

Integrazione comportamento ondulatorio e  
corpuscolare dei campi

Il tentativo di integrare il modello ondulatorio e quello corpuscolare dei campi vede, nei primi anni del '900, un impegno congiunto di molti fisici che danno vita ad una nuova fisica chiamata meccanica quantistica.

Ad ogni particella elementare è associata una funzione complessa  $\phi(x, y, z)$  che evolve nel tempo secondo opportune equazioni.

Valle la condizione di normalizzazione  $\int_{-\infty}^{\infty} \phi^*(x, y, z) \phi(x, y, z) dx dy dz = 1$

dove si indica con  $\phi^*$  la funzione complessa coniugata di  $\phi$ .

... Le funzione  $\phi^*(x, y, z) \phi(x, y, z)$  è una funzione reale e secondo l'interpretazione dell'onda di probabilità la grandezza

(2)

$$\int \phi^*(x, y, z) \phi(x, y, z) \Delta x \Delta y \Delta z \quad \text{rappresenta}$$

la probabilità di trovare la particella nel volume elementare  $\Delta x \Delta y \Delta z$ .

Secondo l'interpretazione di Copenaghen all'inizio di un esperimento si prepara lo stato facendo interagire degli strumenti di misura (macro-sistemi) con una particella elementare definendo la funzione  $\phi(x, y, z, t=0)$ .

Applicando le opportune equazioni la funzione evolve nel tempo fino al tempo  $t$ .

Anche la funzione  $\phi(x, y, z, t)$  è normalizzata

secondo la relazione 
$$\int \phi^*(x, y, z, t) \phi(x, y, z, t) \Delta x \Delta y \Delta z = 1$$

Facendo interagire gli strumenti di misura (macro-sistemi) con le particelle elementari trasformate secondo le leggi di evoluzione temporale la funzione d'onda "collassa".

Il collasso della funzione d'onda permette di rilevare la particella al tempo  $t$  come puntiforme con una probabilità data da

$$P(x, y, z, t) = \int_{-\infty}^{\infty} \phi^*(x, y, z, t) \phi(x, y, z, t) dx dy dz$$

nel volume elementare  $dx dy dz$ .

Il collasso della funzione d'onda dissolue la funzione d'onda: facendo materializzare la particella rilevata dagli strumenti di misura nel volume considerato secondo la

probabilità sono definite e matematicamente (5)  
calcolate le opportune leggi della meccanica  
quantistica.

Ma cosa determina il collasso della funzione d'onda?

Secondo l'interpretazione di Copenhagen l'interazione  
con un macrosistema determina questo collasso.

Il paradosso del gatto di Schrodinger  
evidenzia dei limiti nell'interpretazione di Copenhagen.

Supponiamo di avere un getto chiuso in una  
scatola e di colpire un sistema macroscopico  
anch'esso racchiuso nella scatola con una  
funzione d'onda che ha  $\frac{1}{2}$  di probabilità  
di attivare il sistema facendo fuoriuscire arsenico  
e  $\frac{1}{2}$  di probabilità di lasciare la fiala di  
arsenico chiusa.

A questo punto sembrerebbe logico pensare che l'interazione delle funzioni d'onda con il macrosistema e poi con il getto porterebbe ad avere due stati "gatto vivo" e "gatto morto" con entrambi probabilità  $\frac{1}{2}$ .

Attualmente la maggior parte dei fisici invece di considerare un unico universo che evolve insieme agli osservatori come gli esiti probabilistici legati al collasso delle funzioni d'onda, accetta l'ipotesi di universi paralleli in cui tutti i diversi esiti possibili degli esperimenti sono contemplati ed hanno una loro intrinseca realtà.

Prima di chiudere questo paragrafo due  
puntualizzazioni molto importanti da fare.

Il termine "probabilistico" utilizzato nella  
meccanica quantistica per descrivere l'esito di un  
esperimento non è conseguenza di una mancanza  
di informazioni come per la meccanica classica  
ma è intrinseca al modello stesso e non può  
essere eliminato. In particolare nasce dal  
principio di indeterminazione di Heisenberg che  
afferma l'impossibilità di conoscere contemporaneamente  
il valore di alcune grandezze  
quali posizione e quantità di moto di una  
particella o energia e tempo secondo la  
relazione  $\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$   $\Delta t \cdot \Delta E \geq \frac{\hbar}{2}$ .

Perciò più si riduce l'incertezza e il margine d'errore nel calcolare la prima grandezza maggiore sarà l'incertezza sulla seconda.

Infine osserviamo un comportamento delle particelle microscopiche isolate che produce effetti ondulatori come diffrazione ed interferenze che non si osservano nel mondo macroscopico.

Ciò è dovuto al fatto che la lunghezza d'onda delle particelle microscopiche isolate è piccola mentre una volta che le particelle interagisce con il mondo esterno la quantità di moto del sistema aumenta enormemente e l'onda di de Broglie

$$\lambda = \frac{h}{P} \text{ diventa praticamente nulla e non produce}$$

effetti. Questo fenomeno è detto decoerenza.



