

Nota sul “principio di corrispondenza” tra i domini classico e quantistico

Il cambio di paradigma tra il classico e il quantistico non significa negare il primo in toto, ma trascenderlo in maniera un po' diversa della relatività ristretta (classico = limite di bassa velocità delle leggi relativistiche esatte). La teoria quantistica non parte da zero facendo tabula rasa di tutti i concetti classici, se non altro perché molti di essi sono stati i suoi *a priori* di partenza e non ne aveva altri. Certi principi addirittura si sono ereditati con validità assoluta, quali la conservazione dell'energia o dell'impulso e anche una forma di causalità riveduta.

Il nesso tra le leggi del mondo microscopico e le classiche del macroscopico avviene nel limite dei “grandi numeri quantici” accennati da Bohr nella sua prima formulazione del *principio di corrispondenza*. Il macroscopico si caratterizza per l'elevato numero di particelle presenti (fotoni per esempio: una onda di radio, anche di debole energia, è fatta di miliardi di fotoni di quella frequenza) o per le energie (impulsi o altro) molto più grandi della costante di Planck che rendono l'aspetto ondulatorio quantistico trascurabile (le interferenze nella doppia fenditura si osservano con gli elettroni, non con piombini). Le leggi classiche funzionano nel macroscopico e devono rispettarsi, quindi il *principio di corrispondenza* stabilisce che le leggi di evoluzione dei valori medi della misurazione delle grandezze quantistiche (posizione, energia, ecc.) debbono convergere verso quelle classiche nel suddetto limite dei grandi numeri quantici.

Un riflesso immediato di questo requisito, usato come guida nella costruzione della teoria, è che le relazioni tra gli Operatori che rappresentano le grandezze classiche in ambito quantistico, devono essere le stesse che intercorrono tra le grandezze classiche. Vediamo l'esempio semplice di una particella in moto libero:

L'impulso, o quantità di moto, di una particella di massa m e velocità v è $p = mv$

L'energia (cinetica) classica è

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m}.$$

Questa è la relazione classica tra l'energia e l'impulso, entrambe variabili “dinamiche”, nel senso che hanno effetti fisici, per esempio in occasione di una frenata o uno scontro tra due macchine.

Per ragioni euristiche intuite e usate da E. Schrödinger per giungere alla sua famosa “equazione d'onda”, l'impulso viene rappresentato in versione quantistica dall'Operatore differenziale

$$\hat{p} = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$$

sulle funzioni d'onda, dove x è la posizione, \hbar è la costante di Planck fratto 2π , e i è l'unità immaginaria. Il principio di corrispondenza ci dice che l'energia deve essere rappresentata dall'Operatore

$$\hat{E} = \frac{\hat{p}^2}{2m}.$$

quindi anch'esso differenziale ma con una derivata seconda.