

Può la descrizione quantomeccanica della realtà fisica essere considerata completa?†

In una teoria completa c'è un elemento corrispondente a ogni elemento di realtà. Una condizione sufficiente per la realtà di una quantità fisica è la possibilità di prevederne il valore con certezza, senza disturbare il sistema. In meccanica quantistica nel caso di due quantità fisiche descritte da operatori non commutanti, la conoscenza di una preclude la conoscenza dell'altra. Allora o (1) la descrizione della realtà data dalla funzione d'onda in meccanica quantistica non è completa oppure (2) queste due quantità non possono avere realtà simultanea. Prendere in considerazione il problema di fare previsioni riguardanti un sistema sulla base di misurazioni effettuate su un altro sistema che abbia interagito in precedenza con esso porta al risultato che se (1) è falsa allora anche (2) è falsa. Si è pertanto portati a concludere che la descrizione della realtà come data dalla funzione d'onda non è completa.

1.

Ogni seria considerazione di una teoria fisica deve tener conto della distinzione tra la realtà oggettiva, che è indipendente da ogni teoria, e i concetti fisici con i quali la teoria opera. Si intende che questi concetti corrispondono alla realtà oggettiva, e per mezzo di questi concetti noi ci costruiamo una descrizione della realtà.

Nel tentativo di giudicare il successo di una teoria fisica, dobbiamo porci due domande: (1) "La teoria è corretta?" e (2) "La descrizione fornita dalla teoria è completa?". È solo nel caso in cui si possano dare risposte positive a entrambe queste domande, che i concetti della teoria si possono dire soddisfacenti. La correttezza della teoria è giudicata dal grado di accordo tra le conclusioni della teoria e l'esperienza umana. Questa esperienza, che da sola ci rende in grado di operare inferenze circa la realtà, in fisica assume la forma di esperimento e misurazione. Noi qui

† di A. Einstein, B. Podolsky e N. Rosen, Istituto di Studi Avanzati, Princeton, New Jersey. Testo ricevuto dalla rivista il 25 Marzo 1935 e pubblicato su *Physical Review* **47** (1935) 777-780.

desideriamo prendere in considerazione la seconda domanda, in quanto applicata alla meccanica quantistica.

Qualunque sia il significato attribuito al termine *completo*, la seguente richiesta perché una teoria sia completa sembra essere una richiesta necessaria: *ogni elemento della realtà fisica deve avere una controparte nella teoria fisica*. Noi chiameremo questa la condizione di completezza. La seconda domanda ottiene quindi facilmente risposta, non appena siamo in grado di decidere quali sono gli elementi della realtà fisica.

Gli elementi della realtà fisica non possono essere determinati da considerazioni filosofiche *a priori*, ma si devono trovare facendo riferimento ai risultati di esperimenti e misurazioni. Una definizione pregnante di realtà è, comunque, non necessaria per il nostro scopo. Ci riterremo soddisfatti del seguente criterio, che consideriamo ragionevole. *Se, senza disturbare in nessun modo un sistema, possiamo prevedere con certezza (cioè con probabilità unitaria) il valore di una quantità fisica, allora esiste un elemento di realtà fisica corrispondente a questa quantità fisica*. Ci sembra che questo criterio, sebbene lungi dall'esaurire tutti i modi possibili per riconoscere una realtà fisica, ci fornisca almeno un modo, quando le condizioni poste in esso criterio si verificano. Considerato non come condizione necessaria di realtà, ma soltanto come condizione sufficiente, questo criterio è in accordo con le idee di realtà sia della meccanica classica che della meccanica quantistica.

Allo scopo di illustrare le idee coinvolte prendiamo in considerazione la descrizione quantomeccanica del comportamento di una particella dotata di un solo grado di libertà. Il concetto fondamentale della teoria è il concetto di *stato*, che si suppone completamente caratterizzato dalla funzione d'onda ψ , che è una funzione delle variabili scelte per descrivere il comportamento della particella. In corrispondenza a ciascuna quantità fisicamente osservabile A c'è un operatore, che può essere indicato dalla medesima lettera.

Se ψ è un'autofunzione dell'operatore A , cioè se

$$\psi' \equiv A\psi = a\psi, \quad (1)$$

dove a è un numero, allora la quantità fisica A ha con certezza il valore a quando la particella si trova nello stato dato da ψ . In