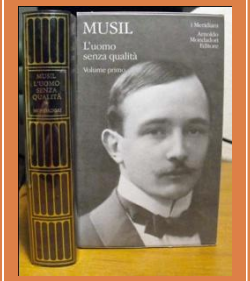
Le idee grandi… sono fatte di un corpo che, come quello umano, è compatto ma mortale, e di un'anima eterna che ne costituisce il significato ma non è compatta, anzi, ad ogni tentativo di afferrarla con fredde parole, si dissolve nel nulla… sfiorisce, si fossilizza, e alla fine non ci resta in mano nient'altro che la misera impalcatura logica dell'idea

ROBERT MUSIL, 1880-1942

ROBERT MUSIL E L'INDETERMINATEZZA DI INIZIO XX SECOLO

di Anna Maria Gennai





Robert Musil, austriaco, "troppo intelligente per essere un poeta"[1], è ritenuto uno dei maggiori romanzieri della prima metà del secolo scorso. Il suo romanzo più importante, incompiuto, frutto di venti anni di lavoro, è *L'uomo senza qualità*. Il protagonista, Ulrich, è incapace di costruire rapporti veri con il mondo; rappresenta la crisi e la dissoluzione del soggetto, tematica frequente nei primi del Novecento. Influenzato dal pensiero di Nietzsche e dalle teorie di Mach, Musil fa fluttuare il suo personaggio nell'indeterminatezza del reale derivata dalle scoperte nel mondo della fisica di inizio secolo, che sconquassarono le teorie scientifiche classiche basate sul rapporto di causa e effetto.

1 Fu questa la motivazione presentata dall'Accademia dei poeti tedeschi nel 1932 per non premiare Musil e assegnare il riconoscimento a Gottfried Benn.

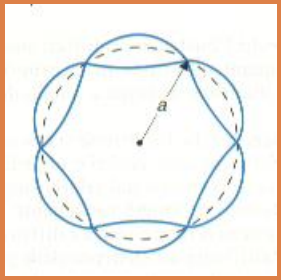
Negli anni venti del secolo scorso, la scoperta dell'effetto Compton e l'analisi dell'effetto fotoelettrico dei raggi X confermarono la teoria dei quanti di luce di Einstein: le radiazioni avevano una struttura discontinua. Si scoprì in sostanza che la luce aveva una duplice essenza; era un'onda, ma era anche costituita da pacchetti, o quanti, di energia: i fotoni. Sorse allora l'interrogativo se questo duplice aspetto, ondulatorio e corpuscolare, si potesse presentare anche in altri elementi del mondo fisico, in particolare ci si chiese se il dualismo potesse caratterizzare anche il comportamento dell'elettrone:

"Se era vero che l'elettrone nei fenomeni macroscopici si era sempre comportato come un semplice corpuscolo, non si era dovuto imporgli delle strane condizioni di quantizzazione in cui comparivano dei numeri interi per esprimere il suo modo di comportarsi nell'interno degli atomi?

Un tale modo di completare, restringendola, l'applicazione della dinamica classica all'elettrone ne indicava abbastanza bene l'insufficienza e stabiliva nettamente che le proprietà dell'elettrone non erano sempre quelle di un semplice corpuscolo. Riflettendovi, l'intervallo dei numeri interi per caratterizzare gli stati stazionari degli elettroni atomici appariva sintomatico. Infatti i numeri interi si incontrano in tutti i rami della fisica in cui si considerano delle onde: in elasticità, in acustica, in ottica. Essi intervengono nei fenomeni di onde stazionarie, di interferenza e di risonanza. Si poteva dunque pensare che l'interpretazione delle condizioni di quantizzazione condurrebbe ad introdurre un aspetto ondulatorio degli elettroni atomici. Appariva dunque urgente e fecondo attribuire all'elettrone e, più generalmente, a tutti i corpuscoli una natura dualistica analoga a quella dei fotoni dotandoli di un duplice aspetto, ondulatorio e corpuscolare, fondato sul quanto di azione".

(L. de Broglie)

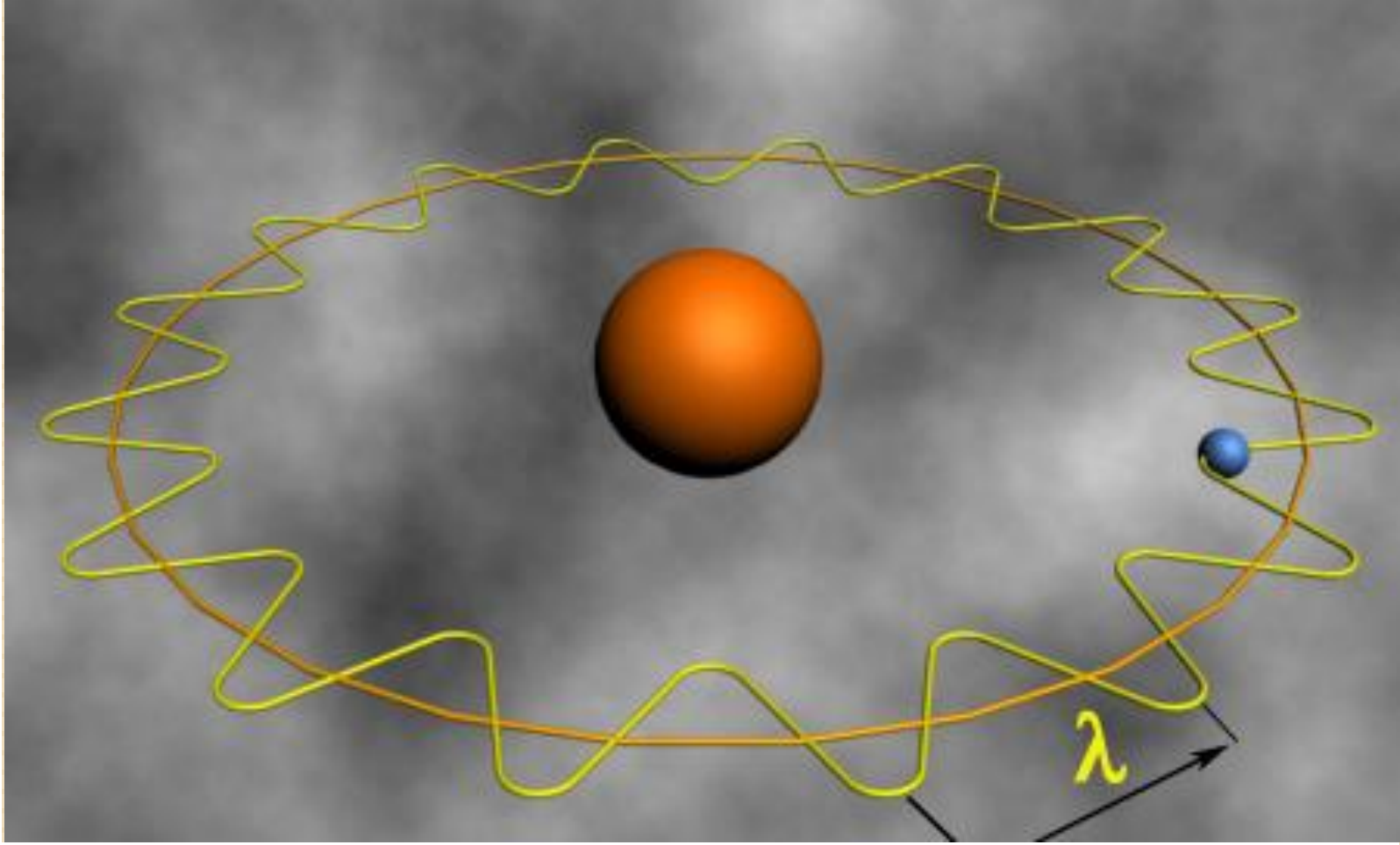
Secondo l'intuizione del fisico francese Luis de Broglie, anche le particelle potevano presentare un carattere ondulatorio, avere associata una equazione con una lunghezza d'onda caratteristica.



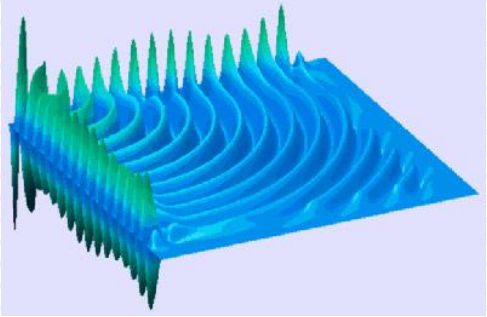
Il movimento dell'elettrone attorno al nucleo, secondo de Broglie

Le sue previsioni teoriche furono confermate sperimentalmente nel 1927 dai fisici Davisson e Germer. Inviando un fascio di elettroni su un cristallo, mostrarono che il fascio diffratto si comportava esattamente come un'onda luminosa di lunghezza d'onda espressa

dalla relazione di de Broglie $\lambda = \frac{h}{mv}$, in cui m è la massa delle particelle, v la loro velocità e h=6.63·10^{-34}Js è la costante di Plank.



Il modello di de Broglie



Funzione d'onda rapresentativa dello scattering di due elettroni nella collisione di un elettrone con un atomo di idrogeno.

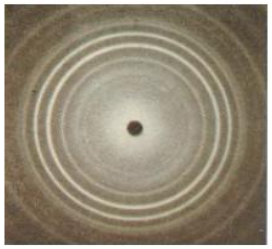
Dualismo onda-corpuscolo

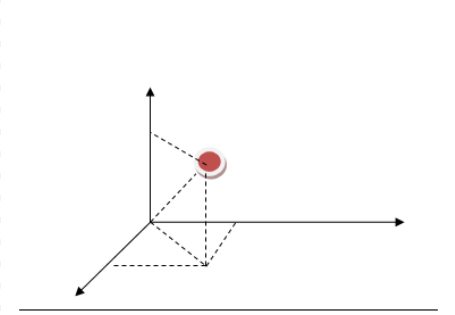
In conclusione possiamo affermare che tutti i fenomeni naturali sono caratterizzati da un duplice aspetto, corpuscolare e ondulatorio. Il motivo per il quale non ci accorgiamo del comportamento ondulatorio della materia è dovuto al fatto che spesso la lunghezza d'onda della radiazione associata è troppo piccola perché con un esperimento si possa osservare. Facciamo un esempio. La lunghezza d'onda relativa a un oggetto di massa m che si muove alla velocità v è espressa dalla formula:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

Un mandarino di un etto, che si muove con una velocità di 5 m/s, ha una lunghezza d'onda di $3.32 \cdot 10^{-34}$ metri, troppo piccola per essere visualizzata. Un elettrone, che ha una massa molto inferiore, circa $9.1 \cdot 10^{-31}$ kg, se si muove ad una velocità non troppo elevata, possiede una lunghezza d'onda molto maggiore, paragonabile ad esempio alle distanze tra gli atomi di un cristallo, per cui è possibile visualizzare le immagini di diffrazione prodotte da un fascio di elettroni attraverso un cristallo, come mostra la figura seguente, in cui è possibile notare il comportamento simile di una radiazione e di un fascio di particelle.

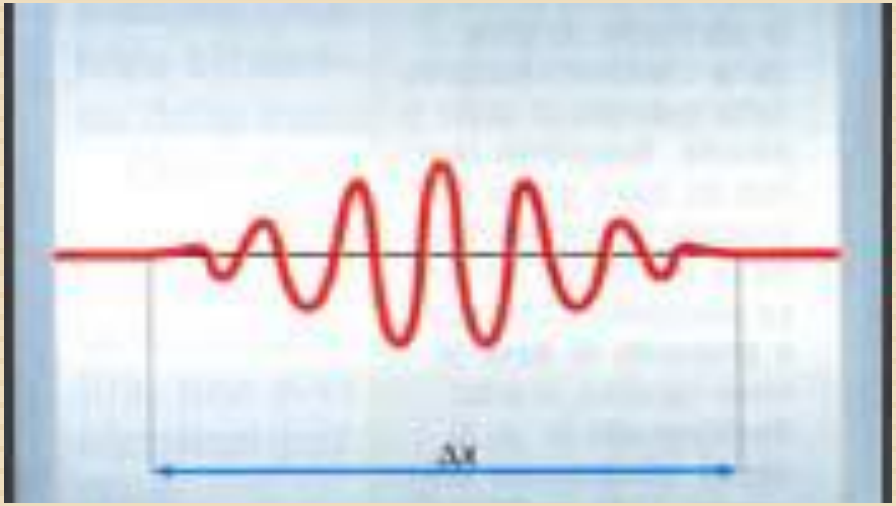
Immagini della diffrazione di raggi X (a sinistra) e di elettroni (a destra) attraverso polveri di cristallo





Posizione di una particella materiale all'istante t rispetto a un riferimento prestabilito

Giunti a questi risultati sorgeva un altro dilemma: se gli elettroni sono onde, come è possibile localizzarli con esattezza? Voglio dire che se ho una particella, cioè un oggetto immaginabile come una sferetta, posso individuarne con precisione la posizione, che ad un certo istante t , rispetto a un sistema di riferimento prefissato, potrò indicare con x, ma se ho un'onda dovrò accontentarmi di affermare che a un certo istante t si troverà in un intervallo x, $x+\Delta x$, dove Δx è l'ampiezza dell'intervallo di incertezza.



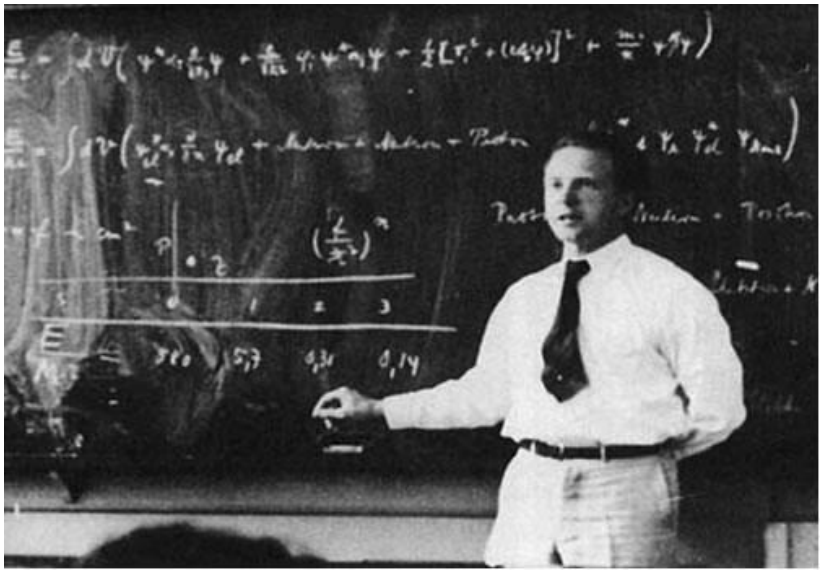
Posizione di un elettrone nello schema ondulatorio

Nel 1927 il fisico tedesco Werner Karl Heisenberg dimostrò che l'incertezza sulla posizione Δx è legata alla incertezza sull'impulso Δp dalla relazione:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq h / 2\pi$$

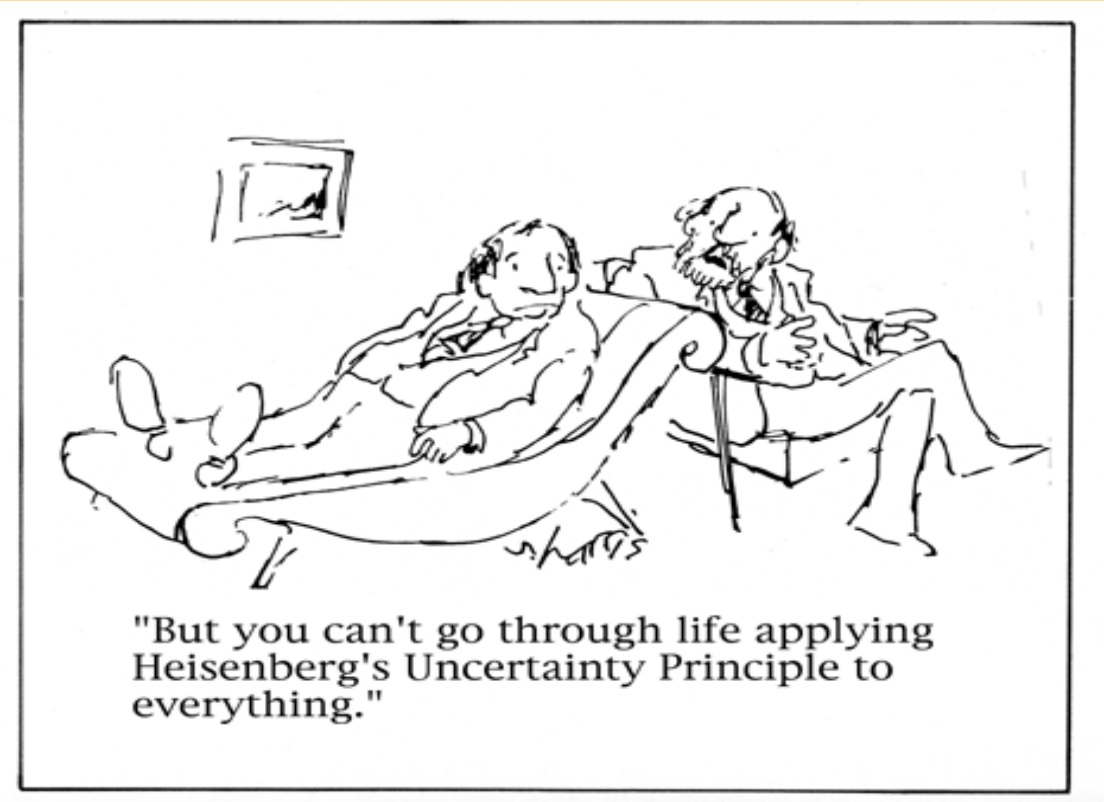
Le misurazioni modificano lo stato dei sistemi microscopici e non si può più parlare del rapporto causa-effetto[3].

Werner Heisenberg



3 Tuttavia è stato dimostrato che anche se l'effetto di una misura può modificare lo stato di una particella elementare, l'indeterminazione è intrinseca nella natura, "esisterebbe anche se ci fosse una sola particella nell'universo" (cfr. *www.roma1.infn.it/MQ per Filo -da Heisenberg Husserl)*

Non possiamo essere sicuri sulla posizione di un elettrone e contemporaneamente conoscere la sua velocità, possiamo solo determinarli con una certa probabilità. Non ha più senso chiedersi dove si trovi un elettrone e che velocità abbia, ma possiamo solo chiederci con quale probabilità possiamo trovare la particella in una certa posizione e con una certa velocità. Il risultato di Heisenberg, noto come principio di indeterminazione, ebbe conseguenze anche in ambito filosofico. Il determinismo newtoniano secondo il quale la conoscenza di un sistema ad un certo istante permetteva, grazie alle leggi della fisica classica, di conoscerne lo stato all'istante successivo, doveva lasciare il posto all'indeterminismo e a previsioni di tipo probabilistico.



Molti fisici non erano convinti che l'indeterminismo fosse una proprietà della materia; pensavano piuttosto che le leggi della fisica classica dovessero funzionare anche a livello microscopico e se a noi sembrava che non valessero più, pensavano che fosse soltanto per dei limiti umani sulla capacità di investigare il mondo infinitamente piccolo. Tra i fisici che la pensavano in questo modo c'era Einstein:

"*Una voce interiore mi dice che non è ancora la soluzione giusta. È una teoria che ci dice molte cose, ma non ci fa penetrare più a fondo il segreto del Gran Vecchio. In ogni caso, sono convinto che questi non gioca a dadi.*" Il principio di causalità, per il quale esiste un legame tra la causa e l'effetto, per Einstein era la base per costruire razionalmente le teorie fisiche; affermare che questo rapporto di causa-effetto aveva dei limiti, appariva come un limite per la ragione umana.

Le concezioni di Pierre De Laplace (1749-1827, matematico, fisico, astronomo francese) erano tutto sommato ancora vive:

"Possiamo considerare lo stato attuale dell'universo come l'effetto del suo passato e la causa del suo futuro. Un intelletto che a un determinato istante dovesse conoscere tutte le forze che mettono in moto la natura, e tutte le posizioni di tutti gli oggetti di cui la natura è composta, se questo intelletto fosse inoltre sufficientemente ampio da sottoporre questi dati ad analisi, esso racchiuderebbe in un'unica formula i movimenti dei corpi più grandi dell'universo e quelli degli atomi più piccoli; per un tale intelletto, nulla sarebbe incerto; e il futuro, proprio come il passato, sarebbe evidente davanti ai suoi occhi."

Ma il principio di indeterminazione di Heisenberg, considerato il principio base della meccanica quantistica,

è risultato compatibile con gli esperimenti condotti per quasi un secolo, segnando il passaggio dalla concezione causale del mondo microscopico ad una concezione statistica.

"Il 'se-allora' della fisica classica venne sostituito con un 'se-allora in una certa percentuale [...]. All'interrogativo 'che cos'e la materia?' non si può rispondere con semplici esperimenti fisici, ma occorre procedere a un'analisi filosofica della fisica: esso è condizionato dal quesito 'che cos'è la conoscenza?' La filosofia che diede vita all'atomismo venne sostituita nel diciannovesimo secolo dall'analisi sperimentale, finché questa non raggiunse una complessità tale da rendere nuovamente necessario il ricorso all'indagine filosofica[...] La natura non prescrive un'unica e specifica forma di descrizione, [...] la verità non è ristretta a un solo linguaggio. Possiamo misurare le case in piedi o in metri, la temperatura in gradi Fahrenheit o Celsius; e possiamo descrivere il mondo fisico in termini geometrici euclidei e non euclidei [...]. Quando usiamo sistemi di misura o geometrie diversi, parliamo linguaggi differenti, pur dicendo le stesse cose. La medesima pluralità di descrizioni sussiste, in forma più complessa, allorché il discorso verte su oggetti non osservati: vi sono molti modi di formulare la verità e fra loro tutti logicamente equivalenti."

Hans Reichenbach, tedesco, filosofo della scienza, 1891-1953

“Ho la convinzione profonda che esista una realtà fisica a noi esterna che è indipendente dal nostro pensiero e dai nostri mezzi di conoscerla” (de Broglie).

L. de Broglie
(1892-1987)

Congresso Solvay, 1927.

Sono riconoscibili:

Albert Einstein,
Erwin Schrödinger,
Wolfang Pauli,
Werner Heisenberg,
Paul Dirac.
Louis de Broglie,
Max Born,
Niels Bohr,
Max Planck,
Marie Curie.

ROBERT MUSIL

Questo è, in parte, lo scenario scientifico e filosofico dell'inizio del secolo scorso. Robert Musil intravede nell'espressione artistica il modo di fronteggiare il senso di incertezza prodotto dalle nuove teorie scientifiche; descrivendo lo smarrimento del suo personaggio, Musil tenta di trovare un riparo alla sopraggiunta impressione di inizio secolo circa l' irraggiungibilità dell'essenza della vita ("non si crede più alle forme solide"). Lo scrittore affida a un matematico, Ulrich, il compito di osservare la realtà, perché il personaggio sia capace di analizzare ciò che gli accade attorno in modo scientifico e razionale.

"La figura del matematico è usata come simbolo di un atteggiamento dello spirito" [4], perché la matematica è per Musil "una meravigliosa apparecchiatura spirituale fatta per pensare in anticipo tutti i casi possibili". "Il programma di ogni singola opera d'arte", continua Musil, "può essere questo: audacia matematica, dissolvimento della coscienza negli elementi, permutazione illimitata di questi elementi: tutto è in relazione con tutto, e da ciò trae sviluppo". La matematica è una "ostentazione di audacia della pura ratio" che "abbraccia alcune delle avventure più appassionanti e incisive dell'esistenza umana".

4 D'Ancona, Università di Roma, http://www.mat.uniroma1.it/people/dancona/divulg/lmneuo-testo-2006117.pdf

L'UOMO MATEMATICO

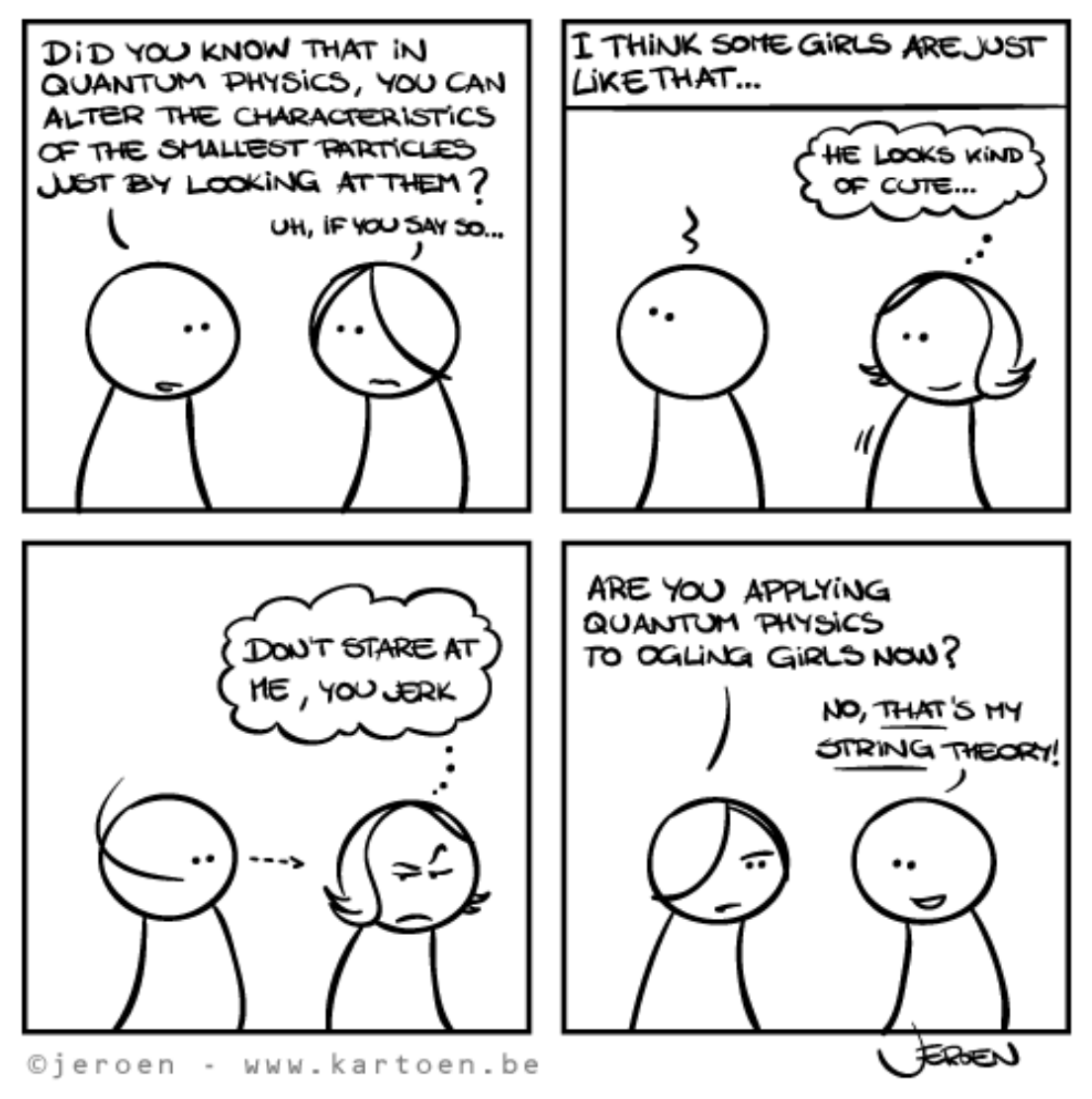
Come osserva Claudio Bertocci nella introduzione al libro *Racconti matematici*, il matematico non esita a denunciare lo “scandalo intellettuale” della crisi dei fondamenti, proprio grazie all'orgogliosa fiducia nella diabolica pericolosità del proprio intelletto che non si ferma davanti ad alcun pregiudizio. Nel saggio *L’uomo matematico*, Musil scrisse: «Abbiamo rovinato a tal punto la nostra letteratura che dopo aver letto di seguito due romanzi tedeschi dobbiamo risolvere un integrale per dimagrire. Non si ribatta che i matematici, fuori della loro materia, hanno solo idee banali, quando ne hanno, e che persino la loro logica li pianta in asso. Quello non è affar loro. Ma essi sanno fare nel proprio campo ciò che noi dovremmo fare nel nostro. Per questo la loro vita ha molto da insegnarci, e può essere per noi un modello: i matematici sono un'analogia dell'uomo spirituale dell'avvenire».

Non solo Dio gioca a dadi, ma qualche volta li lancia dove noi non li possiamo vedere[5]

5
Stephen Hawking, opera citata, pag.19

Fonti

- *Racconti matematici*, a cura di Claudio Bertocci, Einaudi 2010
- Robert Musil, *L'uomo senza qualità*, Mondadori
- Albert Einstein, *Come io vedo il mondo*, Newton & Compton
- Albert Einstein (*curato da* Enrico Bellone), *Opere scelte*, Bollati Boringhieri
- Luis de Broglie, *I quanti e la fisica moderna*, Einaudi
- Werner Heisenberg, *Fisica e filosofia*, Il Saggiatore
- C. Ciliberto, R. Lucchetti, *Un mondo di idee*, Springer
- Ugo Amaldi, *Le idee della fisica*, Zanichelli
- Stephen Hawking,*The Nature of Space and Time*, http:// arxiv.org/PS cache/hep-th/pdf/9409/9409195v1.pdf,
- http://alpha.science.unitn.i/~colletti/download/oldqm.pdf
- http://home.teletu.it/chimicagenerale/de_broglie.html
- http://homepage.sns.it/caprioli/MQ/Introduzione.pdf
- http://iononfaccioniente.files.wordpress.com
- http://www-phys.science.unitn.it/lcosfi/qsfdfe.pdf
- http://www.core.org.cn/OcwWeb/Electrical-Engineering-and-Computer-Science/6-728Fall-2006/CourseHome/index.htm
- http://www.nersc.gov/


DID YOU KNOW THAT IN QUANTUM PHYSICS, YOU CAN ALTER THE CHARACTERISTICS OF THE SMALLEST PARTICLES JUST BY LOOKING AT THEM?
UH, IF YOU SAY SO...
I THINK SOME GIRLS ARE JUST LIKE THAT...
HE LOOKS KIND OF CUTE...
DON'T STARE AT ME, YOU JERK
ARE YOU APPLYING QUANTUM PHYSICS TO OGLING GIRLS NOW?
NO, THAT'S MY STRING THEORY!
©jeroen - www.kartoen.be
JEROEN