

Quattro forze fondamentali

AUTORE FRÈ PIETRO

QUELLA gravitazionale è la più familiare fra le quattro forze fondamentali della natura. Ognuno ne fa quotidiana esperienza in ogni atto della propria vita. È stata anche la prima forza a essere matematicamente inquadrata, già dal XVIII secolo, in una solida teoria scientifica tramite la legge di Newton: la storia della fisica moderna incomincia proprio con questa legge. Inoltre la *Relatività Generale* di Einstein, che fornisce un linguaggio adeguato alla descrizione del cosmo e dei fenomeni astrofisici e le cui previsioni sono sperimentalmente verificate con notevole precisione, è la moderna teoria dell'interazione gravitazionale. Tuttavia, quando si tiene conto dell'altra fondamentale conquista del pensiero fisico nel XX secolo, cioè della *meccanica dei quanti*, si scopre che quella gravitazionale è la più elusiva tra tutte le forze della natura. Nonostante quasi cinquant'anni di studi e ricerche e nonostante numerosi progressi concettuali, la gravità quantistica è un capitolo completamente aperto. Quali sono le intrinseche difficoltà inerenti a questo problema? Essenzialmente due, la prima sperimentale, la seconda concettuale. Data l'estrema debolezza della forza gravitazionale, che è circa dieci alla meno quaranta volte più tenue di quella elettromagnetica, i suoi effetti microscopici sono assolutamente trascurabili. Pertanto non vi è possibilità di osservare fenomeni quanto-gravitazionali se non in situazioni estreme dove la densità di massa ed energia è enorme come nei primi istanti di vita dell'universo. Informazioni fenomenologiche sulla gravità quantistica sono perciò umanamente inaccessibili. Dal punto di vista concettuale i problemi non sono meno ardui. Si tratta di conciliare in una nuova, più profonda, visione del mondo due idee guida estranee l'una all'altra: la geometrizzazione dell'universo fisico e l'integrale di cammino. Spieghiamoci. La fondamentale lezione della Relatività è che le leggi del moto dei corpi macroscopici devono spiegarsi in termini di concetti geometrici. Lo spazio-tempo, l'insieme cioè di tutti gli eventi, è uno spazio geometrico fornito di una legge per calcolare le distanze che, in matematica, si chiama metrica. Data una metrica, le traiettorie dei corpi massivi sono calcolabili. Viceversa, la presenza di massa ed energia (che è la stessa cosa) deforma la metrica a partire da quella più semplice dello spazio piatto. Se si sanno risolvere le opportune equazioni di autoconsistenza tutto è classicamente fatto. Classicamente, ma non quantisticamente! La lezione della meccanica quantistica è diversa. Il concetto stesso di traiettoria fisica viene meno. Una particella elementare non percorre una traiettoria definita, ma ha una probabilità di propagarsi da A a B che si calcola sommando in maniera opportuna su tutti i cammini che congiungono il punto iniziale con quello finale. Di qui il concetto di integrale di cammino. Ma vi è di peggio. Siccome per la meccanica quantistica i campi di forza e opportune particelle elementari sono manifestazioni complementari di una stessa entità e siccome la metrica è ciò che noi percepiamo come campo gravitazionale, ne segue che l'integrale di cammino va fatto pure sulle metriche, cioè sulle possibili leggi con cui definire le distanze e quindi le traiettorie. Come si vede, è un bel ginepraio! Lo spazio-tempo fisico non è più l'arena in cui avvengono i fenomeni fisici ma è una media statistica su tutti i possibili spazi geometrici pesata in modo opportuno. Come effettuare questa media pesata è il problema della gravità quantistica ed è tale da fornire materia di studio e riflessione per molti anni a centinaia di fisici. Nuovi progressi, però, avvengono costantemente e di tanto in tanto modelli semplificati del problema principale trovano una esatta soluzione.

Pietro Frè
Università di Torino