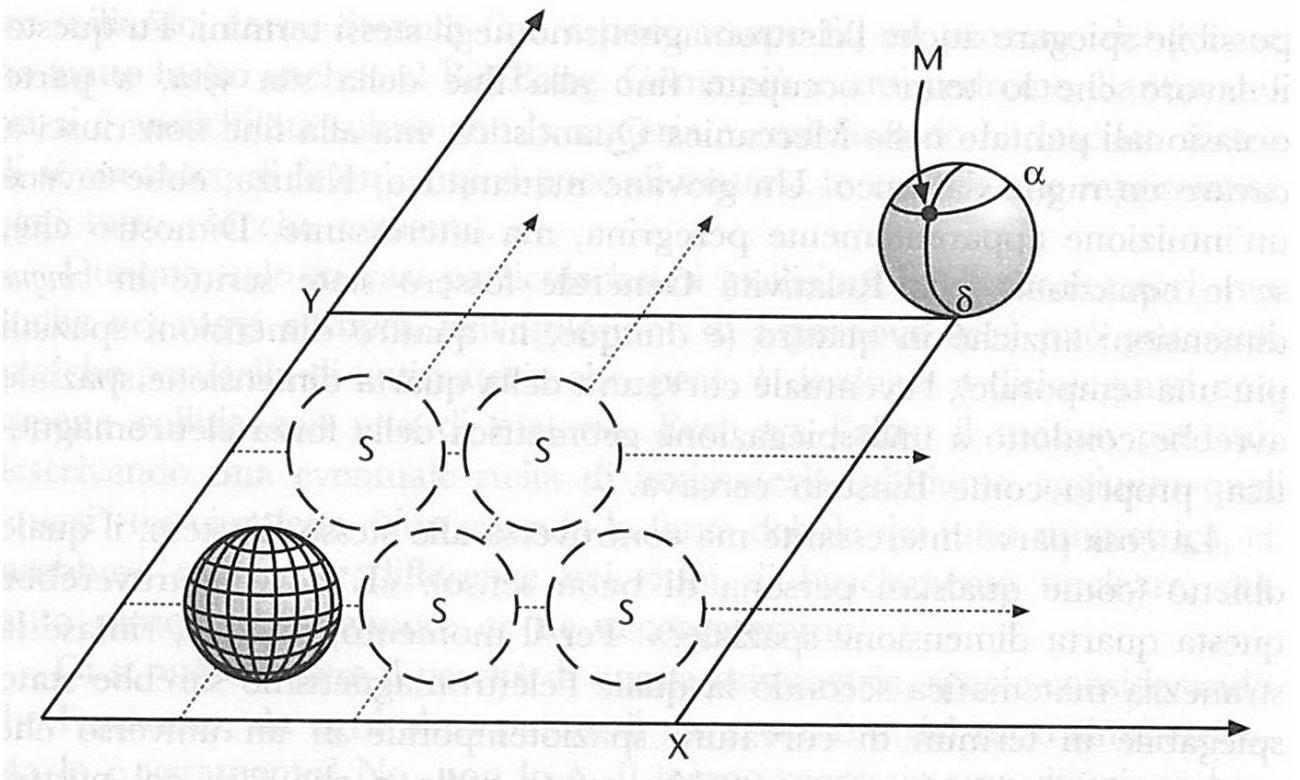


## L'approccio alternativo (21/02/07)

A fine gennaio abbiamo parlato del tentativo di rendere quantistica la Relatività Generale, trattando la forza di gravità per mezzo di gravitoni virtuali, la cui energia è quantizzata esattamente come quella dei fotoni. Secondo questo modello, la forza di gravità non sarebbe altro che lo scambio di quantità di moto che si esercita tra due oggetti dotati di massa, nel momento in cui si scambiano gravitoni virtuali. Però, altro è dirlo, altro è farlo. È infatti emerso che, se ipotizziamo i gravitoni virtuali, e cerchiamo di fabbricarci una "teoria quantistica dei campi", nel costruire i Diagrammi di Feynman s'incontrano immediatamente delle quantità infinite che non si riescono a eliminare neppure con la famigerata rinormalizzazione di Feynman. Questo problema è dovuto al fatto che i gravitoni non sono dei "portatori puliti", ma "portatori sporchi", nel senso che loro stessi sono soggetti alla forza di gravità. I fotoni, pur essendo i portatori della forza elettromagnetica, non portano essi stessi cariche elettriche o magnetiche, e dunque non interagiscono tra loro. I gravitoni, invece, interagiscono tra loro, facendo immediatamente divergere i relativi diagrammi di Feynman. Come si evitano questi infiniti? Una delle ipotesi lecite è che esista un'energia massima, finita, per i gravitoni, il che vale a dire che esiste una lunghezza d'onda minima, al disotto della quale non possono esistere gravitoni. Dunque, s'introduce anche la "quantizzazione dello spaziotempo". I gravitoni non possono avere una lunghezza d'onda piccola a piacere, perché lo spazio stesso comincia a esistere solo a una certa dimensione, che è dell'ordine di grandezza di quella di Planck (circa  $10^{-33}$  cm).

Oggi si fa il discorso alternativo: come si potrebbe fare a spiegare le forze elettromagnetiche, nucleari debole e forte, per mezzo di curvature dello spaziotempo come la gravità.

La strada non è così diretta, e parte da lontano. Abbiamo visto, per esempio, come Kaluza e Klein avessero già ipotizzato, nella prima metà del '900, l'esistenza di una "dimensione nascosta" che avrebbe spiegato l'elettromagnetismo come sua "curvatura". Ma, andando a eseguire i conti in modo quantitativo, le cose non tornavano, e questo approccio fu abbandonato, anche se non del tutto dimenticato. Ma cerchiamo anzitutto di capire cosa possa essere una dimensione nascosta, e in che modo la sua curvatura possa simulare una forza agente su una particella.



Immaginiamo di avere un universo bidimensionale, tutto contenuto nel piano X ; Y. Dato un qualsiasi punto M, per darne le coordinate esatte bastano due coordinate, appunto x e y. Ma supponiamo che, guardando questo piano molto da vicino, ci accorgiamo che esso, in realtà, contiene un'infinità di sferette minuscole, il cui raggio è una decina o un centinaio di volte la distanza di Planck. Ogni punto del piano contiene una sferetta (e quindi non sono affiancate come nel disegno, ma si possono compenetrare). Se ne deduce che il generico punto M non sarà esattamente sul piano ma piuttosto è probabile che esso si trovi su una sferetta. A questo punto, quante coordinate dobbiamo fornire per individuare il punto con esattezza assoluta? Quattro. Infatti, la sola coppia di coordinate x e y individuano solo su quale sferetta è il punto M. Poi, la superficie della sferetta è scandita da meridiani e paralleli come quella terrestre e, per individuare un punto su questa superficie, dobbiamo fornirne latitudine **a** e longitudine **d**. In sostanza, quello che ci sembra un piano, è invece uno spazio a 4 dimensioni geometriche, perché servono 4 indicazioni per individuare un punto. E in che modo queste due dimensioni aggiuntive potrebbero simulare una forza? Prendiamo un pennarello di Planck e disegniamo una curva sulla superficie. Ora eseguiamo di nuovo lo zoom per vedere le sferette. Ci accorgeremo che la curva tocca tutta una serie di sferette successive, ma non tutte nello stesso punto. Se una di queste sferette fosse toccata, per esempio, esattamente al Polo Nord, quella vicina sarebbe toccata in un punto molto prossimo al Polo Nord, ma leggermente diverso, e così via. Supponiamo ora di colpire con un martello di Planck le sferette, ciascuna in corrispondenza al punto disegnato. Costruiremo una serie di piccolissimi incavi che seguono il tracciato della curva disegnata. Una particella sensibile alla particolare forza che c'interessa, sarebbe costretta a scorrere nei binari dello spazio determinati da quegli'incavi, e dunque, passando da una sferetta all'altra, percorrerebbe la curva che abbiamo disegnato. Vista da lontano, quando le sferette non si vedono più ma si vede solo il piano che sembra bidimensionale, la particella percorrerebbe una traiettoria curva, e non lineare. In base al primo principio della dinamica, chi non sapesse dell'esistenza delle sferette e quindi delle due dimensioni aggiuntive, concluderebbe che la particella è soggetta a una forza esterna che la fa deviare dal moto rettilineo uniforme.

Ovviamente, questo è solo l'inizio di una strada; non abbiamo ancora parlato di stringhe e non abbiamo nemmeno capito perché debbano entrare nel discorso. Però, in un modo o nell'altro, stiamo cominciando a intuire perché sia necessario introdurre un numero di dimensioni superiore a 3 per spiegare in termini esclusivamente geometrici il comportamento di altre forze oltre a quella di gravità. Sta anche emergendo un concetto nuovo: la forza di gravità è così enormemente diversa da tutte le altre (più piccola, in particolare) perché è la curvatura delle tre dimensioni spaziali normali, quelle che percepiamo direttamente e che sono distese all'infinito. Se le altre forze sono anch'esse curvature geometriche, le dimensioni interessate sono piccolissime, e non ci meravigliamo più se il loro comportamento si manifesta come qualitativamente diverso da quello della gravità, e perché si possono trattare molto bene con la meccanica quantistica.