



Stars' dust: God's spell

The essence of emptiness

*La vastità e l'età del cosmo sono al di là della comune capacità di immaginazione umana.
Il nostro minuscolo pianeta, la nostra casa, si perde fra l'infinito e l'eternità.*

Carl Sagan

Esame di stato A.S. 2007/2008

Approfondimento di:

Pippolo Angelina

Classe 5° A

Introduzione.

Ho sempre fissato il cielo con lo stesso occhio che avevo da bambina, a 7 anni. Non ho mai smesso, e non me ne pento. Era la mia passione; quelle lucine, che si facevano mirare con innocua malizia, sembravano fissate con degli spilli su quel manto nero come la pece che si stendeva sopra la mia testa, come quella di tutti. Ero solita prendere il mio libro di astronomia (ovviamente per bambini) e la sera uscivo di casa, cominciavo a puntare il dito al cielo parlando da sola e nominando, ogni volta, quasi con orgoglio, una costellazione che ero in grado di riconoscere. Cose semplici, forse anche banali, ma per i miei 7 anni erano scoperte sensazionali.

Con il passare del tempo, crescendo, non sono sicuramente divenuta un'esperta in Astrofisica, Astronomia, Cosmologia, ma quel calore che sentivo in petto molti anni fa, ora, a 18 anni, lo sento ancora, quando penso allo spazio, al tempo, al "vuoto", alle stelle cadenti, quando vedo quel cielo, sdraiata su di un prato a mezzanotte, con un'aria fresca estiva che si fa respirare con tanto piacere, quel cielo che sia di giorno che di notte ci copre le teste e che fa parte di noi, come noi di "lui". L'idea di essere polvere di stelle mi ha sempre fatta sentire dispersa, sperduta, nel mio piccolo, in un remotissimo angolo dell'universo. Ma nella mia insignificanza, ritengo che questa situazione, questo contesto, sia una magia, un incantesimo. E spero non finisca mai.

Con questo lavoro ho pensato di "dar vita" al vuoto, presentandolo sotto un *profilo fisico*. Ho pensato di non ampliare troppo questo testo, per non risultare pesante, o esageratamente scientifica. Ho preferito fare qualcosa di un po' più specifico, per quanto "semplice"; il vuoto (associabile al nulla, al *vuoto interiore*, alla solitudine, ad un nichilismo collegabile sia alla letteratura sia alla filosofia) nelle materie umanistiche (nel mio caso le scelte sono state filosofia e italiano) verrà trattato con più *leggerezza* (nonostante sia un argomento che mi interessa in tutto e per tutto), per quanto le conclusioni alle quali sono pervenuta, sviluppando, nel corso del tempo, questo lavoro, siano soprattutto di stampo umanistico e filosofico. E credo di poter asserire che queste pagine scritte, con il lavoro di ricerca che vi è alla base, mi hanno fatta crescere e resa più consapevole di me stessa quanto delle persone che mi stanno accanto. Spiegherò il perché.

Pippolo Angelina, classe 5ª A A.S. 2007/2008

Dedico questo lavoro (realizzato e completato anche grazie ai consigli di alcuni insegnanti, che ringrazio caldamente) alla mia famiglia, al mio migliore amico Alessandro, a Marta, amica sin dall'infanzia, e a tutte le persone alle quali voglio bene, perché senza di voi la mia vita non avrebbe senso. Con affetto.

"Ciò che si fa per amore è sempre al di là del bene e del male." Friedrich Nietzsche

Indice dei paragrafi

Introduzione	pag. 1
1. Il nero come sinonimo di vuoto - La "tappezzeria" cosmica: vuoti e materia	pag. 4
2. Il vuoto vero e proprio in astronomia e fisica classica	pag. 7
3. Il principio di indeterminazione di Heisenberg	pag. 8
4. ...e la visione del vuoto grazie all'avvento della Fisica Quantistica	pag. 9
5. Montale: un vuoto <i>alternativo</i>.....	pag. 16
6. ... e altri filosofi: Nietzsche.	pag. 18
7. Conclusioni personali	pag. 21
Bibliografia	pag. 27

Indice delle figure e tabelle

Fig. 1.1. / Fig. 1.2. Via Lattea magnificamente visibile in una chiara notte	pag. 4
Fig. 1.3. "Questi vuoti hanno la forma di grandi cavità quasi sferiche, e sono interconnesse in una specie di sterminata rete tridimensionale, come se fosse una ragnatela, ma non regolare."	pag. 5
Fig. 1.4. Perché lo spazio è buio?	pag. 5
Fig. 1.5. Diffusione della luce	pag. 6
Fig. 1.6. Cielo, nuvole,, luce.	pag. 6
Fig. 2.1. Tabella dei gradi di "vuoto"	pag. 7
Fig. 4.1. / Fig. 4.2. Le fluttuazioni quantistiche. Il concetto di probabilità nella Meccanica Quantistica è Importantissimo	pag. 9/10
Fig. 4.3. Fantasiosa (almeno in teoria) rappresentazione di una coppia particella-antiparticella	pag. 11
Fig. 4.4. Il principio di indeterminazione in relazione a tempo ed energia.	pag. 13

Indice delle citazioni

1. Bibbia	pag. 6
2. Seneca Libro 16, Lettera 99	pag. 7
3. James Clerk Maxwell	pag. 8
4. Giacomo Leopardi A se stesso (dai <i>Canti</i>)	pag. 14
5. Giovanni Pascoli La vertigine	pag. 15
6. Pier Paolo Pasolini Senza di te tornavo, come ebbro	pag. 15
7. Eugenio Montale da Ossi di seppia, 1925	pag. 16
8. Giacomo Leopardi Ad Angelo Mai quand'ebbe trovato i libri di Cicerone della Repubblica	pag. 16
9. Eugenio Montale (da Satura) Satura II	pag. 17
10. Eugenio Montale "Confessioni di scrittori (Intervista con se stessi)", Milano 1976	pag. 18
11. Friedrich Nietzsche "Die fröhliche Wissenschaft" (1882), tr. it. "La gaia scienza"	pag. 19
12. Friedrich Nietzsche "Frammenti postumi 1887-1888", fr 9 (35)	pag. 19
13. Martin Heidegger "La questione dell'essere (Sopra la linea) "	pag. 19
14. Friedrich Nietzsche Wille zur Macht (La volontà di potenza) (ed. Kröner)	pag. 20
15. Jean Paul Sartre "L'être et le néant" (1943), tr. it. "L'essere e il nulla"	pag. 21
16. Ilse deLange All the answers	pag. 22
17. Umberto Galimberti L'ospite inquietante - il nichilismo e i giovani (2007)	pag. 23
18. Brian Greene L'universo elegante - Superstringhe, dimensioni nascoste e la ricerca della teoria ultima	pag. 24
19. Brian Greene L'universo elegante - Superstringhe, dimensioni nascoste e la ricerca della teoria ultima	pag. 25
20. Brian Greene L'universo elegante - Superstringhe, dimensioni nascoste e la ricerca della teoria ultima	pag. 26

1. Il nero come sinonimo di vuoto

- La “tappezzeria” cosmica: vuoti e materia

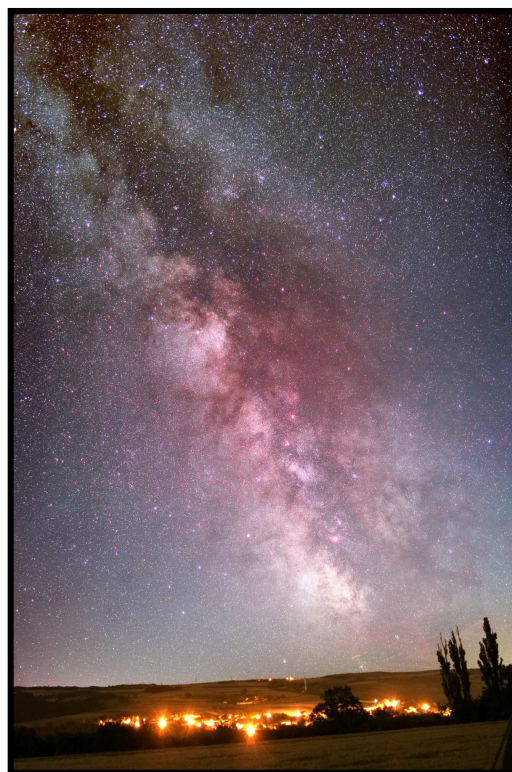
Alzando gli occhi al cielo, di sera, o di notte, qualsiasi occhio nota immediatamente il colore cupo, denso, del cielo, che sembra quasi asfitticamente costituito da neri abissi vuoti, più che da stelline luminose, galassie, dalla Via Lattea. Sembra esserci proprio una predominanza di un “nulla”, i più lo chiamano “lo spazio”, o si



Fig. 1.1. / Fig. 1.2. Via Lattea magnificamente visibile in una chiara notte

spingono più in là definendolo proprio *vuoto*, inteso come spazio privo di materia. In un certo senso è indiscutibile, se ci mettiamo dalla parte del “senso comune”; le stelle, come le galassie, i superammassi di galassie, i pianeti (la Terra non fa eccezione) sono dei granellini di sabbia dispersi in questo spazio, e ai giorni d'oggi, si può asserire che l'universo conoscibile è costituito per il 10% dalla materia, e per ben il 90% è.. “*vuoto, ossia privo di materia*”.

L'universo può essere immaginato come una “bolla di sapone” (la cui superficie può rappresentare, indicativamente, i “concetti” di spazio e il tempo) che trascina seco la materia, le stelle, le galassie, nel mentre in cui



possono essere visibili dei grandi “vuoti cosmici” (di recente sono state scoperte zone prive di materia con diametri anche di diecimila miliardi di chilometri): nell'universo esistono delle grandi regioni “vuote”, del diametro, mediamente, di decine di milioni di anni luce e prive di ga-

lassie. Questi hanno la forma di grandi cavità quasi sferiche, e sono interconnesse in una specie di sterminata rete tridimensionale, come se fosse una ragnatela, ma non regolare.

Pensiamo di essere distesi, ora, e di fissare il cielo. Sono le due di notte, e non c'è una sola nuvola che copre la volta celeste. **Perché è nero, questo cielo?** Perché parliamo di miliardi di miliardi di miliardi di stelle, galassie, superam-

massi di galassie, e in contemporanea ci ritroviamo a fissare una volta celeste che è praticamente nera? La risposta è abbastanza semplice, e la si può spiegare in due modi diversi, a seconda che si studi la cosa da un punto di vista soggettivo (ossia partendo dalla considerazione del fatto che noi viviamo qui, sul pianeta Terra, che ha come caratteristica fondamentale la presenza di una particolare atmosfera, e di una particolare posizione nel sistema solare) e da un punto di vista oggettivo, ossia considerando l'universo a partire da ciò che gli studi scientifici e le ricerche hanno potuto costruire riguardo al suo passato e, volendo, al suo possibile futuro.

Si tolga una certa percentuale di non visibilità dovuta all'illuminazione artificiale prodotta dall'uomo, che sicuramente rema contro l'osservazione; il motivo per cui ve-

diamo il cielo nero è il medesimo che ci consente di vederlo azzurro / blu di giorno: l'atmosfera è tale da "filtrare" i raggi solari. La luce proveniente dal Sole colpisce le molecole

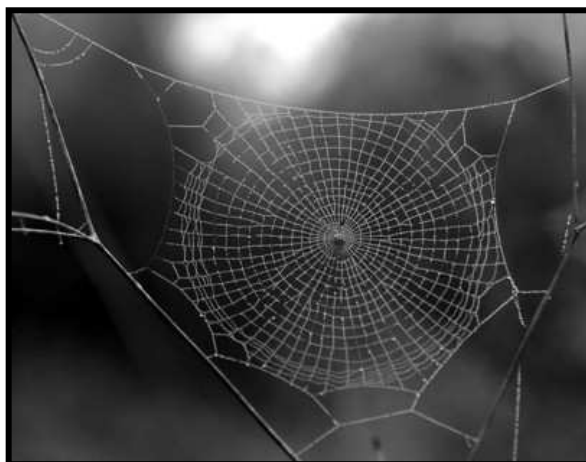


Fig. 1.3. “Questi vuoti hanno la forma di grandi cavità quasi sferiche, e sono interconnesse in una specie di sterminata rete tridimensionale, come se fosse una ragnatela, ma non regolare.”



Fig. 1.4. Perché lo spazio è buio?

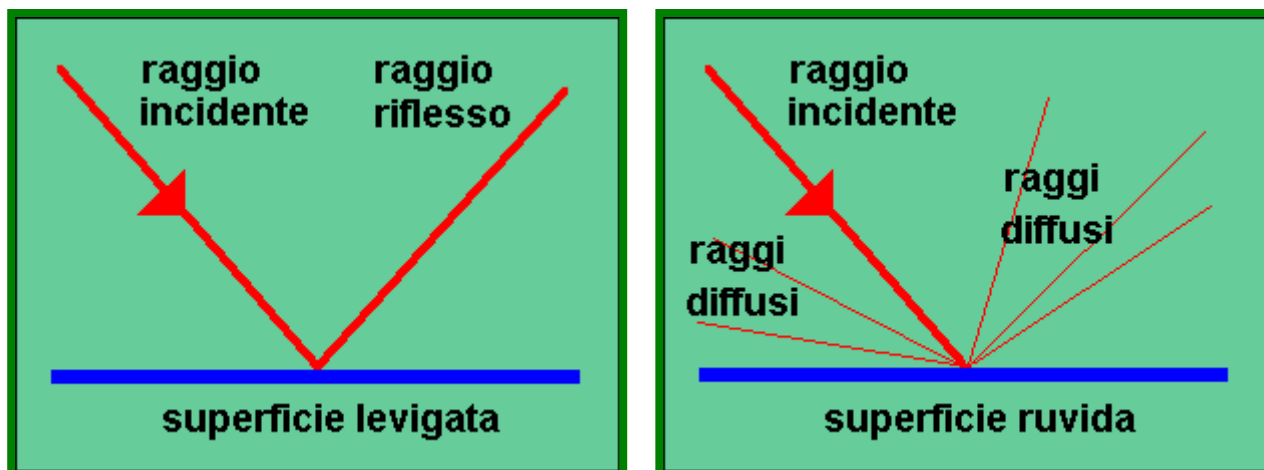


Fig. 1.5. Diffusione della luce

dell' atmosfera terrestre tutte le direzioni. Il cielo è un risultato del diffusione. Di notte, della Terra in cui ci in direzione opposta al nero perché non ci luminose vicine, come il possa essere diffusa.



Fig. 1.6. Cielo, nuvole,, luce.

e viene diffusa in colore blu del processo di quando la parte troviamo è rivolta Sole, lo spazio è sono sorgenti Sole, la cui luce

Ora, studiamo la prospettiva un po' più

cosa da una

complessa: se l'Universo è pieno di stelle, *perché la luce proveniente da tutte le stelle non si somma rendendo il cielo sempre luminoso?* Se l'Universo fosse infinitamente grande e fosse sempre esistito, ci aspetteremmo che il cielo notturno fosse chiaro, perché sarebbe illuminato dalla luce di tutte queste stelle. In ogni direzione tu guardassi nello spazio, troveresti una stella. Tuttavia sappiamo per esperienza che lo spazio è scuro. Questa contraddizione prende il nome di *Paradosso di Olbers*. E' un paradosso perché secondo logica ci aspetteremmo di vedere il cielo notturno luminoso, invece l'esperienza ci dice il contrario.

Guarda il cielo e conta le stelle, se puoi.
(Bibbia)

1

La notte è nera: in un universo "statico" non ve ne era motivo, doveva brulicare di luce. Con

l'"avvento" della teoria dell'espansione dell'universo, le stelle, galassie ecc. non emettono abba-

stanza luce tanto da
riscaldare l'universo stesso
(il fatto che l'universo sia

Immagina di abbracciare l'immensità del tempo e l'universo, e poi paragona all'infinito quella che chiamiamo vita umana: vedrei come è poca cosa questa vita che desideriamo e cerchiamo di prolungare.
(Seneca)

2

in espansione, che la temperatura sia diminuita fin da quando è nato, sono correlati a ciò).

2. Il vuoto vero e proprio in astronomia e fisica classica...

In astronomia, i **vuoti** sono i grandi spazi per l'appunto vuoti (nel senso sempre comune del termine) tra i "filamenti" di galassie, tra le strutture più grandi dell'Universo, che contengono nessuna o pochissime galassie, come già accennato nel paragrafo precedente. I vuoti hanno tipicamente un diametro da 30 a 500 milioni di anni luce e quelli particolarmente grandi, definiti dall'assenza di superammassi ricchi, sono a volte chiamati supervuoti.

La parola vuoto significa **assenza di ogni cosa**. Nella fisica classica, precedente all'avvento della meccanica quantistica (primi decenni del '900), uno spazio vuoto è uno spazio dove **non vi è**

né materia né energia. Ora, nell'universo, probabilmente (anzi, dopo vedremo sicuramente),

non esistono regioni di spazio **completamente** vuote, parlando in termini di energia, oltre che di materia. Basti pensare alla **radiazione fossile primordiale** (ciò che si suppone rimanga dalla immane esplosione che diede origine all'universo secondo la teoria del Big Bang); essa dovrebbe, se questa teoria è esatta, essere presente ovunque.

Convenzionalmente si definiscono diversi gradi di "vuoto".

Si possono definire i seguenti gradi:

- Vuoto basso (*Rough vacuum*, RV): $1 \cdot 10^5 \text{ Pa} - 1 \cdot 10^2 \text{ Pa}$
- Vuoto medio (*Medium vacuum*, MV): $1 \cdot 10^3 \text{ Pa} - 1 \cdot 10^1 \text{ Pa}$
- Vuoto alto (*High vacuum*, HV): $1 \cdot 10^{-1} \text{ Pa} - 1 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$
- Vuoto ultra alto (*Ultra high vacuum*, UHV): $1 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} - 1 \cdot 10^{-9} \text{ Pa}$
- Vuoto estremamente alto (*Extremely high vacuum*, EHV): $< 1 \cdot 10^{-9} \text{ Pa}$
- Pressione atmosferica: $1,01315 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- Atmosfera terrestre esterna = $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}$
- Pressione atmosferica sulla Luna = $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}$
- **Spazio interstellare = $1,3 \cdot 10^{-8} \text{ Pa}$**

Fig. 2.1. Tabella dei gradi di "vuoto"

Molto semplicemente, potremmo anche pensare di avere la “presunzione” di poterlo creare noi stessi un vuoto degno di tale nome: secondo la fisica classica, si può benissimo pensare che esista.

3

“Il vuoto è ciò che rimane in un recipiente dopo che tutto ciò che si può rimuovere è stato rimosso”

(James Clerk Maxwell)

Mi ripeto. Basterebbe, infatti,

semplicemente **isolare completamente una regione di spazio e privarla di tutta la materia e l'energia in esso contenuta**. Teoricamente nessuno ci vieta di poter pensare a una siffatta regione di spazio, il limite di ciò non è teorico, è (in teoria, e mi scuso per la ripetizione) solo pratico. *Sarebbe* solo un problema tecnologico.

Teoricamente, quindi, secondo la fisica classica il vuoto (assenza di ogni cosa) è possibile.

3. ... il principio di indeterminazione di Heisenberg...

Ora, spostiamoci su una branca moderna della fisica: parliamo di meccanica quantistica, basata sostanzialmente su concetti antitetici alla fisica classica (diciamo che va oltre la fisica classica, spiegando realtà microscopiche che in precedenza non potevano riscontrare dei risultati, delle risposte con la fisica precedente. La fisica classica, infatti, si può considerare una “particolarità” della fisica quantistica).

Secondo la meccanica quantistica un corpo non può avere posizione e velocità contemporaneamente determinate con precisione assoluta, e tale principio ha il nome di **principio di indeterminazione di Heisenberg**.

Il principio di indeterminazione di Heisenberg afferma che il prodotto fra l'indeterminazione con cui si conosce la posizione di un corpo per l'indeterminazione con cui si conosce la sua velocità non può essere minore di un valore ben preciso (anche se molto piccolo) detto costante di Planck ($6,626 \times 10^{-34}$ Js).

Matematicamente si ha:

$$\Delta x \Delta v \geq \hbar$$

dove Δx indica l'indeterminazione con cui si conosce la posizione e Δv indica l'indeterminazione con cui si conosce la velocità. La costante di Planck è indicata dalla lettera \hbar (si pronuncia "acca tagliata").

Per gli oggetti macroscopici della nostra esperienza (e per l'intera fisica classica che si occupa appunto di corpi macroscopici) il principio di indeterminazione di Heisenberg non è apprezzabile in quanto \hbar è *molto piccola*. Non è così per gli oggetti microscopici che costituiscono la realtà: le cosiddette *particelle elementari*. Esse sono così piccole che le indeterminazioni delle loro posizioni e velocità possono essere dell'ordine di \hbar . Nel mondo microscopico, quindi, il principio di indeterminazione di Heisenberg è **fondamentale** e tutti i fenomeni devono sottostare allo stesso.

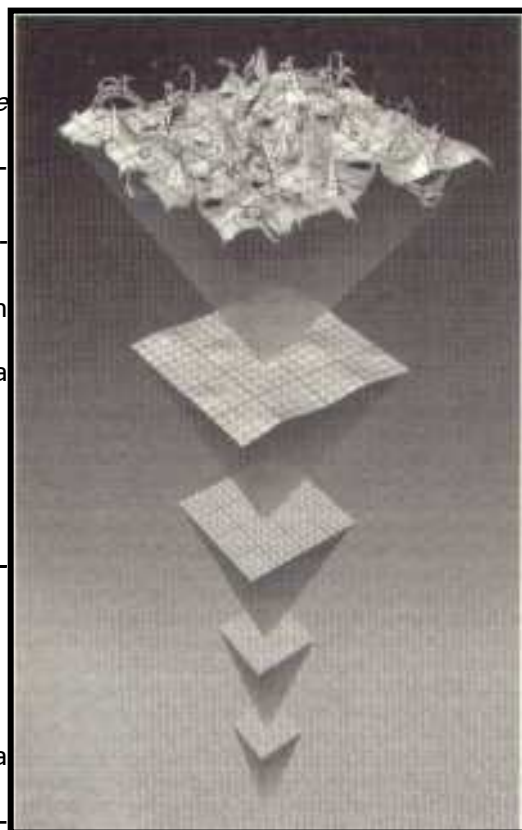
Una conseguenza diretta del principio di indeterminazione di Heisenberg è quella che un corpo non può avere contemporaneamente posizione e velocità assolutamente determinate perché in questo caso si avrebbe $\Delta x=0$ e $\Delta v=0$ per cui il loro prodotto sarebbe zero in contraddizione col principio stesso.

Altrimenti, se per esempio si conoscesse *esattamente* la posizione di un corpo, ovvero la sua indeterminazione Δx tendesse a zero, l'indeterminazione corrispondente della velocità diventerebbe infinita. Ovvero, se un corpo ha una posizione *esatta*, la sua velocità diventa del tutto indeterminata.

4. ... e la visione del vuoto grazie all'avvento della Fisica Quantistica

Ma torniamo a noi, e alla rivoluzione vera e propria che la fisica quantistica fa nascere, riguardo alla conce-

Fig. 4.1. Le fluttuazioni quantistiche. Il concetto di probabilità nella Meccanica Quantistica è importantissimo



zione comune che si aveva (e si ha tuttora..) del vuoto.

Prendiamo in considerazione una scatola, una scatola "vuota", o un bicchiere, il classico bicchiere soggetto della domanda, piuttosto simpatica, "ma il bicchiere è mezzo pieno o mezzo vuoto?". Ecco, sappiamo benissimo che il bicchiere può essere considerato, oramai, alla luce anche della meccanica quantistica, **sempre e comunque pieno**: primo, perché se è riempito per metà di acqua, per esempio, e siamo all'interno dell'atmosfera terrestre, l'altra metà è ricolma di aria, pullulante di particelle di gas vari, ecc.; secondo, perché se siamo nello spazio, poniamo in una regione ove pressioni, e densità, sono bassissime, il bicchiere sarà comunque sempre pieno.

Secondo le leggi della Meccanica Quantistica le grandezze fisiche non sono mai determinate, ma devono inevitabilmente fluttuare: l'unica sicurezza che possiamo oggettivamente avere è data dalla **PROBABILITÀ**.

La teoria della relatività generale tratta piani lisci e curvi e la forza di gravità viene considerata come una **deformazione della geometria del "tessuto" spazio-temporale** che si può descrivere come una curvatura in presenza di masse. Se però andiamo su scale molto piccole, il nostro "tessu-

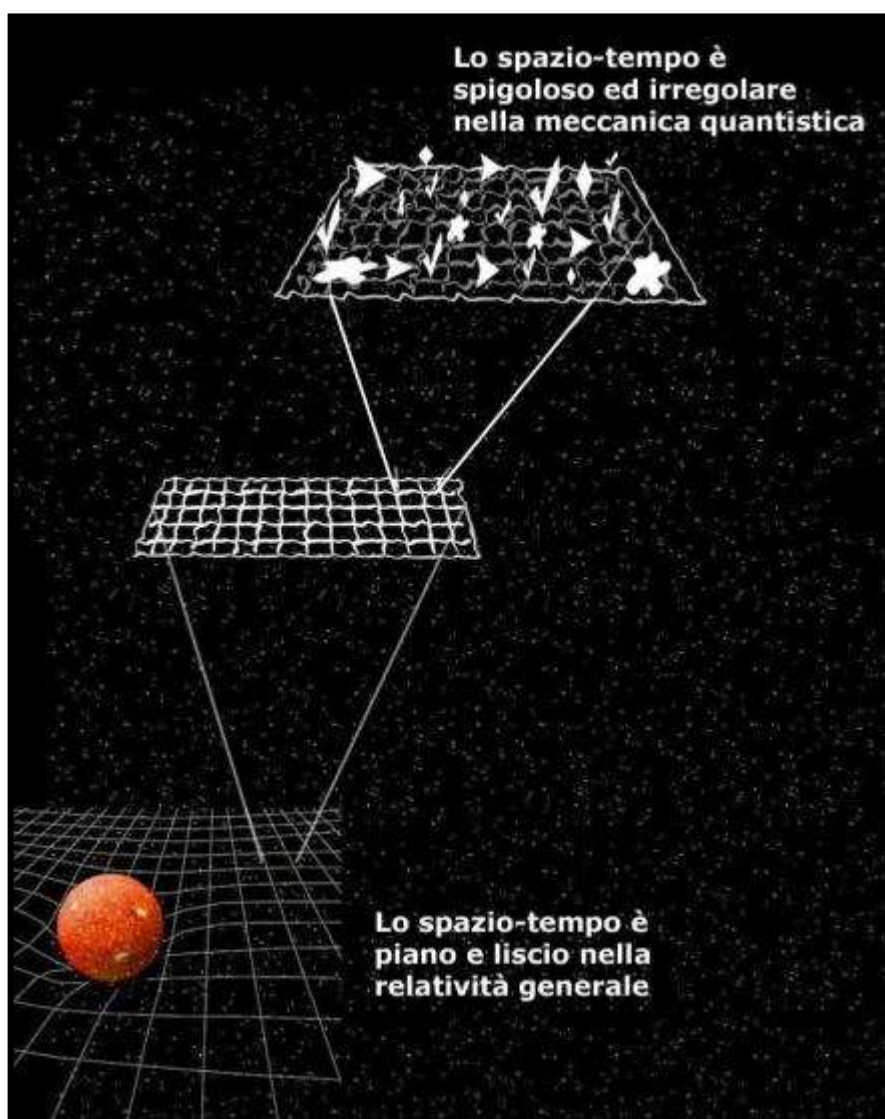


Fig. 4.2. Le fluttuazioni quantistiche.
Il concetto di probabilità nella Meccanica Quantistica è importantissimo

to" comincia a presentare delle deformazioni che si accentuano sempre di più quanto più piccole diventano le dimensioni che consideriamo. Su scale via via sempre più piccole, le "fluttuazioni quantistiche" diventano importanti e la nostra trama dello spazio-tempo assume una struttura alquanto irregolare e spigolosa (vedi immagini). Su queste scale microscopiche, la teoria della relatività generale cessa di essere valida e la gravità non può essere descritta dalle sole leggi della meccanica quantistica.

Lo spazio può fornire in continuazione energia (molto grande) e permettere la materializzazione di coppie particella-antiparticella virtuali, che sia annulleranno subito restituendola, tale energia. Potete immaginarle come numeri opposti: la somma totale è sempre nulla [$a + (-a) = 0$] ... **ma il vuoto dal quale sono "sbucate" fuori non è più vuoto.**

Il sistema resta elettricamente neutro (principio di conservazione della carica) e quindi, ciò conferma che si generano coppie **particella-antiparticella**, come per esempio le coppie *elettrone-positrone* (*stessa massa, carica*

elettrica opposta). Questo processo dà quindi origine a una "**polarizzazione del vuoto**" che fa sì che il vuoto stesso si comporti, in opportune condizioni, come un mezzo.

Il vuoto, in conclusione, non è vuoto. Esso possiede almeno una vibrazione quantistica teoricamente ineliminabile.

Nessuna porzione di spazio, per quanto infinitamente piccola o perché no, infinitamente grande (si ripensi ai vuoti cosmici..), è VUOTA, priva di energia, priva di materia. È un qualcosa di intrinsecamente pullulante di vita, di movimento, di creazione ovvero di distruzione.



Fig. 4.3. Fantasia (almeno in teoria) rappresentazione di una coppia particella-antiparticella

Il vuoto è lo stato fisico fondamentale, dotato di energia minima possibile e di totale neutralità rispetto all'insieme delle cariche conosciute.

Ciò che è vuoto è incredibilmente pieno.

Siamo arrivati ad un punto di "non ritorno". Secondo la meccanica quantistica, il "vuoto" non è affatto vuoto; al contrario, è incredibilmente e inconcepibilmente "pieno zeppo" dal momento che in esso continuamente **si creano tutte le particelle e antiparticelle possibili**, in esso continuamente nascono elettroni, protoni, neutroni, ecc; esso, il "vuoto", il "nulla", l'"abisso", non è perciò altro che la culla di tutte le cose.

Ora, è facile che qualcuno possa contestare questo nascere continuo di tutte le particelle possibili, da un qualcosa che dovrebbe essere "vuoto". Se infatti è vero che da questo vuoto (presente OVUNQUE) emergono, affiorano, vengono all'esistenza continuamente ed incessantemente materia (ed energia), in tutte le forme e quantità concepibili, perché non ce ne accorgiamo quotidianamente? Perché non percepiamo come tangibile, onnipresente, questo continuo avanti e indietro di materia<=>energia?

Una parte della risposta non è complessa (ed è già stato accennato). Infatti, tutto questo "nascere" di particelle / antiparticelle, come è instillato nel vuoto in un processo di "andata", lo caratterizza anche per il processo inverso. Le coppie particelle-antiparticelle si **annichilano** (*NIHIL=niente, dal latino*) e **creano** e **annichilano in continuazione**. Ogni cosa, letteralmente ogni cosa che possiate immaginare, nasce continuamente dal "vuoto", vive la sua vita, e muore tornando al "vuoto". É come un grande ribollire, una grande, vertiginosa danza cosmica, come il moto ondoso e incessante delle onde del mare.

Il punto è che la vita di queste "creazioni" è effimera: esse non vivono, di norma, sufficientemente a lungo per essere percepite anche dagli strumenti più raffinati.

A questo punto, qualcuno giustamente potrebbe nutrire seri dubbi sulla loro effettiva esistenza; dare delle risposte esaurienti a questi dubbi, riportando tutte le dimostrazioni dell'esistenza

di questo crearsi/distruggersi di (anti)particelle, va oltre le mie capacità e i miei strumenti, non credo basterebbe un libro per parlarne esaurientemente.

Tuttavia, è opportuno comunque menzionare almeno "una prova": dicendo che la vita di queste "creature" (in termini tecnici: "fluttuazioni") è effimera, non si vuol significare che essa è necessariamente brevissima, anzi, ci sono "fluttuazioni" che possono durare anni, millenni, miliardi di anni!

Di fatto il tempo della loro vita è legato alla loro energia dal famoso 'Principio di Indeterminazione' di Heisenberg del quale abbiamo parlato in precedenza; detto in parole povere,

Ma come può un elettrone, da solo, emettere a un certo istante una particella-forza? Pur nella sua semplicità, infatti, questa emissione implica la violazione della legge di conservazione dell'energia, come si vede subito se si osserva il fenomeno dal punto di vista dell'elettrone che sta per emettere una particella-forza.

Nel suo sistema di riferimento l'elettrone è fermo e possiede soltanto l'energia di riposo dovuta al fatto che la sua massa m è lì, presente ma ferma. La sua energia totale vale quindi mc^2 ed è, evidentemente, l'energia minima che l'elettrone può avere.

Supponiamo che, a un certo istante, l'elettrone emetta un fotone e, così facendo, rinculi. Dopo l'emissione il sistema elettrone-fotone deve avere necessariamente un'energia eguale alla somma dell'energia di riposo dell'elettrone più le energie cinetiche dell'elettrone (che ora rinculando si muove) e del fotone. Quindi l'energia totale finale del sistema elettrone-fotone è più grande dell'energia totale dell'elettrone che, da solo, costituiva il sistema iniziale; secondo la fisica classica, questa emissione non può accadere.

Nel mondo atomico, invece, questa emissione può aver luogo, perché si ha la possibilità, espressa dalla seconda forma del principio di indeterminazione di Heisenberg, di avere una violazione della conservazione dell'energia purché tale violazione avvenga per un tempo sufficientemente breve.

Il **principio di indeterminazione**, presentato alla fine del paragrafo 2.4, si può leggere così: più grande è l'apparente violazione dell'energia ΔE , più breve è l'intervallo di tempo Δt per il quale essa può aver luogo eludendo anche l'osservazione più attenta. Questa seconda forma del principio di indeterminazione si scrive quantitativamente

$$\Delta t \Delta E \gtrsim \hbar, \quad (1)$$

dove \hbar è la costante di Planck ridotta che vale circa $10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. Se \hbar valesse zero, l'elusione della legge di conservazione dell'energia sarebbe impossibile anche nel mondo microscopico. Poiché la costante \hbar è piccolissima, ma diversa da zero, il principio di indeterminazione non ha effetti visibili nel mondo macroscopico, ma comincia a farsi sentire quando si scende al livello delle molecole, degli atomi e delle particelle subatomiche.

Fig. 4.4. Il principio di indeterminazione in relazione a tempo ed energia.

quanto più energetiche, quanto più "grosse", massicce (massa e energia, come ha scoperto Einstein e come abbiamo ricordato prima, sono essenzialmente la stessa cosa) sono queste creazioni, tanto meno durano, tanto prima muoiono.

Per farci una idea quantitativa, prendiamo in considerazione la particella più leggera conosciuta, cioè l'elettrone, e chiediamoci quanto vive un elettrone creatosi spontanea-

mente dal vuoto: ebbene, il "Principio di Indeterminazione" ci dice che esso può vivere al massimo un centesimo di miliardesimo di miliardesimo di secondo. Per renderci conto di quanto spaventosamente piccolo sia questo intervallo di tempo, teniamo in considerazione che:

- *l'occhio umano non separa due immagini che si susseguono in meno di un decimo di secondo,*
- *un buon orologio digitale misura un centesimo di secondo,*
- *un buon orologio elettronico arriva sul milionesimo di secondo,*
- *un orologio atomico arriva a un centesimo di miliardesimo di secondo.*

É facile capire dunque che non abbiamo strumenti, nè naturali nè artificiali per accorgersi di qualcosa che vive così poco.

Così, un protone che nasca spontaneamente dal vuoto, essendo circa duemila volte più pesante dell'elettrone, vivrà per un tempo duemila volte più piccolo, cioè al massimo cinque milionesimi di miliardesimo di miliardesimo di secondo.

Abbiamo quindi fatto vedere come nella Fisica moderna **"ciò che è vuoto è incredibilmente pieno"**; eppure, per le ragioni sopra elencate, ci può sembrare che questo "pieno" sia in realtà qualcosa di inconsistente, di illusorio, una specie di gioco di prestigio... un incantesimo.

E sì, spaventosamente agghiacciante, non si finisce mai di scoprire cose nuove, di sentire sapori di realtà diverse da quelle fin ora concepite, che ci rassicurano e non ci fanno sentire impotenti di fronte a tanto mistero e tanta grandezza; ogni piccolissimo passo avanti è tuttavia una grande conquista, e fa percepire ancora maggiormente all'uomo stesso la sua piccolezza, insignificanza e, al contempo, compresenza e partecipazione alle cose del mondo, dell'universo, alle più grandi leggi fisiche (che sembrano, o-

Amaro e noia la vita altro mai nulla e fango è il mondo.

A se stesso – Giacomo Leopardi

gni tanto, andare OLTRE la fisica stessa, metaforicamente parlando, data la loro sbalorditiva portata, forza, verità, potenza). Siamo circondati da tutto e da niente, dal tutto perché la natura aborrisce il “buco”, il “vuoto”, la “non-esistenza”; il niente è rilevabile sotto altri aspetti, prettamente umani, interiori, psicologici. Il vuoto ce lo creiamo noi, dentro nell'animo. Non vi è posto per concetti e realtà anche solo lontanamente affini al vuoto se non nelle nostre menti e nei nostri cuori.

La filosofia, la letteratura, la poesia, l'arte, in questo senso, trascendono la natura. Che sia un bene o un male, non sta a me asserirlo oggettivamente. Ma ho il mio pensiero.

La vertigine

[...]

Allora io, sempre, io l'una e l'altra mano
getto a una rupe, a un albero, a uno stelo,
a un filo d'erba, per l'orror del vano!

a un nulla, qui, per non cadere in cielo!

[...]

Oh! se la notte, almeno lei, non fosse!
Qual freddo orrore pendere su quelle
lontane, fredde, bianche azzurre e rosse,

su quell'immenso baratro di stelle,
sopra quei gruppi, sopra quelli ammassi,
quel seminio, quel polverio di stelle!

Su quell'immenso baratro tu passi
correndo, o Terra, e non sei mai trascorsa,
con noi pendenti, in grande oblio, dai sassi.

Io veglio. In cuor mi venta la tua corsa.
Veglio. Mi fissa di laggiù coi tondi
occhi, tutta la notte, la Grande Orsa:

se mi si svella, se mi si sprofondi
l'essere, tutto l'essere, in quel mare
d'astri, in quel cupo vortice di mondi!

Veder d'attimo in attimo più chiare
le costellazioni, il firmamento
crescere sotto il mio precipitare!

*Precipitare languido, sgomento,
nullo, senza più peso e senza senso.*
Sprofondar d'un millennio ogni momento!

[...]

Giovanni Pascoli

Senza di te tornavo, come ebbro, (Pier Paolo Pasolini)

Senza di te tornavo, come ebbro,
non più capace d'esser solo, a sera
quando le stanche nuvole dileguano
nel buio incerto.

Mille volte son stato **così solo**
dacché son vivo, e mille uguali sere
m'hanno oscurato agli occhi l'erba, i monti
le campagne, le nuvole.

Solo nel giorno, e poi dentro il silenzio
della fatale sera. Ed ora, ebbro,
torno senza di te, e al mio fianco
C'è solo l'ombra.
E mi sarai lontano mille volte,
e poi, per sempre. Io non so frenare
quest'angoscia che monta dentro al seno;
essere solo.

5. Montale: un vuoto *alternativo*...

7

Forse un mattino andando in un'aria di vetro

Forse un mattino andando in un'aria di vetro,
arida, rivolgendomi, vedrò compirsi il **miracolo:**
il nulla alle mie spalle, il vuoto dietro
di me, con un terrore di ubriaco.

Poi come s'uno schermo, s'accamperanno di gitto
alberi case colli per l'inganno consueto.
Ma sarà troppo tardi; ed io me n'andrò zitto
tra gli uomini che non si voltano, col mio segreto.

(da *Ossi di seppia*, 1925)

Vuoto **come rivelazione**
istantanea della verità
delle cose, vuoto come
ciò che realmente si pro-
spetta di fronte agli occhi
del poeta, **vuoto alle**
proprie spalle, vuoto die-
tro di noi, vuoto che va
a costituire il soggetto di
quell'epifania che è un
miracolo, e allo stesso
tempo il segreto che lo
"consuma" (sembra di as-
sistere ad un'*epiphany*
simile a quelle caratteriz-
zanti Virginia Woolf e

James Joyce nelle loro opere), che è costretto a sopportare e a portare seco; quel **miracolo**

[...] Ahi dal dolor comincia e nasce
L'italo canto. E pur men grava e morde
Il mal che n'addolora
Del tedio che n'affoga. Oh te beato,
A cui fu vita il pianto! A noi le fasce
Cinse il fastidio; a noi presso la culla
Immoto siede, e su la tomba, il nulla. [...]

vv. 69/75

[...] Nostri sogni leggiadri ove son giti
Dell'ignoto ricetta
D'ignoti abitatori, o del diurno
Degli astri albergo, e del rimoto letto
Della giovane Aurora, e del notturno
Occulto sonno del maggior pianeta?
Ecco svanire a un punto,
E figurato è il mondo in breve carta;
Ecco tutto è simile, e scoprendo,
solo il nulla s'accresce. [...]

vv. 91/100

O Torquato, o Torquato, a noi l'eccelsa
Tua mente allora, il pianto
A te, non altro, preparava il cielo.
Oh misero Torquato! il dolce canto
Non valse a consolarti o a sciogliere il gelo
Onde l'anima t'avean, ch'era sì calda,
Cinta l'odio e l'immondo
Livor privato e de' tiranni. Amore,
Amor, di nostra vita ultimo inganno,
T'abbandonava. Ombra reale e salda
Ti parve il nulla, e il mondo
Inabitata spiaggia.

vv. 121/132

Ad Angelo Mai quand'ebbe trovato i libri di Cicerone della Repubblica
Giacomo Leopardi

8

che lo fa "andare zitto", in mezzo alla gente che non si volta, che ignora, che è sicuro nella sua ignoranza, che va sicuro nell'incuranza della propria essenza e dell'essenza di ciò che lo circonda.

Forse un mattino andando in un'aria di vetro è sicuramente un testo poetico che ha contenuto filosofico, espresso con immagini concrete e reali, e tuttavia esplicitante concetti astratti, impalpabili, essenziali. Esso descrive una rivelazione, una manifestazione improvvisa del **nulla**, del **vuoto**, e dunque **dell'assurdità dell'esistenza**.

Il futuro, **ipotetico** ("*Forse... vedrò*"), presenta il "**miracolo**" (cioè **l'epifania del "nulla"**) come un **possibile eppur straordinario evento**. L'"*aria di vetro*" che si respira (di vetro come colore perché trasparente, non visibile, ma di vetro anche come materiale, e dunque indica aria tersa, pesante, tagliente, secca, asfittica) indica infatti il **carattere irreale di una simile esperienza**.

La scoperta o l'intuizione del "nulla", del "vuoto", è salutata dal poeta con favore (come "miracolo" appunto) perché corrisponde all'acquisizione della verità contrapposta a quello che viene definito "inganno consueto" (cioè *l'apparente realtà delle cose*); la medaglia ha anche, tuttavia, un'altra faccia, infatti tale scoperta è sofferta come se il poeta si trovasse di fronte ad un

Gli uomini che si voltano

Probabilmente
non sei più chi sei stata
ed è giusto che così sia.
Hai raschiato a dovere la carta a vetro
e su noi ogni linea si assottiglia.
Pure qualcosa fu scritto
sui fogli della nostra vita.
Metterli controluce è ingigantire quel segno,
formare un geroglifico più grande del diadema
che ti abbagliava.
Non apparirai più dal portello
dell'aliscafo o da fondali d'alghe,
sommozzatrice di fangose rapide
per dare un senso al nulla. Scenderai
sulle scale automatiche dei templi di Mercurio
tra cadaveri in maschera,
tu la sola vivente,
e non ti chiederai
se fu inganno, fu scelta, fu comunicazione
e chi di noi fosse il centro
a cui si tira con l'arco dal baraccone.
Non me lo chiedo neanch'io. Sono colui
che ha veduto un istante e tanto basta
a chi cammina incolonnato come ora
avviene a noi se siamo ancora in vita
o era un inganno crederlo. Si slitta.

(Satura; Satura II)


inevitabile abisso, vertiginoso: il "*terrore di ubriaco*" sta, infatti, proprio ad indicare **l'incertezza terrificante di chi ha perso ogni stabile punto di riferimento.**

Dopo la folgorazione, tornano nuovamente a profilarsi le cose consuete della realtà ("*come s'uno schermo*", proiezioni, fittizie), "*alberi case colli*". Ma appunto, **se la vera realtà è il "nulla", gli oggetti dell'esperienza non sono che parvenze ingannevoli, fantasmi evanescenti.** Perciò, dopo la miracolosa esperienza, il poeta non può più tornare alla condizione abituale ed illusoria degli "uomini che non si voltano", che non sono in grado (o forse non vogliono..) di porsi i grandi problemi metafisici e non possono, perciò, attingere alla consapevolezza del "nulla".

La condanna della consapevolezza di questo "vuoto" obbliga il poeta alla solitudine e al silenzio ("*me n'andrò zitto*"), impossibilitato a svelare il suo "segreto" a chi non capirebbe.

Lo si potrebbe considerare un pessimista, questo poeta che con la sua *divina indifferenza*, con la *sola* divina indifferenza, riesce a sopportare l'esistenza, i suoi quesiti, questioni che rimangono irrisolte, le garanzie che vengono a mancare. La coscienza del male di vivere è forte, la consapevolezza dell'essere effimero dell'esistenza in sé è costante, l'illusione della realtà e bontà della stessa e la speranza o volontà di speranza in una vita e futuro migliori e differenti convivono, quasi paradossalmente. Com'egli stesso disse:



L'argomento della mia poesia [...] è la condizione umana in sé considerata: non questo o quello avvenimento storico. Ciò non significa estraniarsi da quanto avviene nel mondo; significa solo coscienza, e volontà, di non scambiare l'essenziale col transitorio [...]. Avendo sentito fin dalla nascita una totale disarmonia con la realtà che mi circondava, la materia della mia ispirazione non poteva essere che quella disarmonia. 

(*"Confessioni di scrittori (Intervista con se stessi)"*, Milano 1976)

10

6. ... e altri filosofi: Nietzsche.

<<Gott ist tot!>>. Ne *La gaia scienza* un "uomo folle" annuncia al mercato che Dio è morto.

<< Non stiamo forse vagando come attraverso un infinito nulla? Non alita su di noi lo spazio vuoto? Non si è fatto più freddo? Non seguita a venire notte, sempre più notte? Non dobbiamo accendere lanterne la mattina? Dello strepito che fanno i becchini mentre seppelliscono Dio, non udiamo dunque nulla? Non fiutiamo ancora il lezzo della divina putrefazione? Anche gli dèi si decompongono! Dio è morto! >>

11

Il modo nel quale Nietzsche ci presenta il sentire dell'uomo consapevole, dopo la morte di Dio, è accorata; egli è spaesato, la sensazione è la medesima che si ha quando si percorre una scala, e non ci si accorge dell'ultimo gradino. Il passo "cade", il piede pesta con insicurezza l'ultimo

scalino, e tu non ne eri cosciente. Si sente un vuoto all'interno di se stessi, un mancamento, che è seguito da palpitazioni ben più vive, del nostro cuore. È quel piccolo lasso di tempo che costituisce quel vuoto, quel nulla, del quale parla Nietzsche, che consegue al mancamento di tutte le precedenti *presunte* certezze che si avevano. Tutto crolla, e la grandezza dell'uomo sta nel fronteggiare, e poi superare questo vuoto, per poter scavalcare questo trauma e dare ordunque consistenza alla figura del *superuomo*, che è *super* non in quanto dotato di poteri particolari (non è un "superman" comunemente inteso, per intenderci) ma è *Uber* in quanto è nuovo, ha il coraggio di affrontare la realtà per com'essa si pone davanti ai suoi occhi, prende atto del crollo delle sicurezze fallaci che avevano caratterizzato la sua vita in prece-

Nichilismo: manca il fine; manca la risposta al "perché?". Che cosa significa nichilismo? – *che i valori supremi perdono ogni valore.*

(Friedrich Nietzsche)

12

denza; è un nuovo individuo, come illuminato dai raggi mattutini del sole, proiettato verso un futuro con mille nuove possibilità. Siamo di fronte, infatti, ad una nuova "aurora", alla profezia di una nuova era, che sorgerà dalle ceneri della morte dell'uomo vecchio così come esso storicamente si è dato, e di quel Dio che secondo Nietzsche, egli ha costruito a propria immagine e somiglianza.

Il nichilismo. Non serve a niente metterlo alla porta, perché ovunque, già da tempo e in modo invisibile, esso si aggira per la casa. Ciò che occorre è accorgersi di quest'ospite e guardarlo bene in faccia.

(Martin Heidegger)

13

L'*Übermensch* ha la capacità di assumere su di sé il senso profondo del *nichilismo*, è capace di accettarlo e, quindi, in seguito di superarlo, ren-

dendosi autore, creatore, fruitore e protagonista di nuovi valori. In Nietzsche dunque la parola nichilismo designa nella sua accezione più semplice, la “volontà del nulla”, ossia << ogni atteggiamento di fuga e di disgusto nei confronti del mondo reale>>¹. In relazione a questa “definizione”, egli fa riferimento soprattutto al platonismo e al cristianesimo. In una seconda accezione, invece, egli fa riferimento alla situazione dell'uomo moderno e contemporaneo che di fronte al venir meno delle certezze, quale era Dio, avverte un senso di *vuoto*, lo sgomento e la paura del *nulla*.

« Ciò che io racconto è la storia dei prossimi due secoli. Io descrivo ciò che viene, ciò che non può fare a meno di venire: l'avvento del nichilismo. Questa storia può già ora essere raccontata; perché la necessità stessa è qui all'opera. Questo futuro parla già per mille segni, questo destino si annunzia dappertutto; per questa musica del futuro tutte le orecchie sono già in ascolto. Tutta la nostra cultura europea si muove in una torturante tensione che cresce da decenni in decenni, come protesa verso una catastrofe: irrequieta, violenta, precipitosa; simile ad una corrente che vuole giungere alla fine, che non riflette più ed ha paura di riflettere. »

14

Fa dunque riferimento esplicito **all'essenza della crisi che ha investito la civiltà europea moderna**: il nichilismo è un **evento che porta con sé decadenza e spaesamento**, è ciò che porta quel senso di vuoto quale quello che si prova nel momento in cui viene a mancarci, per esempio, una persona cara. Si parla sempre di perdite concrete, e difficili da accettare.

A tale condizione seguirebbe, secondo Nietzsche, un risorgimento della volontà umana e un superamento di questa condizione di “*malattia*” attraverso una *rivalutazione dell'esistenza* (**nichilismo attivo**) libera da ogni pretesa di verità assoluta. Il nichilismo completo (ossia quello che distrugge i vecchi valori ma non si ferma, contemporaneamente, a pensarne di nuovi, con <<un'ottica di tipo fideistico e metafisico>>², come l'uomo fa, invece, nel nichilismo incompleto) e **attivo** traspare per ciò che è, ossia una forza *violenta di distruzione*. Importante è la differenza con il nichilismo completo e **passivo**, per il quale l'uomo, avendo preso coscienza del crollo della struttura portante dell'esistenza umana, si gira e rigira nel nulla, non dandosi la possibilità di superare questo senso di vuoto.

1. Nicola Abbagnano e Giovanni Foriero, *Protagonisti e Testi della Filosofia, Volume D Tomo 1*, pag. 39.

2. Ivi, pag. 30.

La realtà umana è in primo luogo il suo proprio nulla.
Ciò che essa, in quanto per sé, nega o nullifica di sé, non può essere che sé. E poiché essa è costituita nel suo senso da questa nullificazione, ne viene che è il sé come "essere in sé mancato" ciò che costituisce il senso della realtà umana.
L'uomo non è nient'altro che quello che progetta di essere.
Jean Paul Sartre - L'essere e il nulla

15

In un significato più comune, il nichilismo è una concezione delle cose, in base alla quale la realtà sarebbe condannata ad un futuro ove il nulla è "il tutto"; in un altro senso, considerato da un punto di vista etico, morale, sarebbe indeterminabile, se non addirittura assente, una **finalità ultima** che dia una direzione

e un senso all'esistenza umana. Siccome l'uomo è limitato (fisicamente è fuor di dubbio, intellettualmente quasi sicuramente indubbio allo stesso modo) e sperimenta ogni giorno questo suo stato (la morte e ogni dolorosa esperienza sono un chiaro segnale del limite stesso), allora egli può essere spinto a considerare che il **niente sia il vero senso dell'essere**. L'affermazione nichilista nega pertanto, **vera consistenza alla realtà** e di conseguenza esclude che l'uomo possa fare esperienza della verità in quanto tale, ossia la verità oggettiva e universale.

Per Sergio Givone (filosofo italiano) se da un lato il "nichilismo metafisico" asserisce che <<il mondo non ha senso (perché la morte è l'orrore che tutto annienta)>> e termina così in un assurdo, dall'altra il nichilismo dei nostri giorni è più tranquillizzante e consolatorio: predica <<**l'accettazione da parte dell'uomo della propria condizione e l'inutilità delle speranze che sono fuori dalla sua portata.**>>

7. Conclusioni personali

*Penso che per quanto negativa possa presentarsi la vita stessa, con i dolori, le sventure, le infelicità che porta seco, non è possibile negare l'essere stesso, negare se stessi, il proprio sentire, e la realtà che ci circonda, persone incluse, affetti, legami, sensazioni, pensieri, eventi. Se c'è un vuoto oggi, esso è dettato da uno **svilimento della parte più intima dell'essere umano**, da uno screditamento delle capacità intellettive e affettive dello stesso, da un'elisione di un suo potere esclusivo che è quello di poter regalarsi e regalare felicità, benessere e amore **consapevolmente**, e non perché, in quanto animale, soddisfa dei bisogni primari, quale per esempio il mangiare. Considerare un'esistenza in quanto **binomio di felicità e dolore** è un modo di **accettare una realtà che non è fissata, prestabilita,***

ma mutevole, e dipendente dalla volontà di ciascuno di noi. Ideale e sempre nuova esperienza è sentire quel calore in petto che ti dà il coraggio per affrontare un ostacolo e, perché no, anche inciampare, ma non di voltare lo sguardo dall'altra parte, e negarsi la possibilità di superare i propri limiti, preferendo un vuoto interiore che prende consistenza e vita con grande forza, nonostante sia per essenza.. il nulla. Il che può sembrar contraddittorio. D'altronde, quanto di razionale c'è in ognuno di noi, se prendiamo in considerazione il nostro sentire, la nostra

parte più inconscia e irrazionale, ma che ci caratterizza in tutto e per tutto?

Se c'è un buco nell'animo di ciascuno di noi che tendenzialmente sta accrescendosi, la colpa è da imputarsi unicamente ai singoli individui, perchè *il nulla lo creiamo noi, perchè ci neghiamo la possibilità di essere persone ogni giorno migliori, diverse, più forti, che possono aiutarsi e aiutare chiunque, star vicino alle persone nei momenti brutti come in quelli positivi.* Se:

- *il mondo va male*
- *il mondo "va a rotoli"*
- *su questo pianeta le persone muoiono oggiigiorno, ancora di fame, di sete, pur essendo disponibili risorse per tutti*
- *abbiamo la sensazione di **non poter respirare** perchè "capitano tutte a noi", perchè "la vita è ingiusta", e "nessuno ti capisce"*

basta aprire gli occhi per comprendere come stiamo implodendo ed "evolvendo" in una società meramente legata al consumismo, al superficiale, al superfluo, e conseguentemente.. perdiamo noi stessi, e non aiutiamo nemmeno coloro che non hanno i mezzi per poter tentare di darsi la possibilità di sorridere, e di non dover subire un vuoto creatosi a causa della superficialità dell'uomo, del suo egoismo, e del disagio conseguente. Si parla allora di quel vuoto che con inconsapevole consapevolezza l'uomo occidentale si è creato, perchè anche per disgrazie indicibili, incomprensibili, che possono capitare, non sempre c'è una risposta, sia essa irrazionale o razionale (illuminanti a questo proposito sono le parole della cantante Ilse deLange).

When I call you in the morning
I tell you everything's alright
I can't see into the future and
I don't see the danger in the night
When I hear the sirene wailing
I see the flashing of the light
I know that there is trouble
And there are battles yet to fight

There's an innerpeace I'm seeking
There's a lightness in my soul
And everytime I think I found it
I want to touch it, feel it, hold

And the day that I stop asking
Will be the day I'll say goodbye
The world will not be safer
But there's no truth without the lie

I've asked the good Lord Jesus
I'm asking Allah too
I tried the great God Buddah
And now I'm asking you

When your deep in troubled water
You've got to fight for every breath
And you feel you're getting weaker
You're facing life you're facing death

If you have a God to turn to
Don't turn the other way
Or a friend that you can call on
Just a prayer that you can say

I may not have all the answers
I wouldn't have it any other way

Ilse de Lange – All the answers

E tuttavia, la vita scorre. E i tempi passano, le epoche si susseguono, l'essere umano continua a pestare questa cruda terra, con i suoi piedi da presunto padrone, e sta lentamente perdendo la capacità di essere unico e singolare, fra tutte le specie viventi, perché ha mente e cuore come potenziale sorgente di felicità e amore perenne, pur nell'esiguo lasso di tempo concesso ad ognuno di noi su questa terra. A quando un'occasione di questo tipo? Quando mai avremo la possibilità di vivere completamente la nostra vita, senza mai tirarci indietro, senza scadere in un nulla esistenziale che non è altro che un non voler darsi la possibilità di vivere, con gli eventuali problemi e le eventuali difficoltà da affrontare?

L'uomo moderno, e in particolare i giovani, vivono la propria vita con noia, con quel tedioso sentimento che li fa sbuffare di fronte alla quotidianità della vita, e li porta a farlo anche di fronte alla banalità delle azioni e situazioni più semplici come quelle più crude. La vita viene affrontata con leggerezza, con una sorta di "analfabetismo" emotivo, come Galiberti stesso asserisce. È in questi termini che il nulla li e ci affoga.

È la famiglia? La scuola? Si può dire con discreta sicurezza che non occupano nessun ruolo perché ormai i valori della famiglia sono andati pressochè perduti e l'unica cosa che resta in un rapporto tra genitori e figli è un nulla, un deserto dominato da un vuoto comunicativo incredibilmente materiale e percepibile; la scuola, d'altra parte, non trova una soluzione per suscitare in loro un interesse verso lo studio.

Così abbiamo di fronte giovani con uno sguardo rivolto al nulla e tanti occhi avvolti da un'abissale solitudine.

*Il punto è che i giovani **stanno male** (vedi citazione) non per ragioni esistenziali ma culturali: in ambito religioso perché "Dio è davvero morto", e in ambito illuminista perché la ragione non sempre serve, soprattutto nel rapporto tra uomini.*

Esso fa percepire un'assenza di futuro, motivo per cui si tende a cercar di vivere al limite dell'esuberanza e del divertimento. È un cogliere il carpe diem nella sua accezione più istintuale, brutale, animale, non naturale e genuina.

[...] perchè i giovani, anche se non sempre ne sono consci, stanno male. E non per le solite crisi esistenziali che costellano la giovinezza, ma perchè un ospite inquietante, il nichilismo, si aggira tra loro, penetra nei loro sentimenti, confonde i loro pensieri, cancella prospettive e orizzonti, fiacca la loro anima, intristisce le passioni rendendole esangui.

(Umberto Galimberti)

17

Ci si ritrova a vivere in una società ove il limite perde qualsiasi significato. Ogni valore viene svalutato, e non vi è più alcun freno a questo cogliere l'attimo, sia che esso non danneggi sia che esso danneggi il prossimo, e il singolo in sé.

Da qui nascono dei fenomeni che non sono altro che l'esternare di questi vuoti interiori: violenza, bullismo, l'uso e abuso di droghe, il suicidio ne sono l'esempio più significativo.

La speranza esiste, la soluzione esiste. È questione di ritrovare quella meravigliosa capacità di innamorarsi del proprio essere, di apprezzarsi, di vedersi con occhi diversi, di guardarsi e di voler bene al proprio modo di vivere, e di sentirsi come singolo e come circondato da altre persone. È un'arte che tutti possono imparare.

Il cuore della meccanica quantistica.

Quando Heisenberg scoprì il principio di indeterminazione, la fisica imboccò una strada nuova e senza ritorno. Parlare di probabilità, funzione d'onda, interferenza e quanti significa introdurre un modo di vedere la realtà radicalmente diverso. Ma se ci si fermasse qui, un fisico classico irriducibile potrebbe coltivare la speranza che prima o poi tutte queste stranezze condurranno a una nuova teoria non troppo distante dal vecchio modo di pensare. Il principio di indeterminazione, però, spazza via definitivamente l'illusione di poter tornare al passato.

Il principio ci dice in sostanza che l'universo è teatro di frenetiche attività, se lo esaminiamo a scale sempre più ridotte e su intervalli temporali sempre più piccoli. Ce ne siamo accorti quando, nel capitolo iv, abbiamo tentato di inchiodare un elettrone: se usiamo onde luminose di frequenza crescente ne misuriamo la posizione con grande precisione, ma a caro prezzo, perché le nostre osservazioni diventano sempre più invasive. I fotoni ad alta frequenza hanno molta energia e quindi possono dare un bel calcio agli elettroni, cambiandone di molto la velocità. E come se osservassimo una stanza piena di bambini scatenati, di cui possiamo dire in ogni istante la posizione esatta, ma sulle cui velocità e direzioni future non abbiamo alcun controllo. L'impossibilità di sapere allo stesso tempo la velocità e la posizione esatta implica dunque che il mondo microscopico è intrinsecamente turbolento.

Questo esempio dà un'idea chiara della relazione tra indeterminazione e turbolenza, ma rivela solo una parte della storia. Potreste essere portati a pensare, ad esempio, che l'incertezza si manifesti solo quando entriamo in scena noi, goffi osservatori dei fenomeni naturali. Questo è falso. La storiella dell'elettrone che reagisce violentemente se si cerca di confinarlo in una scatola sempre più piccola ci porta più vicini alla verità: anche senza l'intervento diretto del fotone devastatore fornito dalla nostra osservazione, la velocità dell'elettrone cambia drasticamente e imprevedibilmente da un momento all'altro. Ma neanche questo esempio svela interamente le straordinarie proprietà microscopiche della natura scoperte da Heisenberg. Anche nella situazione più immaginabile, come in una regione vuota dello spazio, il principio di indeterminazione riesce a svelare un'insospettata e frenetica attività, attività che aumenta se consideriamo scale ridotte e intervalli di tempo più piccoli.

Per capire come ciò sia possibile è essenziale ricordare la «contualità quantistica». Abbiamo visto nel capitolo iv che una particella con-

un elettrone può prendere in prestito temporaneamente un po' di energia per superare una barriera fisica, proprio come noi possiamo farci prestare del denaro per ovviare a una difficoltà finanziaria. Questo è senz'altro vero, ma in meccanica quantistica l'analogia non si ferma qui. Pensiamo a un individuo affetto da «dipendenza da debito» che passa il tempo a chiedere denaro in prestito agli amici; non solo: più breve è il periodo per cui chiede i soldi, maggiore è la somma. Tutto il giorno, con maniacale concentrazione, non fa che prendere in prestito e ripagare debiti, a volte dopo pochi minuti. Come accade a chi investe in borsa nei giorni più frenetici, la somma di denaro che il nostro fanatico si trova in tasca cambia drasticamente di minuto in minuto; ma alla fine della giornata si ritrova sempre senza un soldo in più o in meno di quanti ne aveva all'inizio.

Il principio di indeterminazione di Heisenberg ci dice che qualcosa di simile accade nel mondo microscopico: un perpetuo e frenetico trasferimento di energia e quantità di moto. Energia e quantità di moto, infatti, sono *inerte* anche in regioni vuote, come una scatola chiusa ermeticamente in cui si sia fatto il vuoto; possono oscillare tra quantità che diventano sempre più grandi al diminuire delle dimensioni della scatola e dell'intervallo temporale considerato. E come se la regione di spazio in questione fosse anch'essa «debito-dipendente», alla costante ricerca di energia e quantità di moto, che chiede in prestito all'universo per poi ripagarlo subito dopo. Ma chi può partecipare a questo scambio in una regione *vuota* dello spazio? Tutti e tutto, letteralmente. L'energia (così come la quantità di moto) è una moneta facilmente convertibile, grazie alla famosa formula $E = mc^2$. Quindi un'oscillazione energetica sufficientemente ampia può provocare, ad esempio, la momentanea sparizione di un elettrone e del suo compagno nell'antimateria, il positrone, anche se la regione spaziale era inizialmente vuota! Poiché il debito energetico deve essere rapidamente saldato, queste particelle si annichilano dopo un attimo, restituendo l'energia utilizzata per la loro creazione. Lo stesso vale per tutte le altre forme che l'energia e la quantità di moto possono assumere: creazione e annichilazione di altre particelle, oscillazioni del campo elettromagnetico, di quello debole e di quello forte, e così via. Secondo la meccanica quantistica l'universo a scala microscopica è un'area brulicante di vita e di attività frenetiche. Come disse lo spiritoso Feynman: «Creazione e annichilazione, creazione e annichilazione: che spreco di tempo!». Poiché prestiti e restituzioni in media si cancellano gli uni con gli altri, una regione vuota dello spazio sembra inerte se misurata a scale più grandi. Ma grazie al principio di indeterminazione sappiamo che questa media macroscopica na-

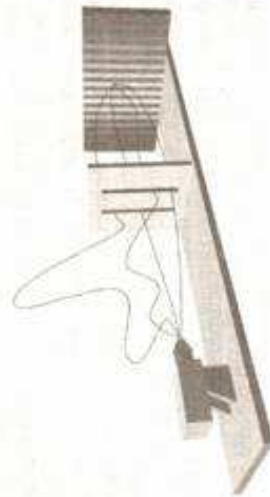
modificare lo stato di moto di questi grandi agglomerati di materia. Ma gli elettroni sono anch'essi piccoli. Per quanto siate cauti nel controllare la fenditura da cui un elettrone è uscito, lo colpirete con fotoni che alterano il suo moto successivo, e questo cambia i risultati dell'esperimento. Infatti, se portate avanti materialmente la cosa, disturbando gli elettroni quel tanto che basta per sapere da dove sono passati, vi ritrovate non più con la figura 4.8 ma con la 4.6! Secondo la meccanica quantistica, una volta stabilita la traiettoria degli elettroni l'interferenza scompare.

Quindi Feynman sapeva quel che faceva: sebbene la nostra esperienza quotidiana sembri ritenere normale che un elettrone passi da una sola fenditura, gli scienziati sapevano già alla fine degli anni venti che ogni tentativo di verificare questa cosa apparentemente innocua falsa i risultati dell'esperimento.

Feynman affermò che ogni elettrone che raggiunge lo schermo passa in realtà attraverso entrambe le fenditure. Sembra pazzesco, ma non andatevene: le cose stanno per diventare ancora più folli. Secondo Feynman, ogni elettrone che parte dalla fonte e arriva su un punto dello schermo percorre in realtà *tutte le traiettorie possibili simultaneamente* (alcune di queste sono disegnate nella figura 4.10). L'elettrone segue una bella linea retta attraverso la fenditura sinistra, ma allo stesso tempo attraversa quella di destra, e simultaneamente si dirige verso la fenditura destra per poi zigzagare verso quella di sinistra. Ma non è finita: contemporaneamente si fa un giretto fino alla galassia di Andromeda, ritorna

Figura 4.10.

Secondo la formulazione di Feynman della meccanica quantistica, si deve pensare che le particelle viaggino da un punto all'altro lungo ogni possibile traiettoria. Qui sono disegnate alcune delle infinite traiettorie possibili di un elettrone che si sposta dalla sorgente allo schermo. Si noti che questo elettrone passa attraverso entrambe le fenditure.



sulla Terra e decide di passare dalla fenditura destra. E così via, all'infinito. L'elettrone «annusa» *tutti* i possibili percorsi che congiungono il suo punto di partenza alla destinazione finale.

Feynman riuscì ad assegnare a ciascuna di queste traiettorie un numero, in modo che facendone la media il risultato fosse identico a quello calcolato con le funzioni d'onda. Nella sua formulazione, quindi, non è necessario associare un'onda di probabilità a un elettrone, ma si deve fare qualcosa di altrettanto bizzarro: la probabilità che un elettrone «viri» sempre come una particella – arrivi in un punto dello schermo è data dall'effetto combinato di tutti i possibili modi di arrivarci. Questo metodo è noto come «somma sui cammini» (o «integrale di Feynman»)⁷.

A questo punto la vostra educazione classica traballa: come può un elettrone percorrere simultaneamente tutte le traiettorie (che sono infinite)? Sembra una protesta legittima, ma la meccanica quantistica – che è la fisica del nostro universo – vi chiede di tenere in sospeso le vostre obiezioni pedestri. I risultati dei calcoli svolti con questo metodo concordano con quelli ottenuti con le funzioni d'onda, e quindi sono considerati sperimentatamente *incontestati*. Insieme che sia la natura a dire come si comporta, e quello che è sensato o meno. Come scrisse Feynman: «La meccanica quantistica dice che la natura è assurda dal punto di vista del senso comune. E concorda pienamente con gli esperimenti. Quindi spero che accetterete la natura per quello che è: assurda».

Ma la natura può essere stravagante quanto vuole a scala microscopica, l'importante è che ci consenta di recuperare una prospettiva più comune nel mondo microscopico. A questo scopo, Feynman dimostrò che applicando il suo metodo a corpi pesanti – palline, aerei, pianeti ecc. – i numeri assegnati alle varie traiettorie fanno sì che *queste si cancellino*.

In tutte, tranne una, quando sono combinate. E l'unica traiettoria che rimane è proprio quella calcolata secondo le leggi del moto di Newton. Però perché nella vita quotidiana ci sembra che gli oggetti seguano un cammino univoco e prevedibile dal punto di partenza a quello di arrivo. Per i corpi microscopici, invece, molti sono i percorsi che possono contribuire a stabilire il moto, come accade nell'esperimento delle due fenditure. Non possiamo quindi affermare che un elettrone passa solo attraverso una fenditura: la formulazione di Feynman e la figura di interazione che si forma sono lì a testimoniare.

Brian Greene

L'universo elegante - *Stringinghe, dimensioni nascoste e la ricerca della teoria ultima*

1999 - Einaudi

Brian Greene

L'universo elegante - Superstringhe, dimensioni nascoste e la ricerca della teoria ultima

1999 - Einaudi

Stranezze quantistiche

Ormai dovrete avere un'idea del modo straordinariamente nuovo in cui funziona l'universo secondo i dettami della meccanica quantistica. Se ancora non state provando la vertigine di cui Bohr parlava sopra, quest'ultimo paragrafo dovrebbe perlomeno darvi qualche brivido.

Molto più di quanto non avvenga per la relatività, è difficile capire in modo viscerale la meccanica quantistica - bisognerebbe pensare come una creatura nata e vissuta nel mondo microscopico. C'è un aspetto, però, che può fare da guida all'intuizione, perché è il punto centrale che differenzia la nuova fisica da quella classica. Si tratta del *principio di indeterminazione*, scoperto da Werner Heisenberg nel 1927.

Tutto nasce da un'obiezione a cui forse avete già pensato. Abbiamo visto che se cerchiamo di vedere attraverso quale fenditura passa un elettrone (cioè la sua posizione) disturbiamo il suo stato di moto successivo (cioè la sua velocità). Nel mondo microscopico noi possiamo accertarci della presenza di qualcuno sia sfiorandolo sia assestandogli una randaletta sulla schiena; perché non fare lo stesso a livello microscopico, cercando di determinare la posizione di un elettrone con un «tocco» più leggero in modo da avere meno impatto sul suo moto? Dal punto di vista della fisica classica questo è possibile: basta usare una luce molto fioca (e quindi un rivelatore più sensibile) per osservare l'esperimento. Ma la meccanica quantistica ci mostra che questo ragionamento è sbagliato. Diminuendo l'intensità della luce facciamo decrescere il numero di fotoni emessi. Se arriviamo al punto limite in cui emettiamo un fotone alla volta, non possiamo fare più nulla per ridurre la luce, se non spegnerla. Dunque ci sarà sempre qualche fotone, e ci sarà un limite fondamentale - dato dalla meccanica quantistica - alla «gentilezza» del nostro tocco. Misurando la posizione di un elettrone causiamo sempre una qualche perturbazione nel suo moto.

Forse c'è una scappatoia. La legge di Planck ci dice che l'energia di un fotone è proporzionale alla sua frequenza. Usando fotoni di frequenze sempre minore (e dunque onde sempre più lunghe) dovremmo produrre fotoni dal tocco sempre più lieve. Ma ecco l'inghippo: quando usiamo un'onda contro un corpo, l'informazione che ne riceviamo è sufficiente a determinare la posizione del corpo stesso con un margine d'errore uguale alla lunghezza d'onda. Per capire questo fatto fondamentale,

Stranezze microscopiche

provate a pensare a un grande scoglio solitario sommerso di poco. Le onde che arrivano dal mare aperto sono inizialmente un treno ordinato di oscillazioni dell'acqua in verticale; dopo essere passate sopra lo scoglio il loro moto non è più regolare - segno della presenza di un fattore di disturbo. Le singole onde sono le unità minime di misurazione, come le tacche su un rigello; dal loro comportamento dopo l'impatto possiamo determinare la posizione dello scoglio solo con un margine d'errore dato dalla loro estensione. I fotoni sono, più o meno, come le singole onde del mare; un fotone quindi rivela la presenza di un corpo solo con la precisione di una lunghezza d'onda.

Eccoci di fronte a un gioco di equilibri quantistici. Se usiamo luce ad alta frequenza (onde corte) riusciamo a localizzare un elettrone con maggiore precisione. Ma questo tipo di luce ha molta energia e quindi disturba maggiormente il moto del bersaglio. Al contrario, con luce a bassa frequenza (onde lunghe) minimizziamo l'effetto di disturbo sul moto, a scapito però della precisione di misura. Heisenberg riuscì a quantificare questo fatto con una formula in cui si mettono in relazione la precisione con cui si misura la posizione e quella con cui si misura la velocità. In accordo con quanto visto finora, le due quantità sono inversamente proporzionali: aumentare la precisione con cui si conosce la posizione diminuisce quella con cui si conosce la velocità e viceversa. Cosa molto importante, Heisenberg dimostrò che questo «mutuo scambio di precisione» è un fatto fondamentale che rimane vero qualunque sia lo strumento usato o la procedura impiegata. Nella teoria di Newton, come in quella di Einstein, il moto di un corpo è descritto completamente quando è nota la sua posizione e la sua velocità; qui invece, a livello microscopico, queste due caratteristiche non possono essere note entrambe con esattezza - e quanto più accuratamente se ne conosce una quanto meno accuratamente si conosce l'altra. Questa è una proprietà di tutta la materia, non solo degli elettroni.

Einstein cercò di limitare questo rovesciamento della fisica classica sostenendo che, sebbene sia vero che la nostra conoscenza di posizione e velocità è soggetta a restrizioni, in realtà la particella possiede una sua posizione e velocità definita, proprio come si è sempre pensato. Ma negli ultimi anni le ricerche capitanate dal fisico teorico John Bell e i risultati ottenuti dall'équipe del fisico sperimentale Alain Aspect mostrano in modo convincente che Einstein si sbagliava. La frase «la particella in esame si trova in una tale posizione e ha una tale velocità» è priva di senso: una simile asserzione non può essere verificata sperimentalmente, come abbiamo visto prima, e contraddice altri risultati più recenti. Se mettete un singolo elettrone in una scatola e cominciate a far av-

Bibliografia

- BRIAN GREENE, *L'universo elegante - Superstringhe, dimensioni nascoste e la ricerca della teoria ultima*, Edizione Einaudi, 1999
- HARALD FRITZSCH, *Galassie e particelle - Principio e fine dell'universo*, Boringhieri 1985
- GIORGIO PENZO, *Il nichilismo da Nietzsche a Sartre*, Città Nuova Editrice, Seconda edizione riveduta 1984, prima edizione 1976
- NICOLA ABBAGNANO e GIOVANNI FORNERO, *Protagonisti e Testi della Filosofia, Volume D Tomo 1*, Paravia, 1999
- UGO AMALDI, *La fisica per i licei scientifici 3*, Zanichelli 1999
- UMBERTO GALIMBERTI, *L'ospite inquietante - Il nichilismo e i giovani*, Serie Bianca Feltrinelli, 2007

Sitografia

- <http://fantpolitik.blogspot.com/>
- <http://www.arrigoamadori.com/lezioni/Miscellanea/IlVuotoNonEVuoto.htm>
- <http://scienzapertutti.lnf.infn.it/P1/mateanti1.html>
- http://it.wikipedia.org/wiki/Vuoto_%28astronomia%29
- http://it.wikipedia.org/wiki/Vuoto_%28fisica%29
- <http://it.wikipedia.org/wiki/Nichilismo>
- http://it.wikipedia.org/wiki/Vuoto_%28fisica%29
- [http://it.wikisource.org/wiki/Canti_\(Leopardi\)/Ad_Angelo_Mai:_quand'ebbe_trovato_i_libri_di_Cicerone_della_Repubblica](http://it.wikisource.org/wiki/Canti_(Leopardi)/Ad_Angelo_Mai:_quand'ebbe_trovato_i_libri_di_Cicerone_della_Repubblica)
- <http://www.fondazionepascoli.it/Poesie/np16.htm>
- http://www.castfvg.it/articoli/fisica/vuoto_01.htm
- http://www.cosediscienza.it/fisica/06_vuoto.htm
- <http://www.giuseppecirigliano.it/forseunmattino.html>