

I pesci solubili

dal: *Cantico dei quanti* di S. Hortoli e J.P. Pharabod (1984)

Un pesce vive in uno stagno talmente fangoso che vederlo è assolutamente impossibile. Un pescatore tenta la fortuna e dopo un certo tempo il pesce abbocca. Il pescatore alza allora la canna e vede il pesce appeso in capo alla lenza. Ne conclude, logicamente, che il pesce, prima d'essere pescato, si spostava nello stagno in cerca di cibo. Non penserà mai che, prima di mordere, il pesce non era altro che una specie di pesce—potenzialità esteso in tutto lo stagno.

Supponiamo ora che lo stagno rappresenti una scatola assolutamente vuota, se si esclude un elettrone solitario figurato dal pesce (avremmo potuto prendere in considerazione egualmente bene anche un protone o persino un atomo). Il dispositivo di pesca (canna, lenza, amo) simboleggia una sonda introdotta nella scatola e capace di interagire in qualche modo con l'elettrone, producendo in questo caso un segnale visibile per l'osservatore. All'apparire del segnale, un osservatore normale ne concluderà che l'elettrone ha incontrato la sonda, e che prima si spostava nella scatola. Ma avrà torto. Prima di interagire, l'elettrone occupava tutta la scatola ed era provvisto di una maggiore o minore probabilità di essere individuato in questo o quel punto. È come se prima di abboccare il pesce avesse occupato tutto lo stagno, più concentrato in certi posti e più diluito in altri. Un pesce «quantistico» di questo genere, che si concretizza solo quando viene preso, non corrisponde a nulla di quanto siamo abituati a osservare.

Come essere certi che l'elettrone si comporterà allo stesso modo del pesce «quantistico» immaginato poco fa? La risposta non è evidente e la certezza è stata acquisita solo nel 1982, più di cinquant'anni dopo la nascita della fisica quantistica. Benché il formalismo matematico della nuova fisica implicasse già quest'immagine surrealista del pesce «solubile» (André Breton, 1924), certi fisici, tra i quali spiccava Einstein, pensavano che un altro formalismo, più conforme alle nostre abitudini di pensiero, avrebbe potuto dare gli stessi risultati sperimentali e avere quindi altrettanto successo del pesce quantistico. Si sono dovuti impegnare diversi decenni per giungere alla concezione, e in seguito alla realizzazione, di un esperimento capace di far crollare definitivamente le speranze di Einstein.

Malgrado ciò, il dibattito non si è ancora concluso.

Le diverse interpretazioni possibili della fisica quantistica hanno quindi avuto come conseguenza il fatto che fra i fisici si siano venuti a formare dei clan (anche se in grande maggioranza essi non sono affatto interessati a questo dibattito, accontentandosi di applicare il formalismo agli sviluppi teorici e sperimentali in corso). Schematizzando molto e lasciando da parte le sottigliezze del gergo filosofico, possiamo affermare che i due clan principali si riducono a quello dei «materialisti quantistici» e a quello degli «idealisti quantistici». Il problema che li separa è la scelta del momento in cui il pesce «quantistico» si concretizza: quando abbocca, o quando lo si vede?

Per i materialisti la concretizzazione si realizza quando il pesce abbocca all'amo (quando l'elettrone interagisce con la sonda). Per gli idealisti avviene invece quando il pescatore lo vede dopo averlo tirato su (nel momento in cui l'osservatore vede il segnale): è in questo istante che il pescatore—osservatore prende effettivamente coscienza dell'esistenza reale del pesce. Egli interviene quindi con la sua mente, ed è proprio questo intervento che per gli idealisti fa passare il pesce da un'esistenza potenziale a un'esistenza concreta. Diciamo subito che i sostenitori dell'idealismo sono una piccola minoranza. D'altra parte, malgrado i loro argomenti inquietanti, il buon senso (che pure è stato talvolta preso in castagna) milita a favore del materialismo. Il fatto poi che il segnale possa essere registrato automaticamente in assenza di osservatori obbliga in particolare gli idealisti a compiere molte acrobazie mentali. Non è stato comunque realizzato finora nessun esperimento in grado di decidere senza equivoci fra le due interpretazioni.

Sono state proposte comunque anche altre interpretazioni, legate in qualche modo alle due principali. Per il momento lasciamole però da parte e torniamo ai nostri pesci: Cosa succede se il pescatore getta di nuovo il pesce nell'acqua dopo averlo pescato? Il pesce vi si dissolve nuovamente, in attesa di essere ripreso.

Descriviamo ora un altro esperimento. L'unico pesce dello stagno è stato mangiato e non se ne parli più. Il pescatore ha appena preso due piccoli pesci in un ruscello poco distante da lì e li getta ancora vivi nello stagno. Cosa ci sarà ora nello stagno? una combinazione mostruosa di due pesci solubili che costituiscono ormai un solo essere innominabile.

Il fatto che due unità quantistiche (le quali abbiano interagito) si combinino per formarne una sola conduce di-

rettamente o indirettamente ai due grandi paradossi della fisica quantistica. Questi due paradossi sono stati proposti nel 1935 per mettere in evidenza i problemi che la nuova fisica sollevava, il primo da Einstein e due suoi colleghi, il secondo da Schrödinger. Il primo, conosciuto sotto il nome di «paradosso Einstein–Poldosky–Rosen» o «paradosso EPR», conduce all’oggettività dell’esistenza dello spazio (o dello scorrere del tempo) ed è molto più radicale della teoria della relatività (che si accontenta di combinare lo spazio con il tempo). Gli esperimenti realizzati in base a questo paradosso EPR hanno effettivamente portato a rimettere in discussione tale oggettività. Quanto al secondo, si tratta del «paradosso del gatto di Schrödinger». Esso illustra il dibattito fra idealisti e materialisti, ma è rimasto sul piano della discussione teorica.

Illustriamo qui il paradosso di Einstein – Poldosky – Rosen. Il pescatore, questa volta accompagnato dal figlio, ha appena ripescato due pesci da un ruscello e li butta ancora vivi in uno stagno un po’ speciale. Questo, in effetti, posto su di un monticello, viene drenato sul fondo da due derivazioni che portano l’acqua a due piccoli stagni vuoti situati più in basso. Ogni derivazione è ostruita da una piccola chiusa.

Il pescatore getta i due pesciolini nell’acqua e questi si dissolvono immediatamente in una strana combinazione di due pesci solubili. Il pescatore e il figlio aprono allora una chiusa ciascuno. L’acqua scola completamente verso i due piccoli stagni, cosicché alla fine ciascuno di essi conterrà un pesce solubile mentre nello stagno principale non vi sarà più acqua né pesce (i due pesci continuano a formare in effetti un solo essere, accoppiati cioè da un vincolo misterioso «fuori spazio» che, com’è evidente, non possiamo rappresentare; a rigore, sarebbe meglio dire che ogni stagno contiene una parte della combinazione dei due pesci solubili).

Il pescatore getta l’amo nel piccolo stagno di destra, mentre il figlio si sdraia vicino a quello di sinistra senza far nulla. Ma appena il pesce dello stagno di destra abbocca ed è tirato fuori dell’acqua, subito quello di sinistra emerge a sua volta e viene proiettato accanto al figlio del pescatore, il quale non deve fare più altro che raccoglierlo sull’erba.

È il celebre esperimento di Aspect fatto non con dei pesci, ma con dei fotoni, ossia granelli di luce, e con particolarità sperimentali differenti anche se analoghe. Altre persone hanno ripetuto lo stesso esperimento utilizzando

protoni. E funziona!

Sono stati proprio l’esperimento di Aspect e gli altri analoghi ad aver stabilito definitivamente che le entità quantistiche si comportano come i nostri pesci solubili e non come gli oggetti normali. Queste esperienze hanno quindi condotto i fisici a rimettere in questione la nozione di spazio.