

## 0050\_Sistemi inerziali e invarianza

Prima di addentrarci in un'analisi quantitativa dei fenomeni dobbiamo fare un passo indietro fondamentale per la comprensione dei motivi storici che hanno spinto allo sviluppo della teoria della relatività. Immaginando infatti di costruire il nostro super-laboratorio immune da qualsiasi influenza o perturbazione incontrollata, abbiamo implicitamente assunto un'ipotesi fondamentale: che un tale laboratorio possa esistere. La questione della realizzabilità o meno di questa condizione operativa è ovviamente molto delicata, e ad esempio ci obbliga a considerare le stelle lontanissime come qualcosa di sufficientemente isolato e "fisso" da poter essere un riferimento valido per poter affermare l'esistenza delle condizioni di imperturbabilità richieste. Al nostro laboratorio, in qualche modo solidale alle stelle fisse, penseremo applicato un sistema di riferimento che diremo inerziale.

La possibilità di individuare un sistema inerziale costituisce il presupposto del cosiddetto "principio di equivalenza" di Galileo/Newton, che nella formulazione più utile ai nostri scopi può essere così espresso: *"esistono non uno ma infiniti sistemi di riferimento inerziali, in moto l'uno rispetto all'altro con velocità costante, per i quali la forma delle leggi della fisica è invariante passando da un sistema ad un altro"*.

Ma che cosa significa esattamente l'espressione "invarianza in forma delle leggi"? Semplicemente che le relazioni tra le grandezze della fisica (siano esse velocità, forze, campi, cariche, ecc.) conservano la medesima struttura, per di più con le stesse costanti, in ogni sistema di riferimento inerziale. In sostanza il principio di equivalenza è quello che ci permette di affermare che su un treno in moto rettilineo a qualsiasi velocità, purché costante rispetto alle stelle lontanissime (o alla terra ferma, che in prima approssimazione può essere considerata un sistema inerziale) è possibile giocare a ping-pong esattamente allo stesso modo con cui lo si farebbe alla stazione. Oppure è possibile versare un tè semplicemente mirando alla tazza, senza effetti indesiderati o sorprese cinetiche.

Ai tempi di Newton, ad ogni modo, le leggi della fisica erano essenzialmente quelle della meccanica; nessuno si sognava di parlare di fenomeni elettromagnetici, se non altro perché non erano stati debitamente codificati attraverso relazioni matematiche. Fu quindi con Maxwell che i nodi vennero al pettine: con la teoria unificata dell'elettromagnetismo una nuova classe di leggi era in attesa di sapere se poteva essere inclusa nel principio di equivalenza *oppure no*.

La questione era poi particolarmente spinosa, dal momento che entro tali leggi compare una costante, con le dimensioni di una velocità: si tratta proprio della velocità della luce, parametro che come abbiamo visto esprime la rapidità con cui una perturbazione del campo elettromagnetico, un'informazione di natura elettromagnetica, può propagarsi nel Cosmo. Ed è proprio questo l'aspetto nodale della vicenda: se era evidente fin dai tempi del greco Zenone che la velocità di un oggetto cambia quando visto da un sistema di riferimento o da un altro, non si capiva come tutti i sistemi inerziali potessero essere accomunati dallo stesso valore della velocità della luce.

Le possibili risposte all'apparente paradosso erano varie, ma il bivio cruciale era sostanzialmente il seguente:

1. O il principio di equivalenza non poteva essere esteso ai fenomeni elettromagnetici
2. O veniva a cadere l'assolutezza dei concetti di spazio e di tempo

Einstein, che si preoccupava di escludere l'ipotesi n. 1, finì con il dimostrare la n. 2.