



Una Magia da fisici

Una fontana di atomi per misurare la gravità.

di Guglielmo M. Tino

La misura di G , la costante gravitazionale di Newton, è ancora oggi dopo duecento anni dal primo esperimento in cui è stata ottenuta (quello di Cavendish nel 1798), una delle maggiori sfide della fisica sperimentale. La forza gravitazionale infatti è una forza estremamente debole e in più non può essere schermata: non possiamo cioè eliminare le perturbazioni provocate dai corpi vicini agli strumenti di misura.

Le stesse difficoltà riguardano la verifica sperimentale della legge di gravitazione universale di Newton, che ci dice come varia la forza di attrazione gravitazionale che un corpo esercita su un altro in funzione della loro distanza. La legge di Newton descrive splendidamente il moto dei pianeti attorno al Sole, ma potrebbe non valere più a distanze microscopiche, come suggeriscono ad esempio

le recenti teorie delle extra-dimensioni (vd. pp. 41-43, ndr). A causa della sua debolezza, l'interazione gravitazionale infatti non è mai stata misurata a distanze micrometriche. L'esperimento Magia dell'Infn, misurando l'accelerazione dovuta al campo gravitazionale generato da una massa nota, può dare risposte nuove a entrambi questi problemi. Utilizza infatti una tecnica completamente diversa da quelle utilizzate finora: l'interferometria atomica. Sviluppata in ambiti della fisica molto distanti da quelli che usualmente studiano la gravità e perfezionata straordinariamente negli ultimi anni, l'interferometria atomica è legata alla natura doppia, corpuscolare e ondulatoria, di tutti i costituenti della materia, compresi gli atomi. Così come in un interferometro ottico un'onda luminosa viene separata e ricombinata per osservare le frange di interferenza, anche gli atomi in certe condizioni possono essere trattati come onde. Possiamo allora "dividerli" in più parti che si propagano separatamente e che vengono riflesse e ricombinate, osservando delle "figure" di interferenza atomica. Per fare ciò però è necessario rallentare gli atomi da una velocità di alcuni km/s, tipica di un gas a temperatura ambiente, fino a velocità di pochi mm/s, corrispondenti a temperature bassissime, di qualche milionesimo di grado kelvin. È tramite la luce laser che gli atomi vengono raffreddati, "intrappolati" e quindi fatti interferire, come hanno dimostrato recenti risultati premiati dal Nobel (nel 1997 a S. Chu, C. Cohen-Tannoudji e W. Phillips e nel 2001 a E. Cornell, W. Ketterle e C. Wieman). Per misurare la costante di Newton, Magia utilizza come sonda gravitazionale una

"fontana" di atomi di rubidio raffreddati e lanciati verticalmente in una camera ad alto vuoto. Una massa di circa 500 kg di tungsteno posta a una distanza di alcuni centimetri dagli atomi, genera una variazione dell'accelerazione degli atomi oltre 10 milioni di volte più piccola dell'accelerazione terrestre g . Nonostante questo valore sia minimo, esso può essere misurato con elevata precisione, rivelando lo spostamento della "figura" di interferenza atomica in funzione della posizione delle masse. Da questa misura possiamo risalire al valore di G , con una precisione migliore di 100 parti per milione che rappresenta il limite attuale. Un analogo interferometro, usando questa volta atomi di stronzio, viene impiegato per effettuare una misura accurata del campo gravitazionale di una piccola massa sorgente. Sarà così possibile per la prima volta studiare la forza di gravità a distanza di pochi micrometri e porre dei limiti sull'esistenza e sull'estensione di dimensioni supplementari nel nostro universo. I sensori atomici potrebbero essere utilizzati in futuro anche per altri esperimenti, per esempio, per rivelare le onde gravitazionali a frequenze non raggiunte dagli interferometri ottici (al di sotto di 1 Hz) o per possibili test nello spazio della relatività generale. Con gli stessi gravimetri atomici, sviluppati per la ricerca fondamentale, potrebbero infine essere rivelati i piccolissimi segnali gravitazionali prodotti dai movimenti magmatici del sottosuolo prima di un'eruzione vulcanica, permettendoci di prevederla. È per questo scopo che a Firenze si sta realizzando un interferometro atomico compatto e trasportabile.

a.
Esperimento Magia. Atomi "intrappolati" nella camera ad alto vuoto tramite la radiazione laser e utilizzati per le misure gravimetriche.

Biografia

Guglielmo M. Tino insegna fisica atomica all'Università di Firenze.

È responsabile per l'Infn dell'esperimento Magia. I suoi interessi scientifici riguardano principalmente test di fisica fondamentale.

Ha lavorato a Parigi nel laboratorio diretto da C. Cohen-Tannoudji e a Boulder nel Colorado presso il laboratorio diretto da E. Cornell.

Link sul web

www.lens.unifi.it/tino