

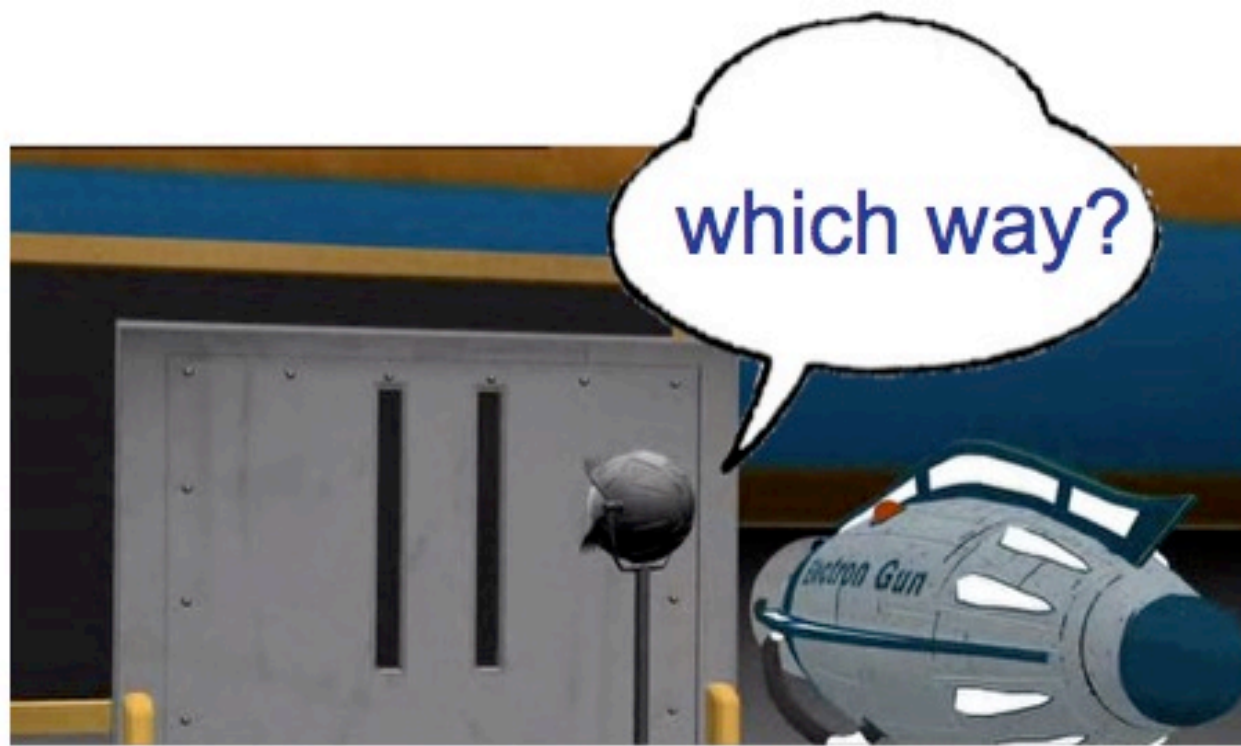
Il paradosso del “which way?”:
onda o particella ?
Lo decido io!

giorgio lulli

Ci domandiamo qui:

cosa accade se nell'esperimento più bello cerchiamo di sapere da che parte (*which way?*) è passato l'elettrone ?

Il Dr. Quantum ci ha detto, in modo alquanto sibillino, che conoscere da che parte passa l'elettrone fa scomparire il fenomeno dell'interferenza !



Notate che ponendoci la domanda “*per dove passa ..?*” noi stiamo pensando al nostro oggetto come una *particella*, che possiede una *traiettoria* e che dunque se passa da una fenditura non può contemporaneamente passare dall'altra ...

Vediamo i fatti, e per spiegarli secondo le idee della meccanica quantistica, tralascieremo per semplicità gli aspetti di formalismo matematico e faremo riferimento solo ad alcuni concetti che sono già stati introdotti in precedenza.

La situazione 1 è solo un ripasso di quello che abbiamo già visto: se guardiamo solo cosa accade sul rivelatore e non ci preoccupiamo di sapere cosa succede “in mezzo”, osserviamo la figura di interferenza, ormai ben nota.

l'osservatore ha fatto collassare la funzione d'onda

senza informazione "which way?"



$|D\rangle$

$|S\rangle$

$$|\Psi\rangle = |D\rangle + |S\rangle$$



Situazione 1

$$\|\Psi\|^2 = (\|D\rangle + \|S\rangle)^2 \text{ interferenza}$$

senza informazione "which way?"

Situazione 2. Con uno strumento (l'occhio del Dr. Quantum) andiamo a vedere da che fenditura passa l'elettrone, ottenendo così l'informazione "*which way?*"...

... se facciamo questo, la figura di interferenza **scompare!**, sostituita da un qualcosa di simile alla figura (l'immagine delle fenditure) che si ottiene quando facciamo l'esperimento con le palline.

$$||\Psi\rangle|^2 = (|D\rangle + |S\rangle)^2 \text{ interferenza}$$

con informazione "which way?"



$|D\rangle$

$|S\rangle$

$|\Psi\rangle = |D\rangle$
oppure
 $|\Psi\rangle = |S\rangle$



Situazione 2

$$\|\Psi\rangle|^2 = \langle D\rangle^2 + \langle S\rangle^2 \quad \text{no interferenza}$$

con informazione "which way?"

Un piccolo appunto.

Abbiamo imparato prima che anche la luce si può comportare come onda o corpuscolo (*fotone*) in modo del tutto simile agli elettroni.

Anche con i *fotoni* si può quindi fare l'esperimento più bello. In particolare si può fare l'esperimento "which way?".

Perchè farlo con i fotoni? Perchè sono più semplici da maneggiare e perchè danno in questo caso un grosso vantaggio. È infatti possibile congegnare la misura in modo che l'informazione sul percorso del fotone può essere ottenuta **senza esercitare alcuna perturbazione su esso.**

$$||\Psi\rangle|^2 = (|D\rangle)^2 + (|S\rangle)^2 \text{ no interferenza}$$

con informazione "which way?"

La scomparsa dell'interferenza non può quindi essere dovuta ad un disturbo introdotto dalla nostra osservazione.

Quindi il risultato dipende dalla nostra **decisione** di osservare una proprietà (*which way?*) che appartiene alla natura corpuscolare dell'oggetto.

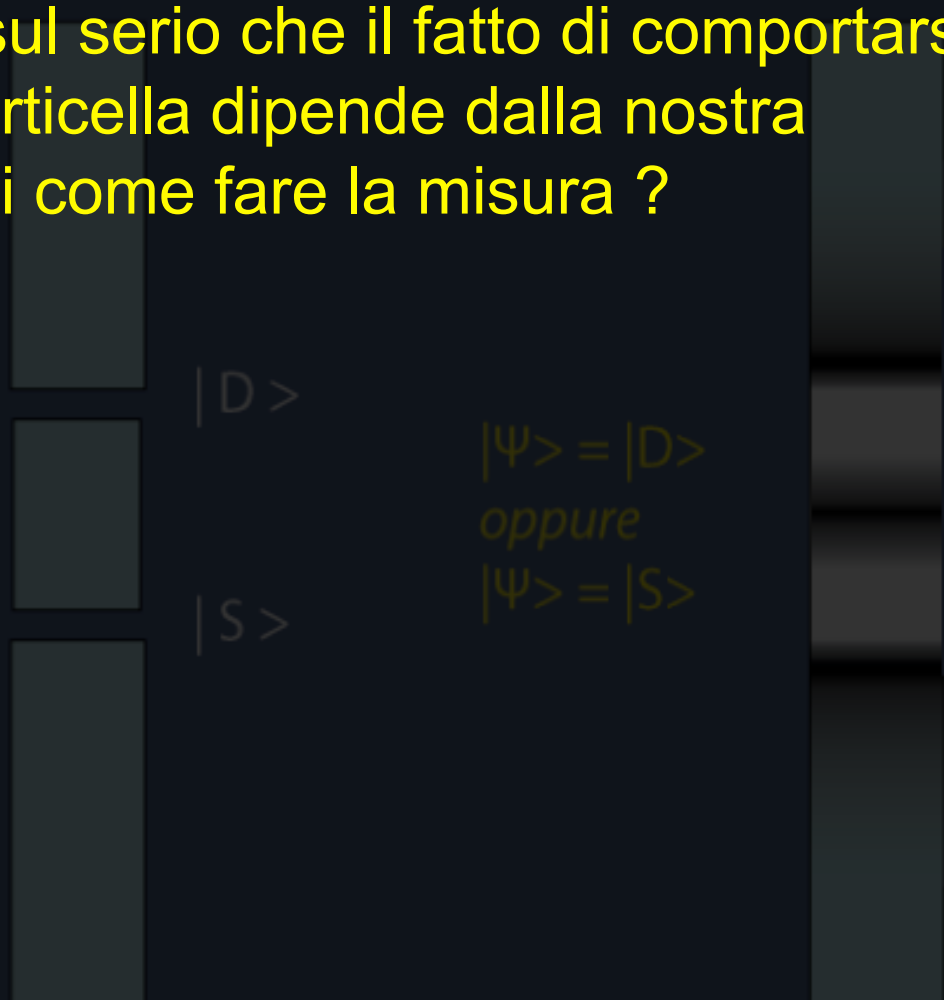
In accordo con il principio di complementarità di Bohr, se nello spazio tra sorgente e rivelatore mettiamo in evidenza una proprietà corpuscolare del nostro oggetto, allora esso non può avere *anche* un comportamento ondulatorio, per cui la figura di interferenza scompare ...

Situazione 2

$$||\Psi\rangle|^2 = (|D\rangle)^2 + (|S\rangle)^2 \text{ no interferenza}$$

con informazione "which way?"

.. ma stiamo dicendo sul serio che il fatto di comportarsi come onda o come particella dipende dalla nostra *soggettiva* decisione di come fare la misura ?



Situazione 2

$$||\Psi\rangle|^2 = (|D\rangle)^2 + (|S\rangle)^2 \text{ no interferenza}$$

Apparentemente accade proprio questo. Tale comportamento se vogliamo ancora più sorprendente di quelli visti fin qui, mette in crisi persino l'idea che esista una realtà **oggettiva** che si comporta in modo **indipendente** dal soggetto che la osserva.

Questo ingresso del **soggettivismo** nella fisica ha creato ovviamente dibattiti e controversie a non finire, e non solo in campo strettamente scientifico, ma anche in quello filosofico.

È anche uno dei motivi principali per cui Einstein rifiutò fino all'ultimo di accettare che la meccanica quantistica fosse una teoria completa e definitiva. A questo proposito è famosa la frase in cui disse che a lui piaceva pensare che la luna stesse lassù nel cielo anche quando lui non la guardava