

In queste lezioni Heisenberg espone il significato che intende dare al Pdl. Ecco un estratto, la pagina in cui chiarisce l'impossibilità di utilizzare termini che non hanno significato nella Teoria quantistica.<sup>1</sup>

$$\Delta x \Delta p_x \geq h .$$

This uncertainty relation specifies the limits within which the particle picture can be applied. Any use of the words "position" and "velocity" with an accuracy exceeding that given by equation (1) is just as meaningless as the use of words whose sense is not defined.<sup>1</sup>

The uncertainty relations can also be deduced without explicit use of the wave picture, for they are readily obtained from the mathematical scheme of quantum theory

<sup>1</sup> In this connection one should particularly remember that the human language permits the construction of sentences which do not involve any consequences and which therefore have no content at all—in spite of the fact that these sentences produce some kind of picture in our imagination; e.g., the statement that besides our world there exists another world, with which any connection is impossible in principle, does not lead to any experimental consequence, but does produce a kind of picture in the mind. Obviously such a statement can neither be proved nor disproved. One should be especially careful in using the words "reality," "actually," etc., since these words very often lead to statements of the type just mentioned.

Il fatto che le parole "posizione" e "velocità", nella descrizione di una particella, con un'accuratezza che eccede quella data dalle relazioni di Indeterminazione, sia senza senso (meaningless) come l'utilizzo di parole il cui significato non è definito, è simile (attenzione) al problema che si ha con un impulso sonoro, in cui – data la caratteristica di onda del suono – non si può definire con esattezza **il tempo di arrivo** (inteso come valor medio fra l'istante iniziale e l'istante finale di emissione (o di arrivo) di un impulso sonoro e la sua **frequenza**. Le due grandezze sono legate dalla trasformata di Fourier, per cui tanto più è preciso il tempo di arrivo, cioè tanto più è "corta" la durata del suono  $\Delta t$ , tanto più è largo l'intervallo di frequenze  $\Delta f$  che descrive l'impulso. E viceversa: per avere una nota molto precisa devo avere un tempo di emissione molto lungo. Vale infatti la relazione  $\Delta f \cdot \Delta t \cong 1$ .

Vale la pena di notare che se moltiplico entrambi i termini della relazione  $\Delta f \cdot \Delta t \cong 1$  per  $h$  ottengo  $h \Delta f \cdot \Delta t \cong h$ , o anche  $\Delta hf \cdot \Delta t \cong h$ , in cui se scrivo  $hf=E$ , ottengo  $\Delta E \cdot \Delta t \cong h$ . Questa è solo un'analogia formale, ottenuta quasi per gioco.

---

<sup>1</sup> l'equazione (1) a cui fa riferimento è quella in alto prima del testo.